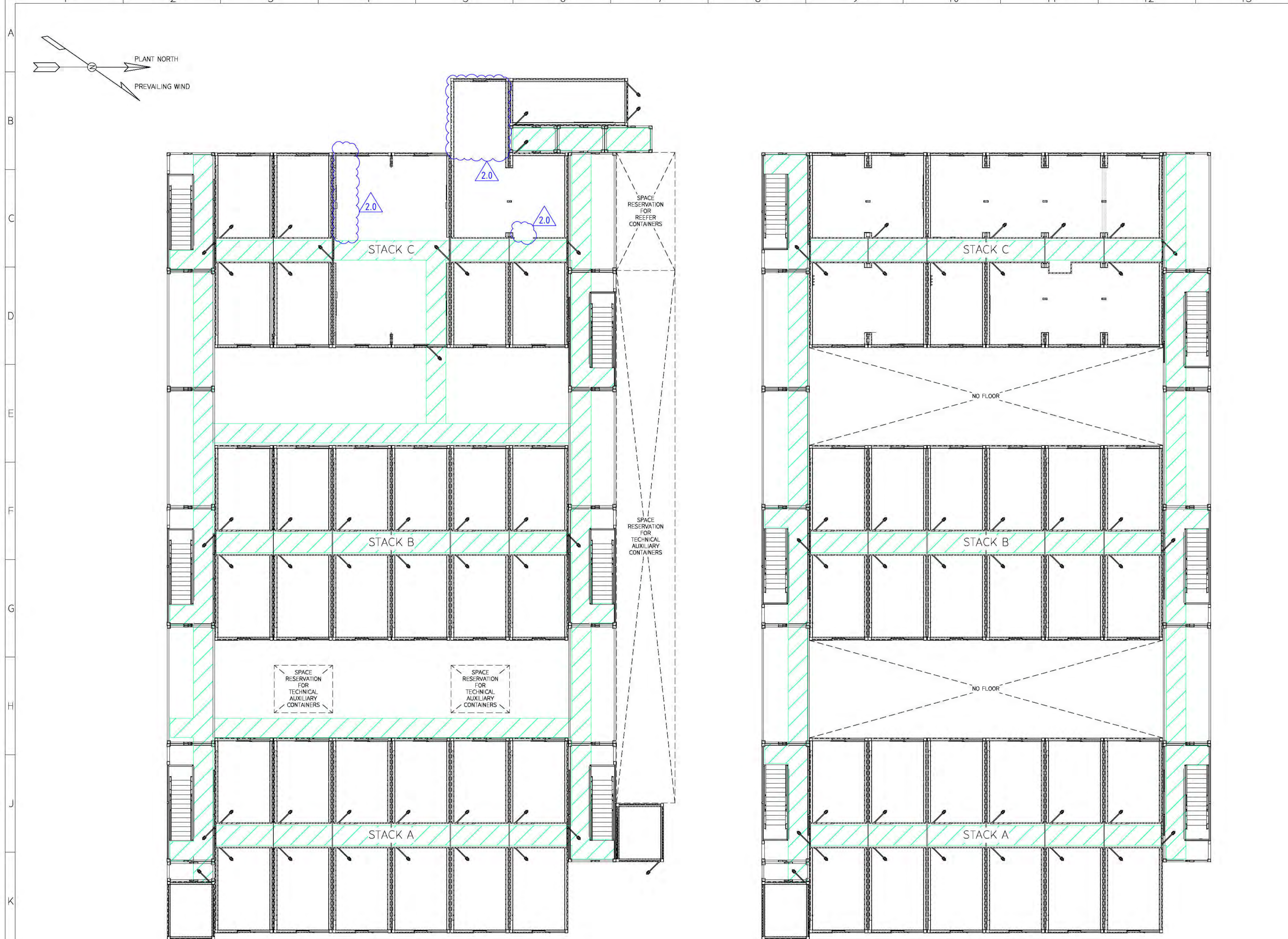


# Net op Zee – Nederwiek 1

## **Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat**

Bijlage 9: Plattegronden verblijfsruimten MLQ platform

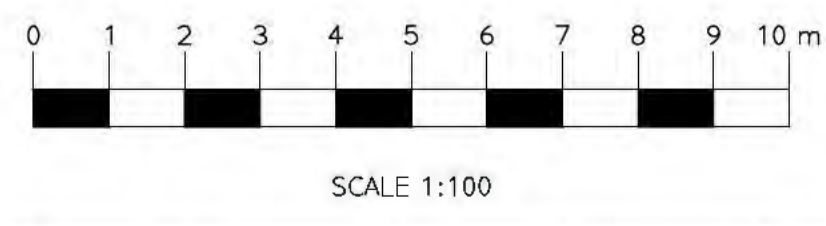


MLQ - LEVEL 1

MLQ - LEVEL 2

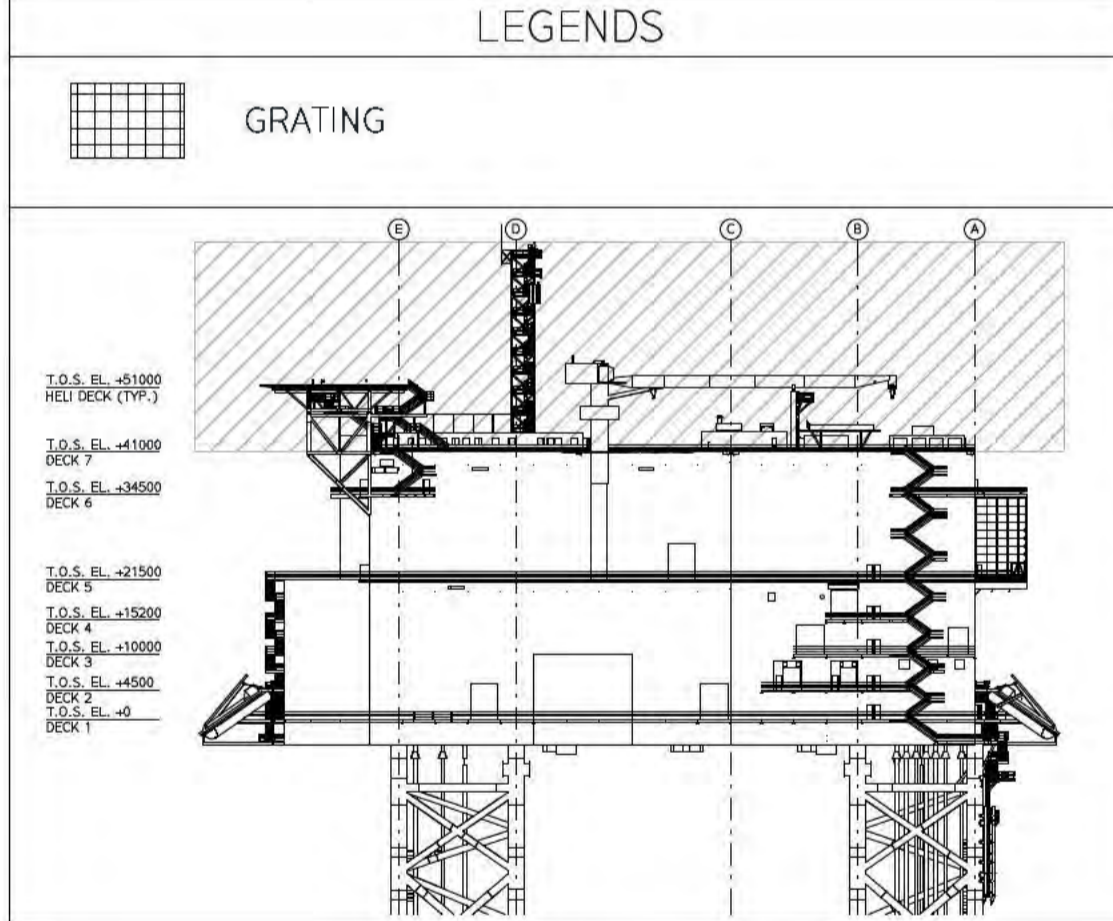
**MLQ - GENERAL ARRANGEMENT**

- NOTES
- THIS DRAWING PRESENTS THE PRINCIPLE ARRANGEMENT OF THE MODULAR LIVING QUARTER INDICATING THE CONFIGURATION OF STACKS, ROOMS, STAIRS, WALKWAYS AND AUXILIARY CONTAINERS. CONTRACTOR SHALL FURTHER DETAIL DESIGN IN COMPLIANCE WITH EMPLOYER'S REQUIREMENTS AND APPLICABLE LAWS, REGULATIONS, NORMS AND STANDARDS.
  - CONTRACTOR IS RESPONSIBLE FOR THE INTERFACE OF THE MLQ TO THE TOPSIDE AND THE INTEGRATION OF THE NECESSARY SYSTEMS INTO THE MLQ.
  - THE DIRECTION AND POSITION OF DOORS IN THIS DRAWING ARE INDICATIVE. CONTRACTOR TO DETAIL DESIGN IN ACCORDANCE WITH ESCAPE AND EVACUATION ANALYSIS.
  - THE AMOUNT AND POSITION OF THE STAIRCASES TO BE OPTIMIZED BY CONTRACTOR.
  - WALKWAY / STAIRWAY CONTAINER TYPE CAN BE OPTIMIZED.



ROOM / AREA MATRIX

NUMBER	DESCRIPTION



- REVISION NOTES
- 2.0 - ADDED NOTE 4
  - 2.0 - ADDED NOTE 5
  - 2.0 - ENLARGED GALLEY
  - 2.0 - CHANGED DOOR IN GALLEY TO OPEN PASSAGE
  - 2.0 - REMOVED DOOR IN MESS ROOM

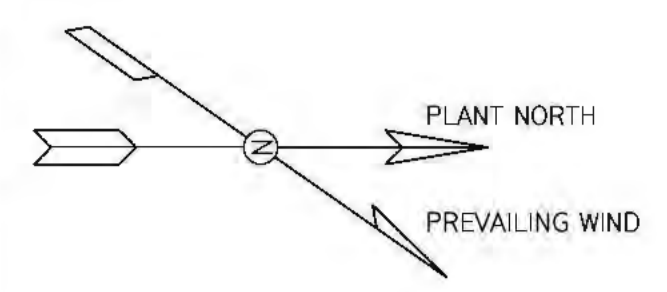
Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2022-10-05	TGO	FOR TENDER			
2.0	2022-12-16	TGO	INFORMATION NOTICE			

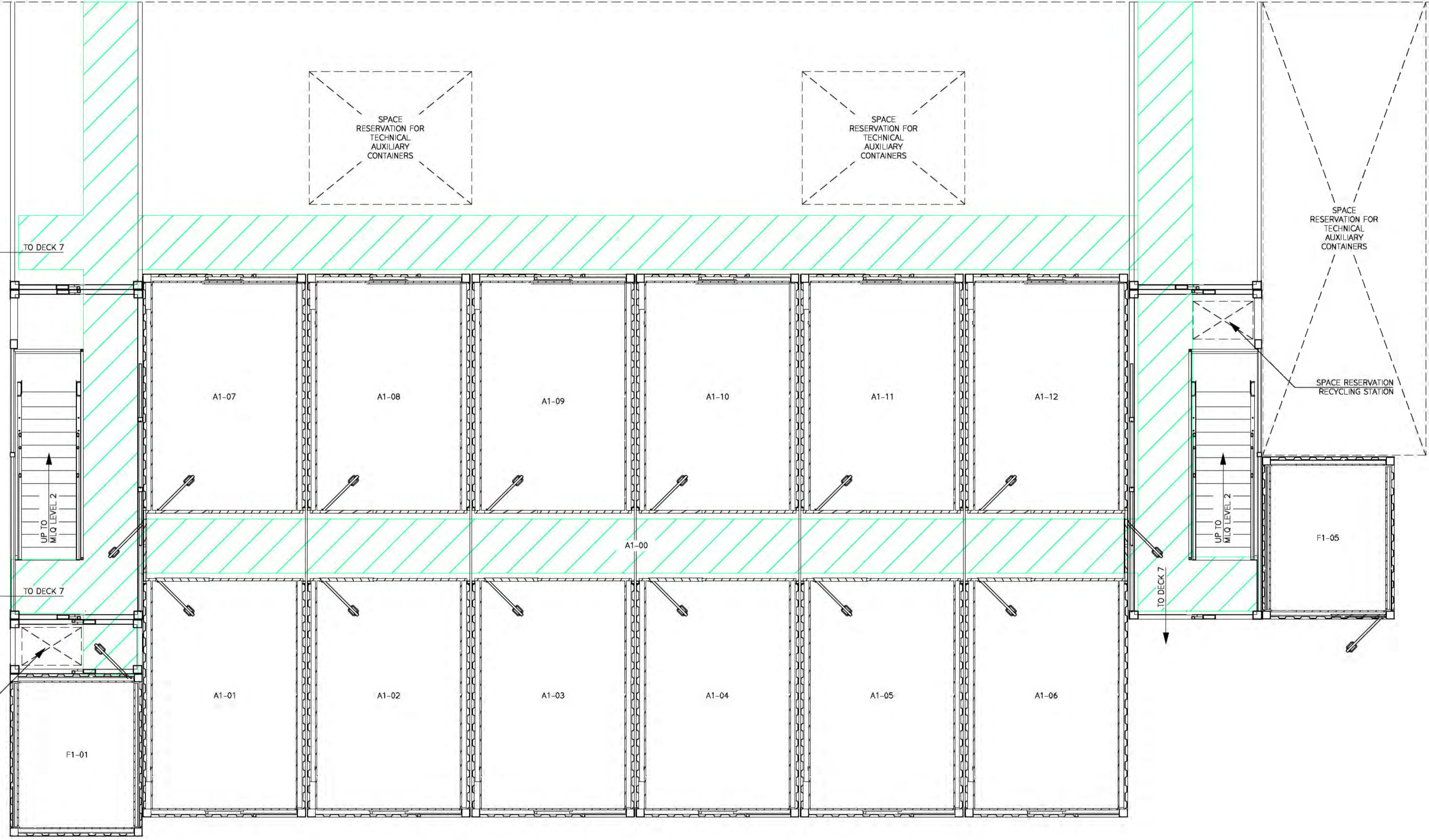
Reference	Item designation
Contractors doc-id	Employers doc-id
DES.04.013-2GW	DES.04.013-2GW
Sheet	Sheet
1 OF 8	1 OF 8
Name of the project	Name of the project
2GW	2GW
Company	Company
Tennet	Tennet
Document title	Document title
MLQ - General Arrangement	MLQ - General Arrangement
Logo	Logo
Tennet	Tennet

Scale: 1 : 100  
 Format: A1  
 Revision: 2.0

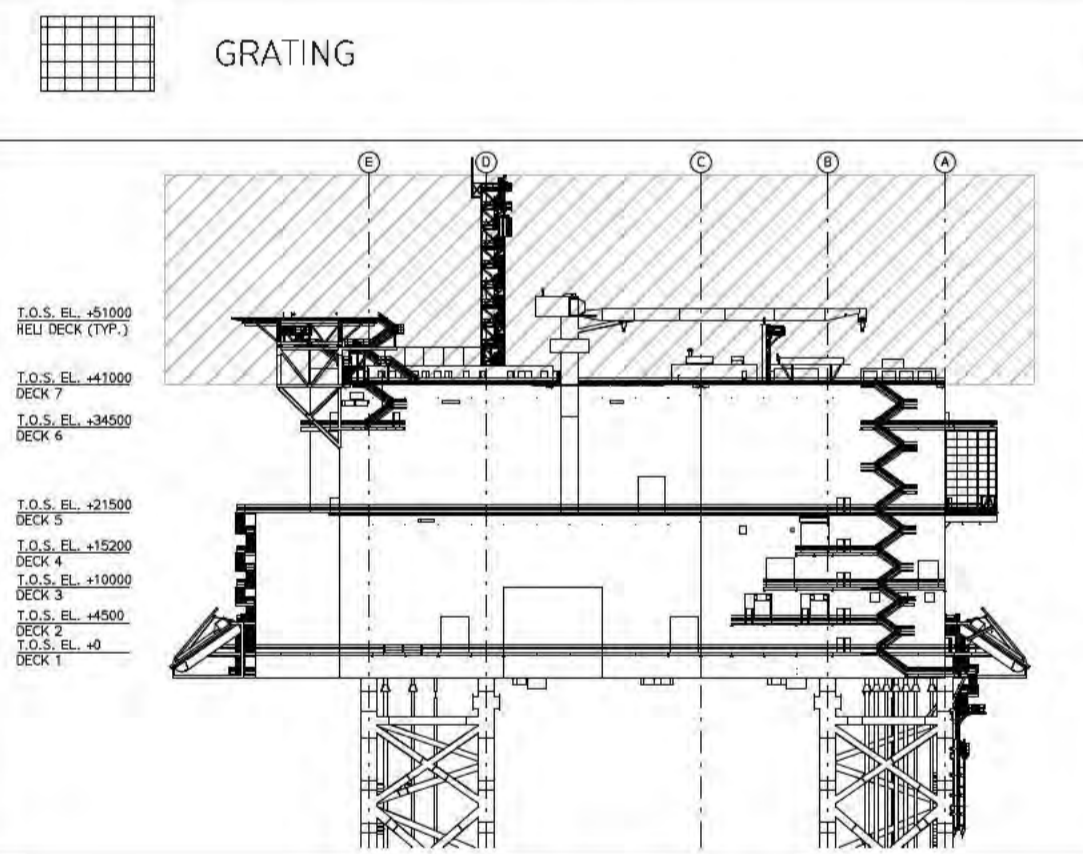


MATCH LINE DRAWING DES.04.00x-2GW SHT. 3



ROOM / AREA MATRIX	
NUMBER	DESCRIPTION
A1-00	CORRIDOR
A1-01	CABIN
A1-02	CABIN
A1-03	CABIN
A1-04	CABIN
A1-05	CABIN
A1-06	CABIN
A1-07	CABIN
A1-08	CABIN
A1-09	CABIN
A1-10	CABIN
A1-11	CABIN
A1-12	CABIN
F1-01	HOUSEKEEPING CONTAINER
F1-05	SMOKING SHELTER

LEGENDS



REVISION NOTES

- 2.0 - UPDATED NOTE 3
- ADDED NOTE 4

Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2022-10-05	TGO	FOR TENDER			
2.0	2022-12-16	TGO	INFORMATION NOTICE			

Reference

Item designation

Contractors doc-id

Employers doc-id  
DES.04.013-2GW

Sheet  
2 OF 8

Name of the project  
2GW

Company  
Tennet

Document title  
MLQ - General Arrangement

Logo

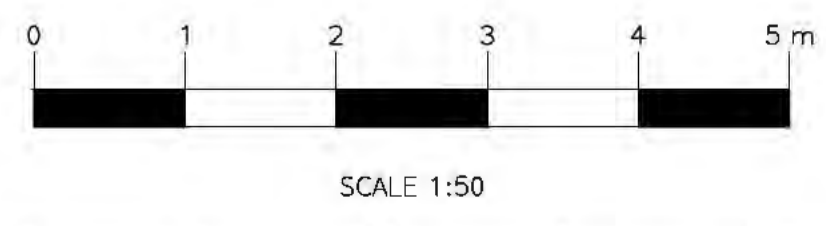
Scale  
1 : 50

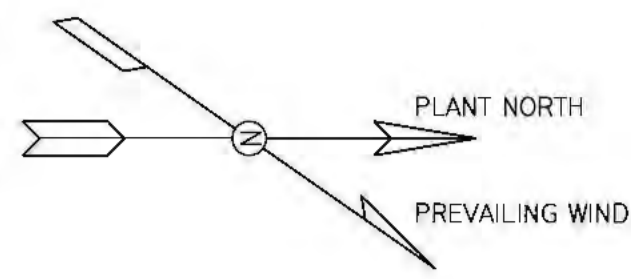
Format  
A1

Revision  
2.0

- NOTES
- THIS DRAWING PRESENTS THE PRINCIPLE ARRANGEMENT OF THE MODULAR LIVING QUARTER INDICATING THE CONFIGURATION OF STACKS, ROOMS, STAIRS, WALKWAYS AND AUXILIARY CONTAINERS. CONTRACTOR SHALL FURTHER DETAIL DESIGN IN COMPLIANCE WITH EMPLOYER'S REQUIREMENTS AND APPLICABLE LAWS, REGULATIONS, NORMS AND STANDARDS.
  - CONTRACTOR IS RESPONSIBLE FOR THE INTERFACE OF THE MLQ TO THE TOPSIDE AND THE INTEGRATION OF THE NECESSARY SYSTEMS INTO THE MLQ.
  - THE PREFERRED LOCATION OF THE RECYCLING STATIONS THROUGHOUT THE MLQ ARE TO BE OPTIMIZED BY THE CONTRACTOR IN ACCORDANCE WITH THE WASTE HANDLING CONCEPT.
  - WALKWAY / STAIRWAY CONTAINER TYPE CAN BE OPTIMIZED.

**MLQ STACK A - LEVEL 1**





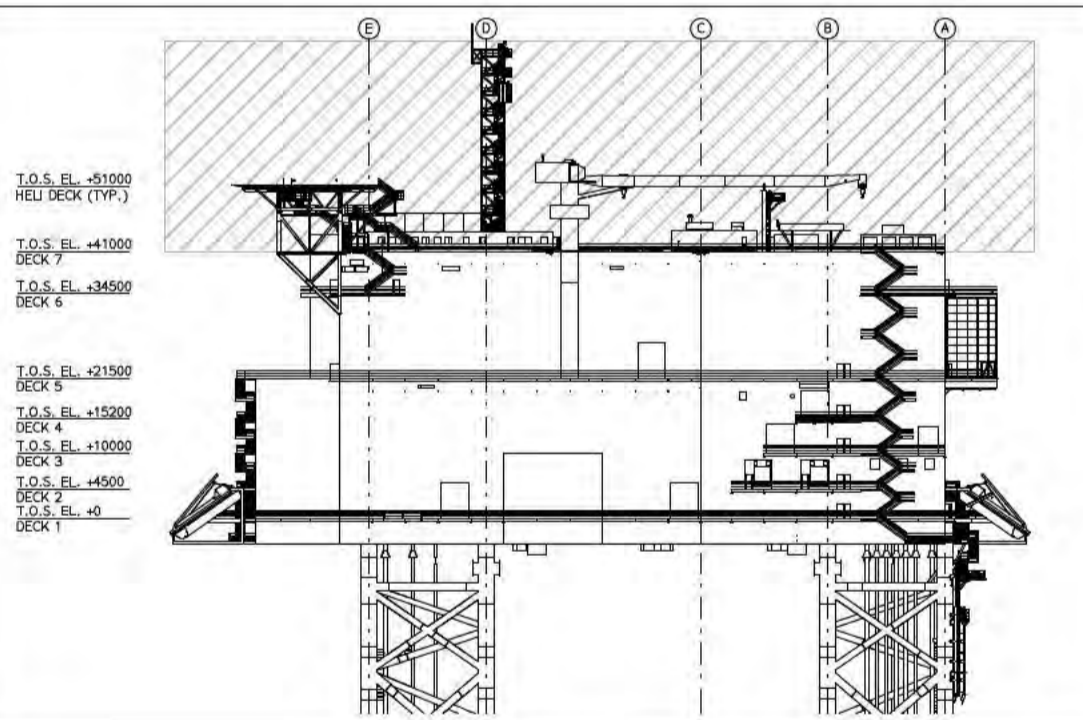
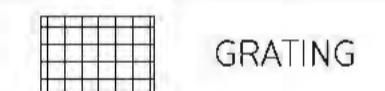
MATCH LINE DRAWING DES.04.00x-2GW SHIT. 4

MATCH LINE DRAWING DES.04.00x-2GW SHIT. 2

ROOM / AREA MATRIX

NUMBER	DESCRIPTION
B1-00	CORRIDOR
B1-01	CABIN
B1-02	CABIN
B1-03	CABIN
B1-04	CABIN
B1-05	CABIN
B1-06	CABIN
B1-07	CABIN
B1-08	CABIN
B1-09	CABIN
B1-10	CABIN
B1-11	CABIN
B1-12	CABIN
OA-01	OUTSIDE AREA

LEGENDS



REVISION NOTES

- 2.0 - UPDATED NOTE 3
- 2.0 - ADDED NOTE 4

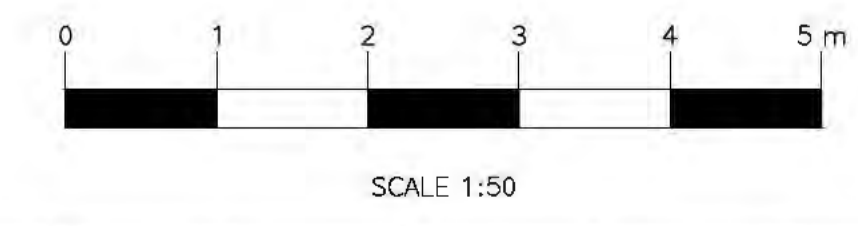
Rev.	Rev. Date	By	Purpose of Issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2022-10-05	TGO	FOR TENDER			
2.0	2022-12-16	TGO	INFORMATION NOTICE			

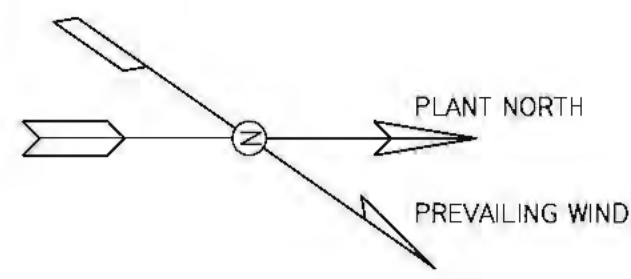
Reference	Item designation
Contractors doc-id	Employers doc-id
DES.04.013-2GW	DES.04.013-2GW
Sheet	3 OF 8
Company	Name of the project
Tennet	2GW
Document title	Log
MLQ - General Arrangement	
	Scale
	1 : 50
	Format
	A1
	Revision
	2.0

NOTES

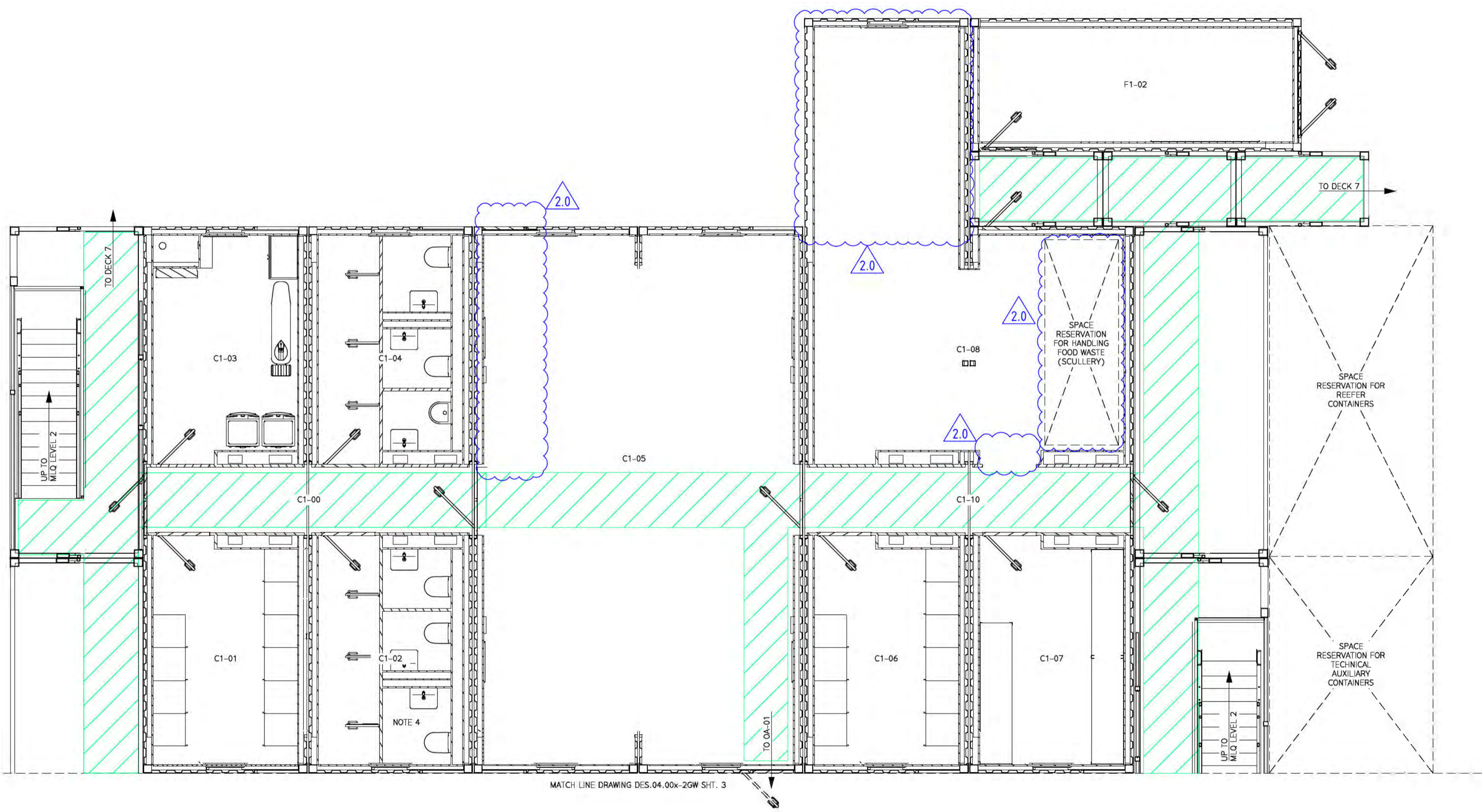
- THIS DRAWING PRESENTS THE PRINCIPLE ARRANGEMENT OF THE MODULAR LIVING QUARTER INDICATING THE CONFIGURATION OF STACKS, ROOMS, STAIRS, WALKWAYS AND AUXILIARY CONTAINERS. CONTRACTOR SHALL FURTHER DETAIL DESIGN IN COMPLIANCE WITH EMPLOYER'S REQUIREMENTS AND APPLICABLE LAWS, REGULATIONS, NORMS AND STANDARDS.
- CONTRACTOR IS RESPONSIBLE FOR THE INTERFACE OF THE MLQ TO THE TOPSIDE AND THE INTEGRATION OF THE NECESSARY SYSTEMS INTO THE MLQ.
- THE PREFERRED LOCATION OF THE RECYCLING STATIONS THROUGHOUT THE MLQ ARE TO BE OPTIMIZED BY THE CONTRACTOR IN ACCORDANCE WITH THE WASTE HANDLING CONCEPT.
- WALKWAY / STAIRWAY CONTAINER TYPE CAN BE OPTIMIZED.

MLQ STACK B - LEVEL 1

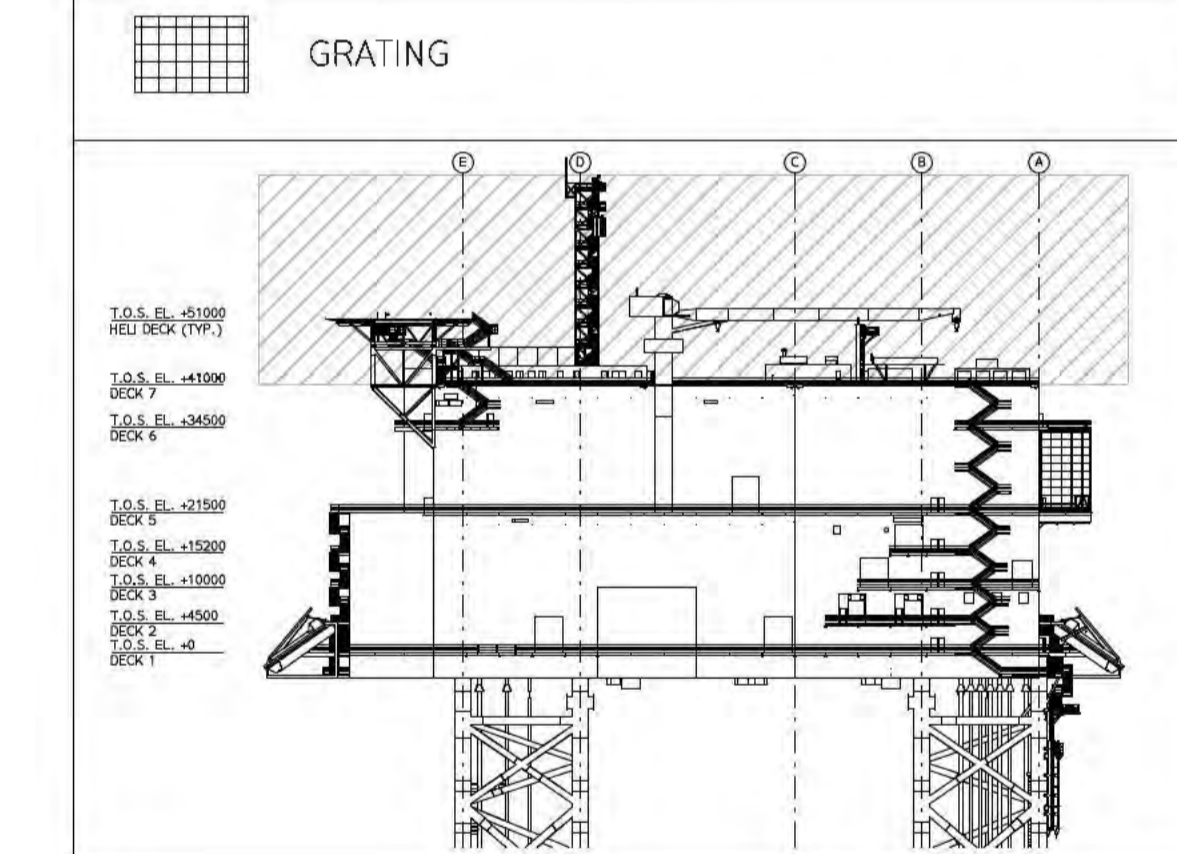




NUMBER	DESCRIPTION
C1-00	CORRIDOR
C1-01	GENERAL STORE
C1-02	PUBLIC TOILET
C1-03	LAUNDRY
C1-04	PUBLIC TOILET
C1-05	MESS ROOM
C1-06	COLD STORE
C1-07	DRY STORE
C1-08	GALLEY
C1-10	CORRIDOR
F1-02	WASTE HANDLING FACILITY



LEGENDS



REVISION NOTES

- 2.0 - ADDED NOTE 5
- 2.0 - ENLARGED GALLEY
- 2.0 - CHANGED DOOR IN GALLEY TO OPEN PASSAGE
- 2.0 - REMOVED DOOR IN MESS ROOM
- 2.0 - ADDED SPACE RESERVATION FOR HANDLING FOOD WASTE

Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2022-10-05	TGO	FOR TENDER			
2.0	2022-12-16	TRO	INFORMATION NOTICE			

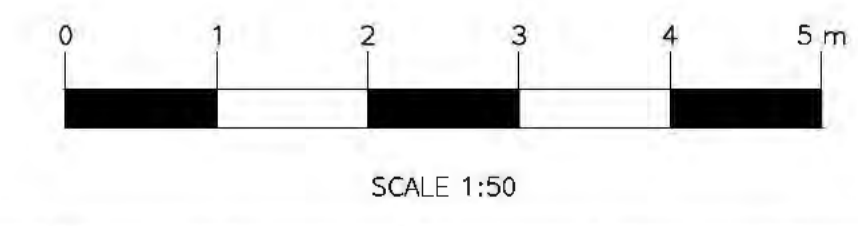
Reference: Contractors doc-id: Employers doc-id: DES.04.013-2GW Sheet: 4 OF 8 Name of the project: 2GW

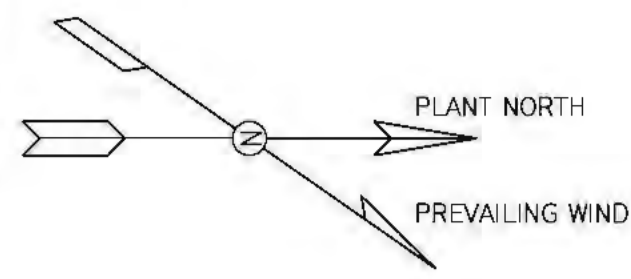
Company: Tennet  
 Document title: MLQ - General Arrangement  
 Logo:

Scale: 1 : 50  
 Format: A1  
 Revision: 2.0

- NOTES
- THIS DRAWING PRESENTS THE PRINCIPLE ARRANGEMENT OF THE MODULAR LIVING QUARTER INDICATING THE CONFIGURATION OF STACKS, ROOMS, STAIRS, WALKWAYS AND AUXILIARY CONTAINERS. CONTRACTOR SHALL FURTHER DETAIL DESIGN IN COMPLIANCE WITH EMPLOYER'S REQUIREMENTS AND APPLICABLE LAWS, REGULATIONS, NORMS AND STANDARDS.
  - CONTRACTOR IS RESPONSIBLE FOR THE INTERFACE OF THE MLQ TO THE TOPSIDE AND THE INTEGRATION OF THE NECESSARY SYSTEMS INTO THE MLQ.
  - PLEASE NOTE THAT ROOM INTERIOR SHOWN ON THIS DRAWING IS INDICATIVE ONLY.
  - DEDICATED TOILET FOR CATERING STAFF.
  - WALKWAY / STAIRWAY CONTAINER TYPE CAN BE OPTIMIZED. 2.0

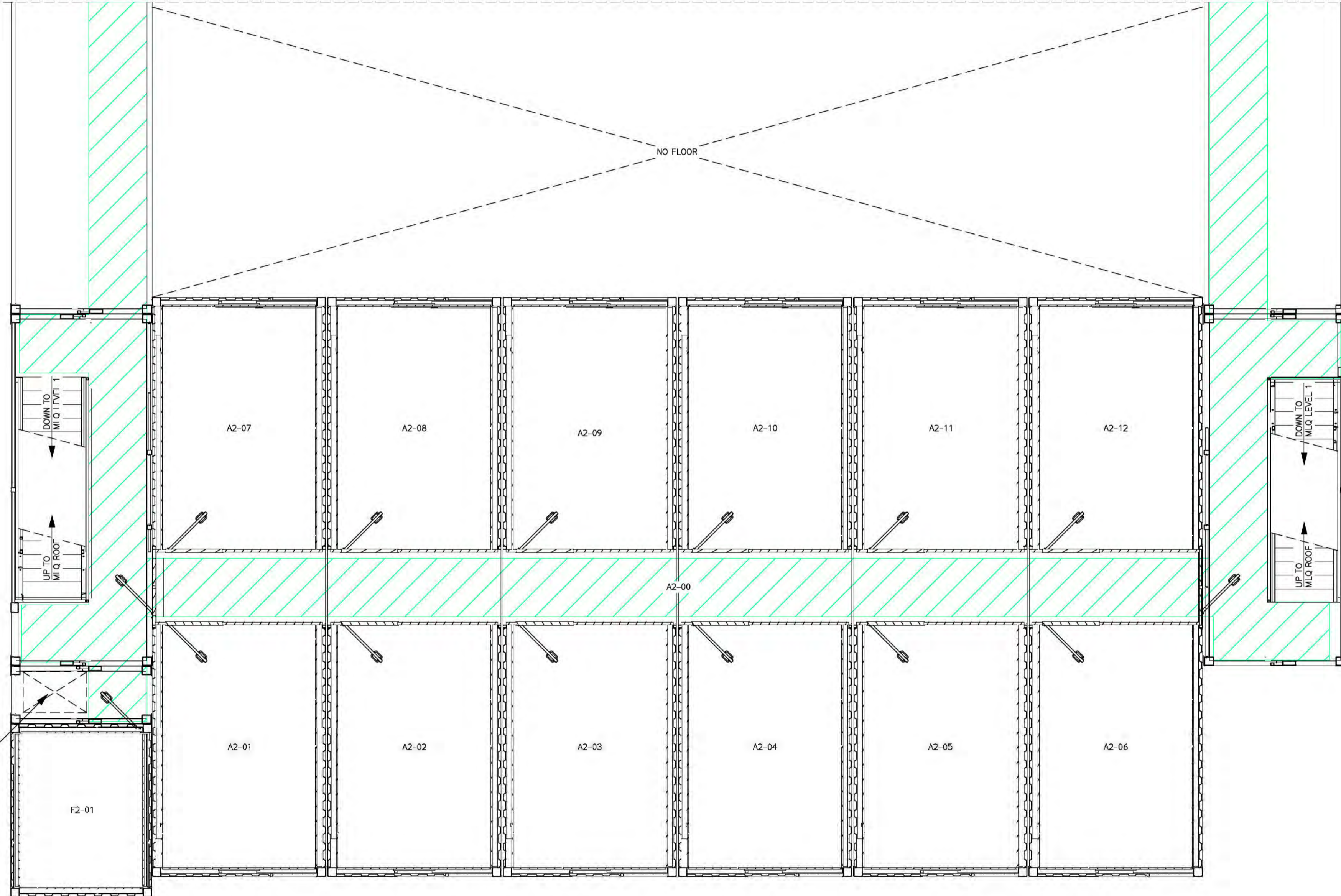
**MLQ STACK C - LEVEL 1**





MATCH LINE DRAWING DES.04.00x-2GW SH. 6

NO FLOOR

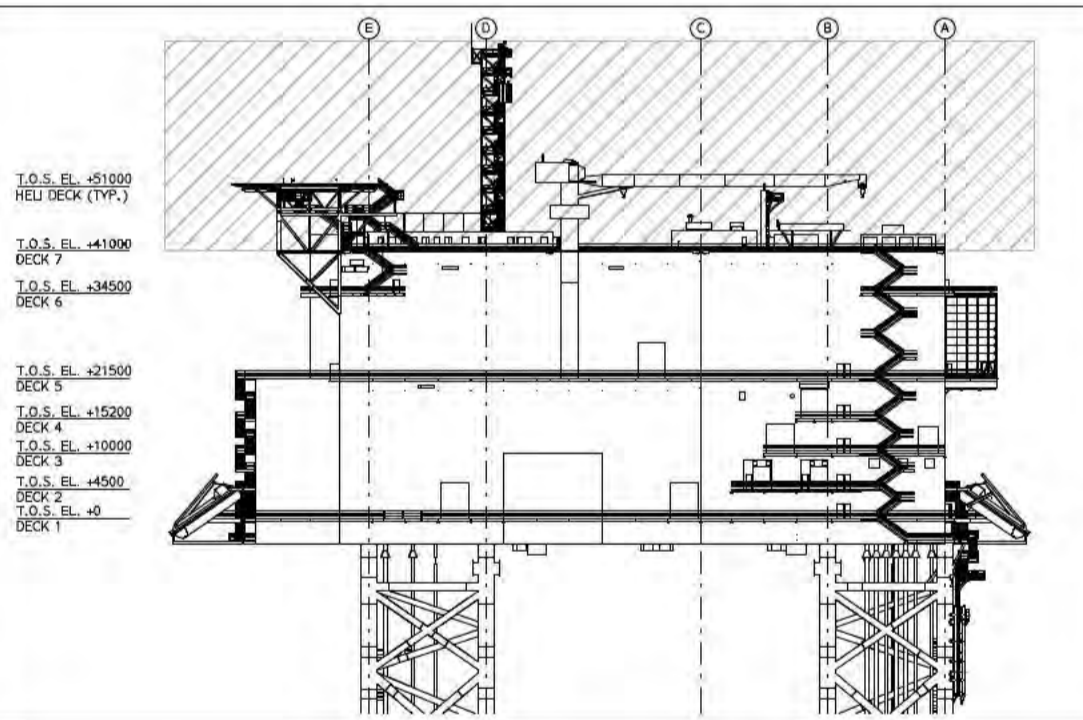
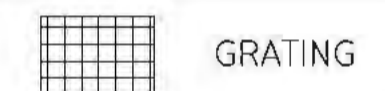


SPACE RESERVATION RECYCLING STATION

ROOM / AREA MATRIX

NUMBER	DESCRIPTION
A2-00	CORRIDOR
A2-01	CABIN
A2-02	CABIN
A2-03	CABIN
A2-04	CABIN
A2-05	CABIN
A2-06	CABIN
A2-07	CABIN
A2-08	CABIN
A2-09	CABIN
A2-10	CABIN
A2-11	CABIN
A2-12	CABIN
F2-01	HOUSEKEEPING CONTAINER

LEGENDS



REVISION NOTES

- 2.0 - UPDATED NOTE 3
- 2.0 - ADDED NOTE 4

Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2022-10-05	TGO	FOR TENDER			
2.0	2022-12-16	TGO	INFORMATION NOTICE			

Reference

Item designation

Contractors doc-id

Employers doc-id  
DES.04.013-2GW

Sheet  
5 OF 8

Name of the project  
2GW

Company  
Tennet

Document title  
MLQ - General Arrangement

Logo

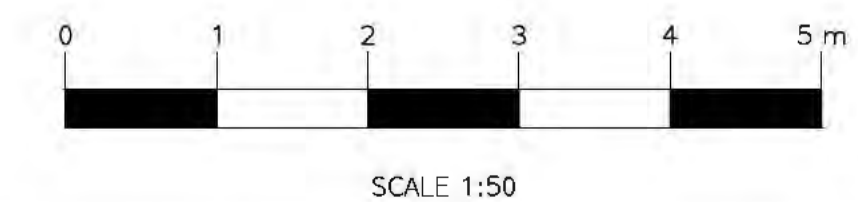
Scale 1 : 50

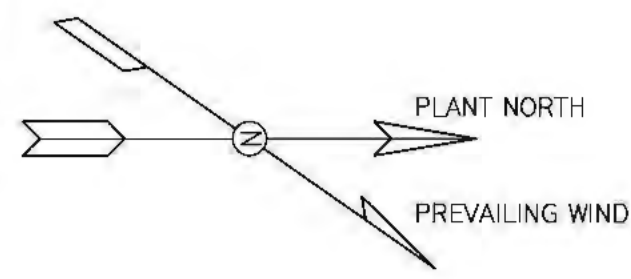
Format A1

Revision 2.0

- NOTES
- THIS DRAWING PRESENTS THE PRINCIPLE ARRANGEMENT OF THE MODULAR LIVING QUARTER INDICATING THE CONFIGURATION OF STACKS, ROOMS, STAIRS, WALKWAYS AND AUXILIARY CONTAINERS. CONTRACTOR SHALL FURTHER DETAIL DESIGN IN COMPLIANCE WITH EMPLOYER'S REQUIREMENTS AND APPLICABLE LAWS, REGULATIONS, NORMS AND STANDARDS.
  - CONTRACTOR IS RESPONSIBLE FOR THE INTERFACE OF THE MLQ TO THE TOPSIDE AND THE INTEGRATION OF THE NECESSARY SYSTEMS INTO THE MLQ.
  - THE PREFERRED LOCATION OF THE RECYCLING STATIONS THROUGHOUT THE MLQ ARE TO BE OPTIMIZED BY THE CONTRACTOR IN ACCORDANCE WITH THE WASTE HANDLING CONCEPT.
  - WALKWAY / STAIRWAY CONTAINER TYPE CAN BE OPTIMIZED.

MLQ STACK A - LEVEL 2





MATCH LINE DRAWING DES.04.00x-2GW SHT. 7

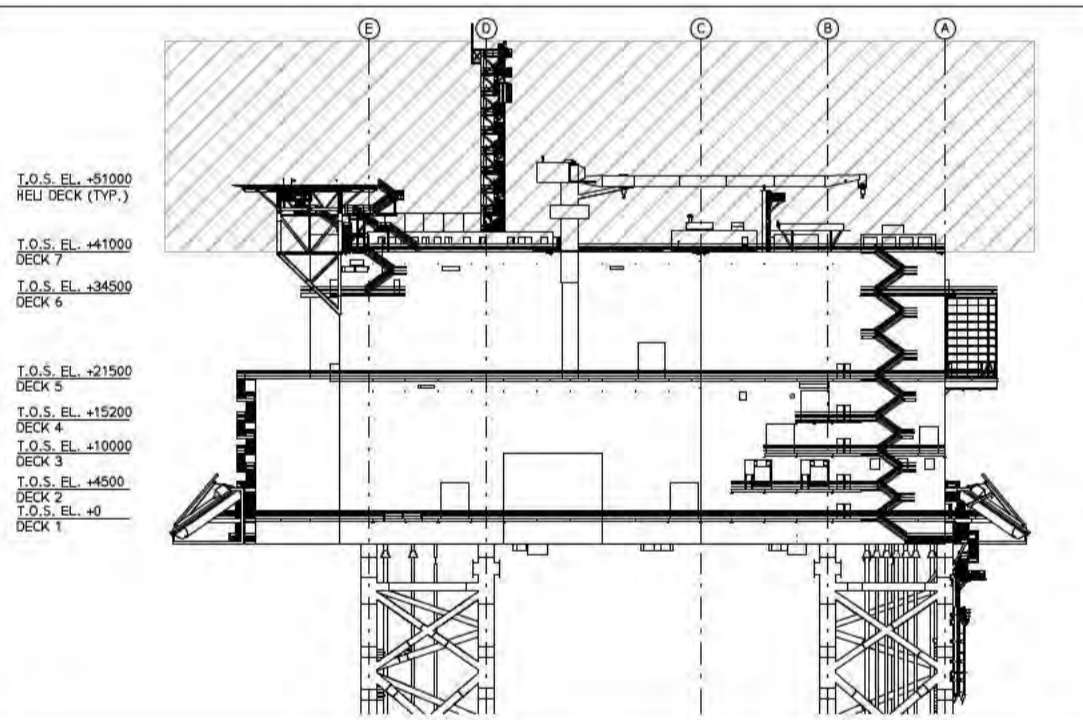
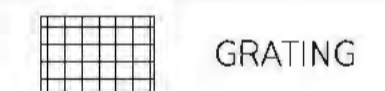
NO FLOOR

MATCH LINE DRAWING DES.04.00x-2GW SHT. 5

ROOM / AREA MATRIX

NUMBER	DESCRIPTION
B2-00	CORRIDOR
B2-01	CABIN
B2-02	CABIN
B2-03	CABIN
B2-04	CABIN
B2-05	CABIN
B2-06	CABIN
B2-07	CABIN
B2-08	CABIN
B2-09	CABIN
B2-10	CABIN
B2-11	CABIN
B2-12	CABIN

LEGENDS



REVISION NOTES

- 2.0 - UPDATED NOTE 3
- 2.0 - ADDED NOTE 4

Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2022-10-05	TGO	FOR TENDER			
2.0	2022-12-16	TGO	INFORMATION NOTICE			

Reference

Item designation

Contractors doc-id

Employers doc-id  
DES.04.013-2GW

Sheet  
6 OF 8

Name of the project  
2GW

Company  
TenneT

Document title  
MLQ - General Arrangement

Logo

Scale  
1 : 50

Format  
A1

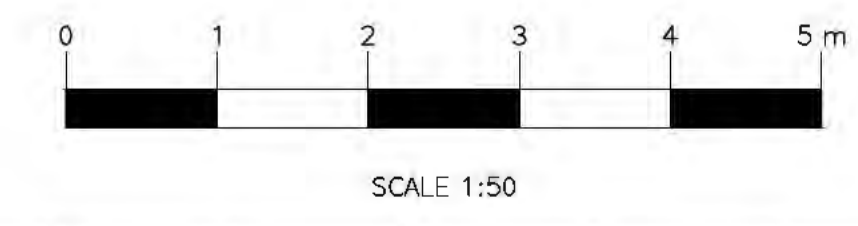
Revision  
2.0

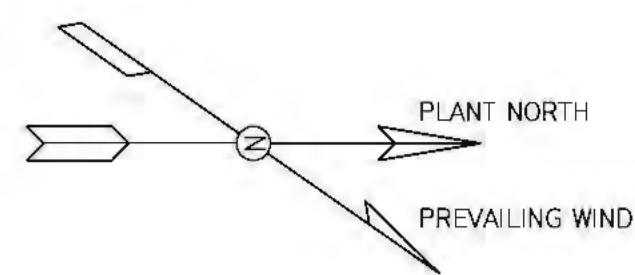
NOTES

- THIS DRAWING PRESENTS THE PRINCIPLE ARRANGEMENT OF THE MODULAR LIVING QUARTER INDICATING THE CONFIGURATION OF STACKS, ROOMS, STAIRS, WALKWAYS AND AUXILIARY CONTAINERS. CONTRACTOR SHALL FURTHER DETAIL DESIGN IN COMPLIANCE WITH EMPLOYER'S REQUIREMENTS AND APPLICABLE LAWS, REGULATIONS, NORMS AND STANDARDS.
- CONTRACTOR IS RESPONSIBLE FOR THE INTERFACE OF THE MLQ TO THE TOPSIDE AND THE INTEGRATION OF THE NECESSARY SYSTEMS INTO THE MLQ.
- THE PREFERRED LOCATION OF THE RECYCLING STATIONS THROUGHOUT THE MLQ ARE TO BE OPTIMIZED BY THE CONTRACTOR IN ACCORDANCE WITH THE WASTE HANDLING CONCEPT.
- WALKWAY / STAIRWAY CONTAINER TYPE CAN BE OPTIMIZED.

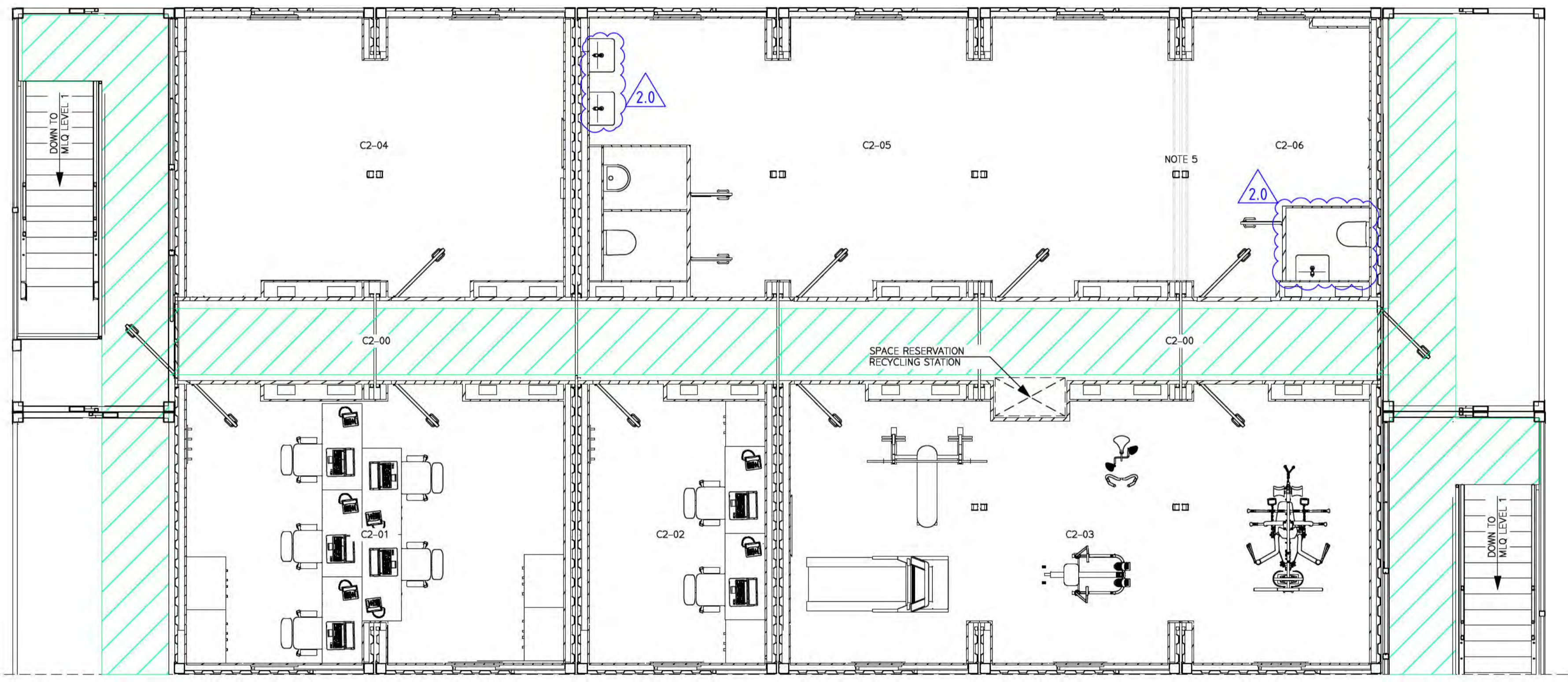


MLQ STACK B - LEVEL 2





ROOM / AREA MATRIX	
NUMBER	DESCRIPTION
C2-00	CORRIDOR
C2-01	OFFICE 1
C2-02	OFFICE 2
C2-03	GYM
C2-04	TV-LOUNGE
C2-05	CHANGING ROOM (MALE)
C2-06	CHANGING ROOM (FEMALE)



MATCH LINE DRAWING DES.04.00x-2GW SHT. 6

- NOTES**
- THIS DRAWING PRESENTS THE PRINCIPLE ARRANGEMENT OF THE MODULAR LIVING QUARTER INDICATING THE CONFIGURATION OF STACKS, ROOMS, STAIRS, WALKWAYS AND AUXILIARY CONTAINERS. CONTRACTOR SHALL FURTHER DETAIL DESIGN IN COMPLIANCE WITH EMPLOYER'S REQUIREMENTS AND APPLICABLE LAWS, REGULATIONS, NORMS AND STANDARDS.
  - CONTRACTOR IS RESPONSIBLE FOR THE INTERFACE OF THE MLQ TO THE TOPSIDE AND THE INTEGRATION OF THE NECESSARY SYSTEMS INTO THE MLQ. PLEASE NOTE THAT ROOM INTERIOR SHOWN ON THIS DRAWING IS INDICATIVE ONLY.
  - THE PREFERRED LOCATION OF THE RECYCLING STATIONS THROUGHOUT THE MLQ ARE TO BE OPTIMIZED BY THE CONTRACTOR IN ACCORDANCE WITH THE WASTE HANDLING CONCEPT.
  - CHANGING ROOMS SHOULD ALLOW TO BE DISCONNECTED VIA REMOVABLE FLEXIBLE WALL TO SEPARATE MALE FROM FEMALE.
  - WALKWAY / STAIRWAY CONTAINER TYPE CAN BE OPTIMIZED.

**LEGENDS**

GRATING

1.0.5 EL. +01000  
DECK 1 (TOP)

1.0.5 EL. +41000  
DECK 4

1.0.5 EL. +34500  
DECK 6

1.0.5 EL. +21500  
DECK 3

1.0.5 EL. +15200  
DECK 4

1.0.5 EL. +10000  
DECK 3

1.0.5 EL. +4500  
DECK 2

1.0.5 EL. -0  
DECK 1

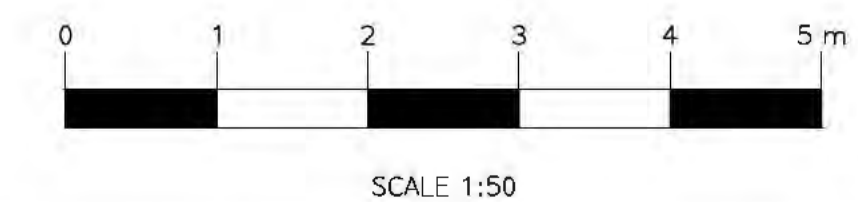
- REVISION NOTES**
- 2.0 (blue triangle) - UPDATED NOTE 4
  - ADDED NOTE 6
  - ADDED WASH HAND BASINS IN CHANGING ROOM (MALE)
  - ENLARGED TOILET AND ADDED WASH HAND BASIN IN CHANGING ROOM (FEMALE)

Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2022-10-05	TGO	FOR TENDER			
2.0	2022-12-16	TGO	INFORMATION NOTICE			

Reference	Item designation
Contractors doc-id	
Employers doc-id	
DES.04.013-2GW	
Sheet	7 OF 8
Company	Name of the project
Tennet	2GW
Document title	Logo
MLQ - General Arrangement	

**MLQ STACK C - LEVEL 2**



Scale 1 : 50

Format A1

Revision 2.0



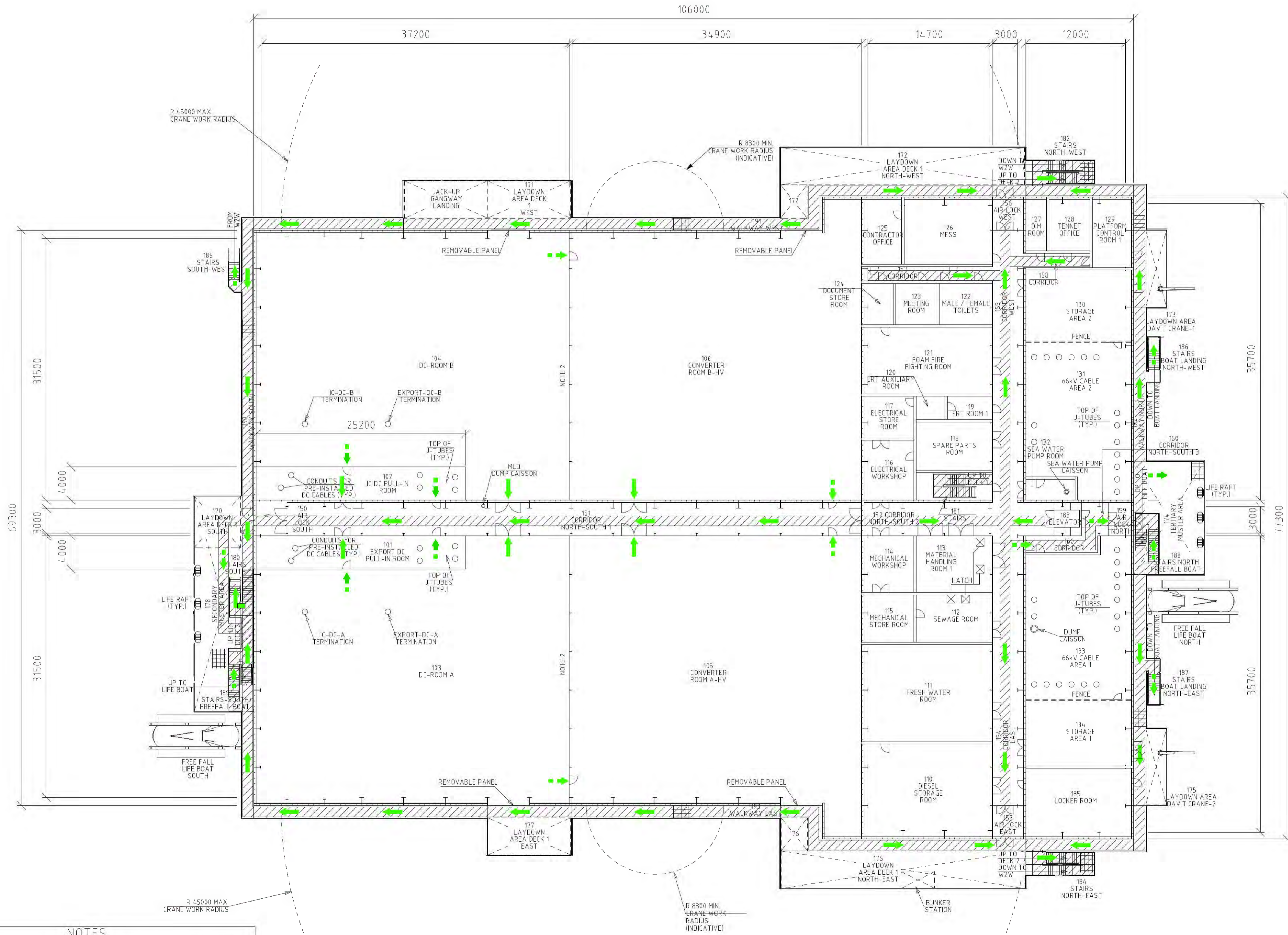
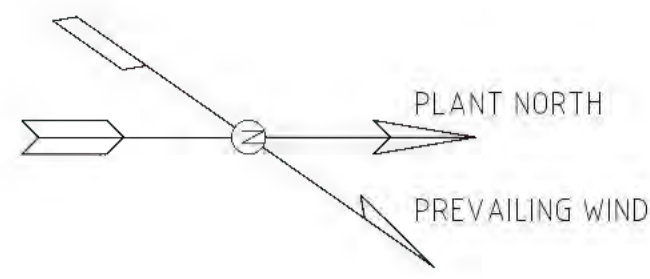


# Net op Zee – Nederwiek 1

## **Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat**

Bijlage 10: Standaard vluchtplan platform

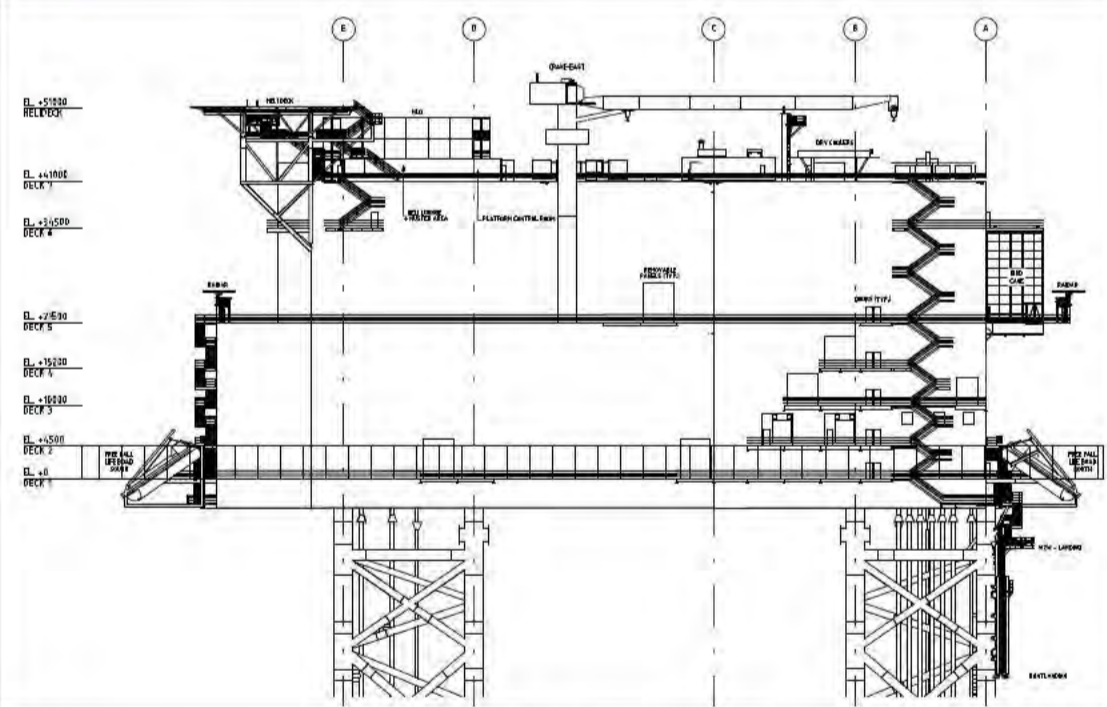




ROOM / AREA MATRIX

NUMBER	DESCRIPTION
101	EXPORT DC PULL-IN ROOM
102	IC DC PULL-IN ROOM
103	DC ROOM A
104	DC ROOM B
105	CONVERTER ROOM A-HV
106	CONVERTER ROOM B-HV
110	DIESEL STORAGE ROOM
111	FRESH WATER ROOM
112	SEWAGE ROOM
113	MATERIAL HANDLING ROOM 1
114	MECHANICAL WORKSHOP
115	MECHANICAL STORE ROOM
116	ELECTRICAL WORKSHOP
117	ELECTRICAL STORE ROOM
118	SPARE PARTS ROOM
119	ERT ROOM 1
120	ERT AUXILIARY ROOM
121	FOAM FIRE FIGHTING ROOM
122	MALE / FEMALE TOILETS
123	MEETING ROOM
124	DOCUMENT STORE ROOM
125	CONTRACTOR OFFICE
126	MESS
127	OIM ROOM
128	TENNENT OFFICE
129	PLATFORM CONTROL ROOM 1
130	STORAGE AREA 2
131	66kV CABLE AREA 2
132	SEA WATER PUMP ROOM
133	66kV CABLE AREA 1
134	STORAGE AREA 1
135	LOCKER ROOM

LEGENDS



REFERENCE DRAWINGS

DRAWING NO	DRAWING TITLE

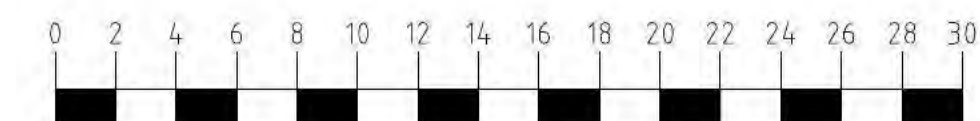
Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2021-06-16	LSC	FOR TENDER			

Reference	Item designation
	Contractors doc-id
	Employers doc-id
	Sheet
	Name of the project
	ZGW

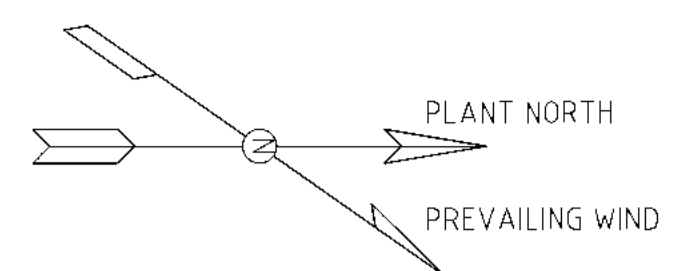
Company: **Tennet**  
 Document Title: Escape Plans  
 Scale: 1:250  
 Format: A1  
 Revision: 1.0

- NOTES**
- HELIDECK / FREE FALL LIFE BOAT LOCATION, JACK-UP LANDING AREA AND PLATFORM ORIENTATION DEPEND ON THE PROJECT SPECIFIC METEOCEAN DATA AND THE FIELD LAYOUT.
  - ARCHITECTURAL WALL MAY BE SHIFTED TO SUIT HV-EQUIPMENT SUPPLIERS ARRANGEMENT.
  - OUTDOOR AREAS ARE PLATED UNLESS INDICATED OTHERWISE.
  - ALL SECONDARY ESCAPE ROUTES (INCLUDING STAIRCASE'S) SHALL MEET THE REQUIREMENTS (e.g. WIDTH) OF PRIMARY ESCAPE ROUTES, AS DEPENDING ON THE OPERATIONAL MODE (e.g. ACCESS / EGRESS VIA WALK-TO-WORK VESSEL OR VIA JACK-UP) SOME OF THE SECONDARY ESCAPE ROUTES MAY BE USED AS PRIMARY ESCAPE ROUTES.

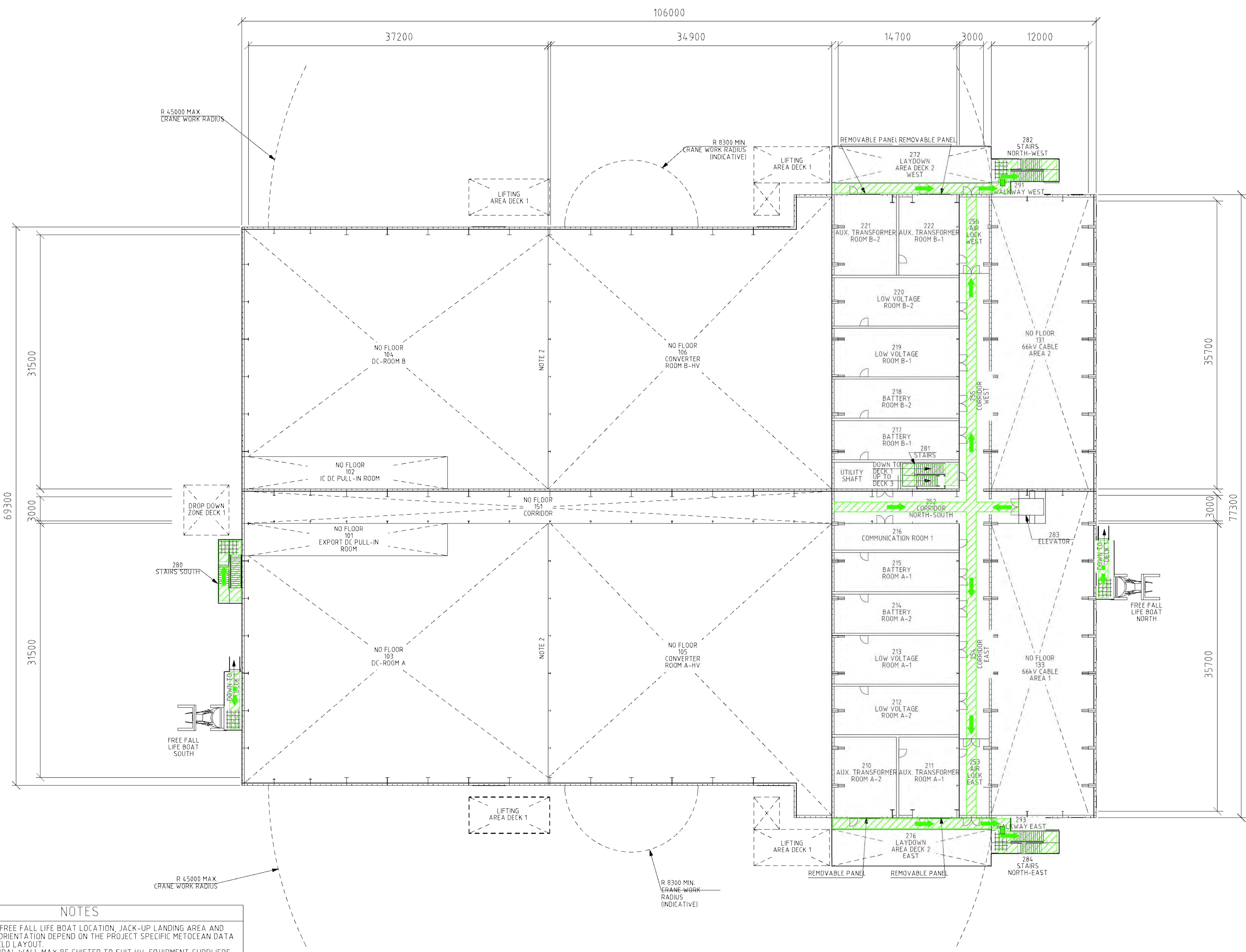
DECK 1 (EL. +0.000)



SCALE 1:250

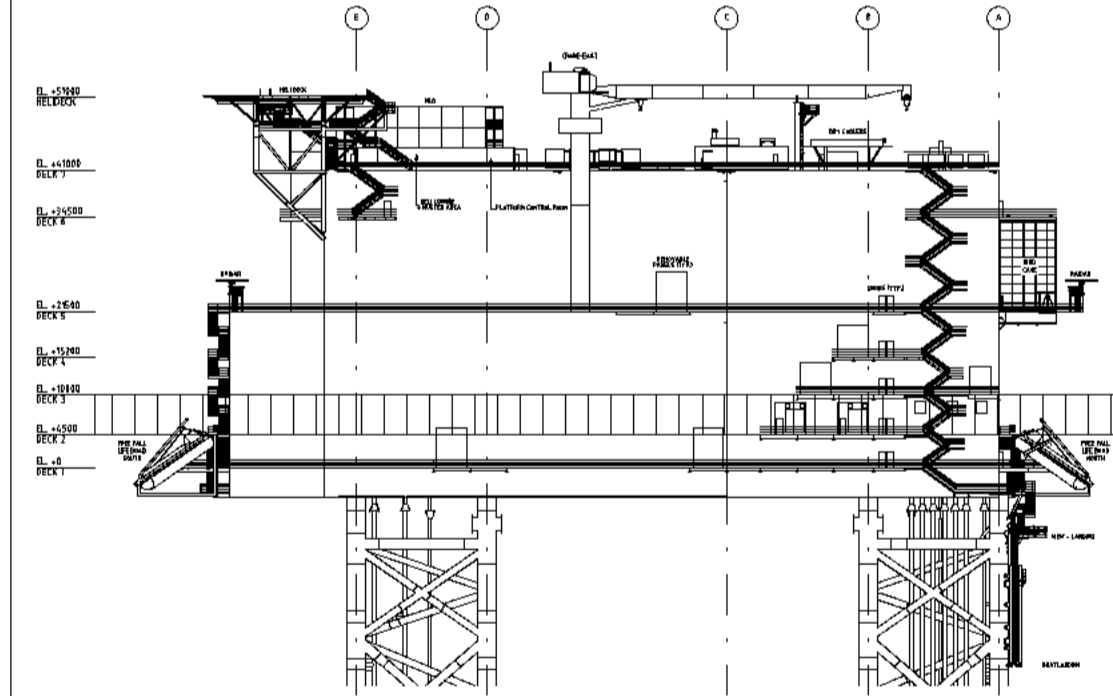


NUMBER	DESCRIPTION
101	EXPORT DC PULL-IN ROOM
102	IC DC PULL-IN ROOM
103	DC ROOM A
104	DC ROOM B
105	CONVERTER ROOM A-HV
106	CONVERTER ROOM B-HV
131	66kV CABLE AREA 2
133	66kV CABLE AREA 1
210	AUX. TRANSFORMER ROOM A-2
211	AUX. TRANSFORMER ROOM A-1
212	LOW VOLTAGE ROOM A-2
213	LOW VOLTAGE ROOM A-1
214	BATTERY ROOM A-2
215	BATTERY ROOM A-1
216	COMMUNICATION ROOM 1
217	BATTERY ROOM B-1
218	BATTERY ROOM B-2
219	LOW VOLTAGE ROOM B-1
220	LOW VOLTAGE ROOM B-2
221	AUX. TRANSFORMER ROOM B-2
222	AUX. TRANSFORMER ROOM B-1



### LEGENDS

- GRATING
- ESCAPE WAY
- PRIMARY ESCAPE ROUTE
- SECONDARY ESCAPE ROUTE



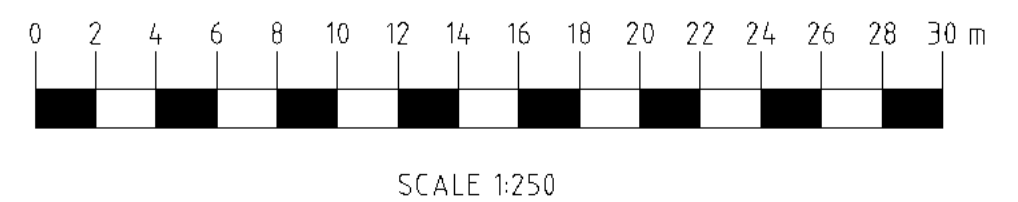
### REFERENCE DRAWINGS

DRAWING NO	DRAWING TITLE

### NOTES

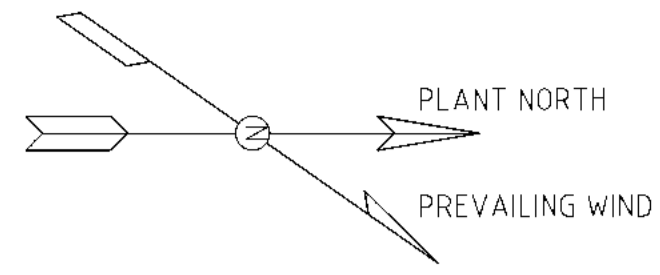
- HELIDECK / FREE FALL LIFE BOAT LOCATION, JACK-UP LANDING AREA AND PLATFORM ORIENTATION DEPEND ON THE PROJECT SPECIFIC METEOCEAN DATA AND THE FIELD LAYOUT.
- ARCHITECTURAL WALL MAY BE SHIFTED TO SUIT HV-EQUIPMENT SUPPLIERS ARRANGEMENT.
- OUTDOOR AREAS ARE PLATED UNLESS INDICATED OTHERWISE.
- ALL SECONDARY ESCAPE ROUTES (INCLUDING STAIRCASE'S) SHALL MEET THE REQUIREMENTS (E.G. WIDTH) OF PRIMARY ESCAPE ROUTES, AS DEPENDING ON THE OPERATIONAL MODE (E.G. ACCESS / EGRESS VIA WALK-TO-WORK VESSEL OR VIA JACK-UP) SOME OF THE SECONDARY ESCAPE ROUTES MAY BE (TEMPORARILY) USED AS PRIMARY ESCAPE ROUTES.

DECK 2 (EL. +4.500)



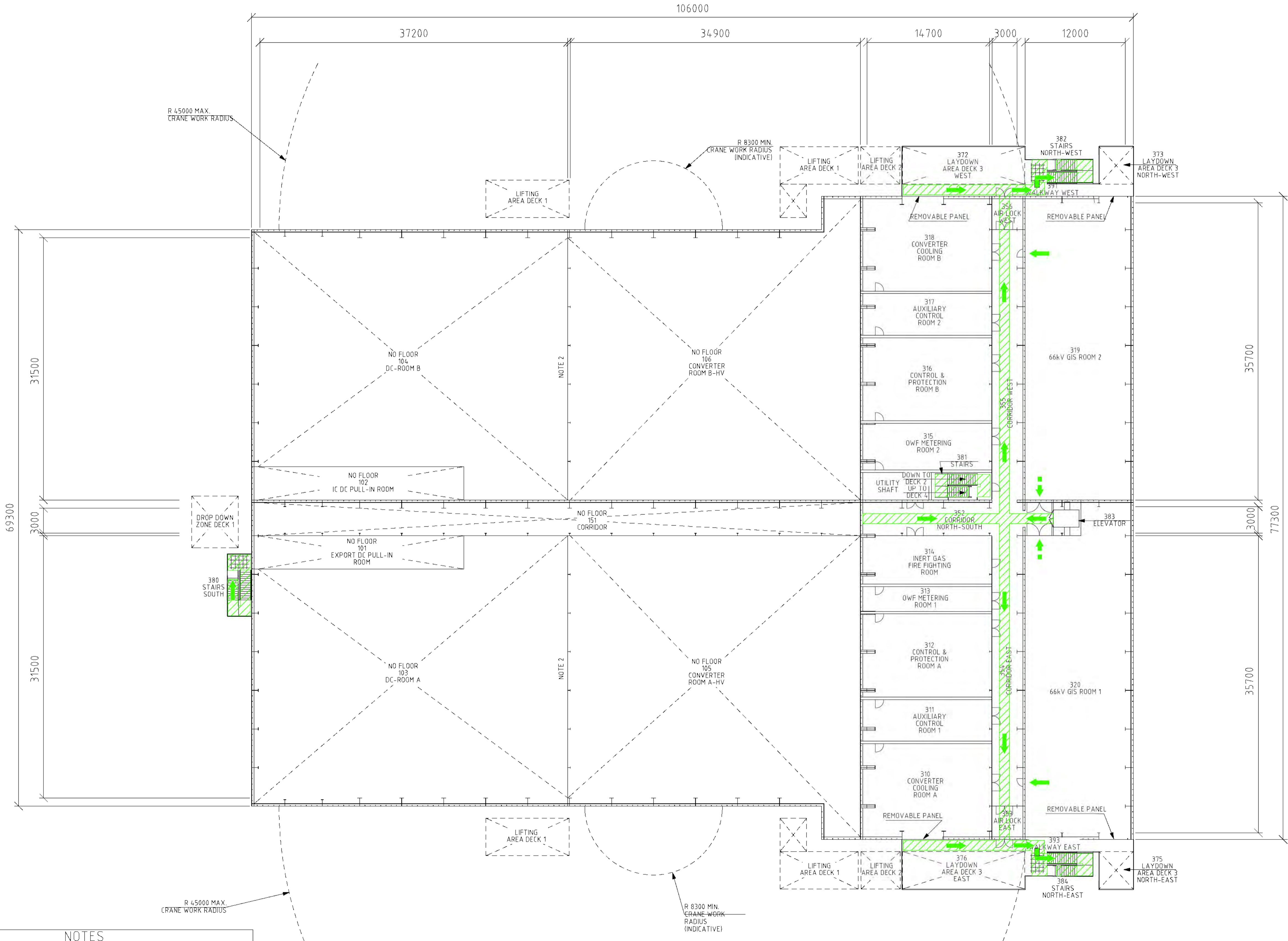
Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2021-06-16	LSC	FOR TENDER			

Reference		Item designation
Contractors doc-id		
Employers doc-id		DES.04.021-2GW
Sheet		3 OF 9
Company		Tennet
Document Title		Name of the project
Escape Plans		2GW
Logo		
Scale		1:250
Format		A1
Revision		1.0



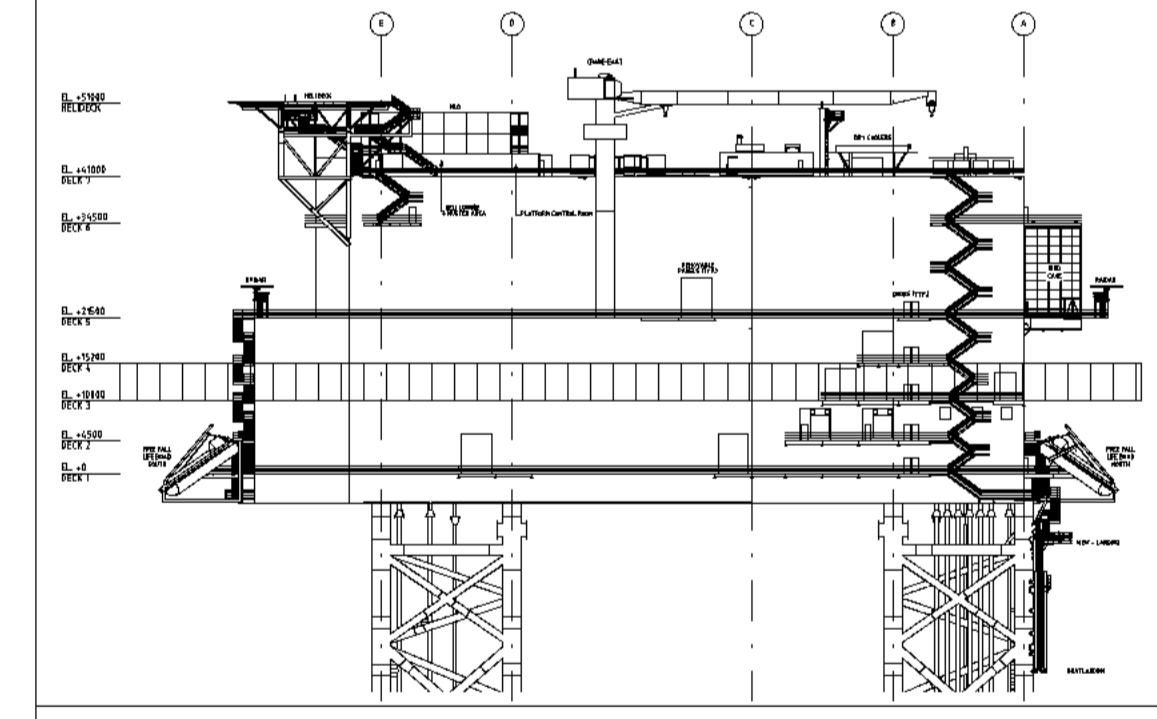
ROOM / AREA MATRIX

NUMBER	DESCRIPTION
101	EXPORT DC PULL-IN ROOM
102	IC DC PULL-IN ROOM
103	DC ROOM A
104	DC ROOM B
105	CONVERTER ROOM A-HV
106	CONVERTER ROOM B-HV
310	CONVERTER COOLING ROOM A
311	AUXILIARY CONTROL ROOM 1
312	CONTROL & PROTECTION ROOM A
313	OWF METERING ROOM 1
314	INERT GAS FIRE FIGHTING ROOM
315	OWF METERING ROOM 2
316	CONTROL & PROTECTION ROOM B
317	AUXILIARY CONTROL ROOM 2
318	CONVERTER COOLING ROOM B
319	66kV GIS ROOM 2
320	66kV GIS ROOM 1



LEGENDS

	GRATING		ESCAPE WAY
	PRIMARY ESCAPE ROUTE		SECONDARY ESCAPE ROUTE



REFERENCE DRAWINGS

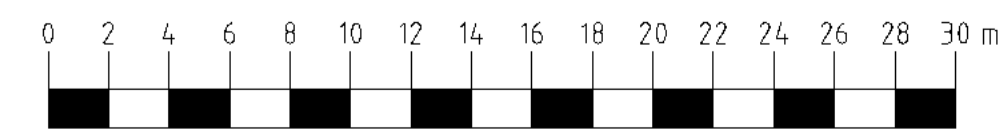
DRAWING NO	DRAWING TITLE

Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2021-06-16	LSC	FOR TENDER			

Reference	Item designation
	Contractors doc-id
	Employers doc-id
	DES.04.021-2GW
	Sheet 4 of 3
	Name of the project
	2GW

- NOTES**
- HELIDECK / FREE FALL LIFE BOAT LOCATION, JACK-UP LANDING AREA AND PLATFORM ORIENTATION DEPEND ON THE PROJECT SPECIFIC METEOCEAN DATA AND THE FIELD LAYOUT.
  - ARCHITECTURAL WALL MAY BE SHIFTED TO SUIT HV-EQUIPMENT SUPPLIERS ARRANGEMENT.
  - OUTDOOR AREAS ARE PLATED UNLESS INDICATED OTHERWISE.
  - ALL SECONDARY ESCAPE ROUTES (INCLUDING STAIRCASE'S) SHALL MEET THE REQUIREMENTS (E.G. WIDTH) OF PRIMARY ESCAPE ROUTES, AS DEPENDING ON THE OPERATIONAL MODE (E.G. ACCESS / EGRESS VIA WALK-TO-WORK VESSEL OR VIA JACK-UP) SOME OF THE SECONDARY ESCAPE ROUTES MAY BE (TEMPORARILY) USED AS PRIMARY ESCAPE ROUTES.

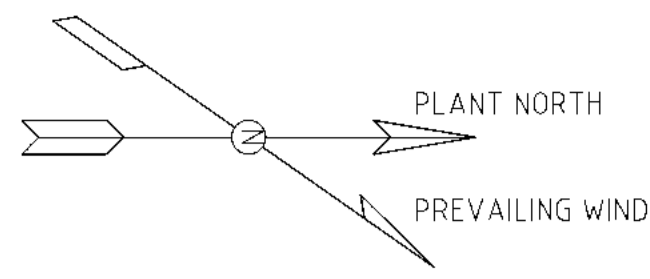
DECK 3 (EL. +10.000)



SCALE 1:250

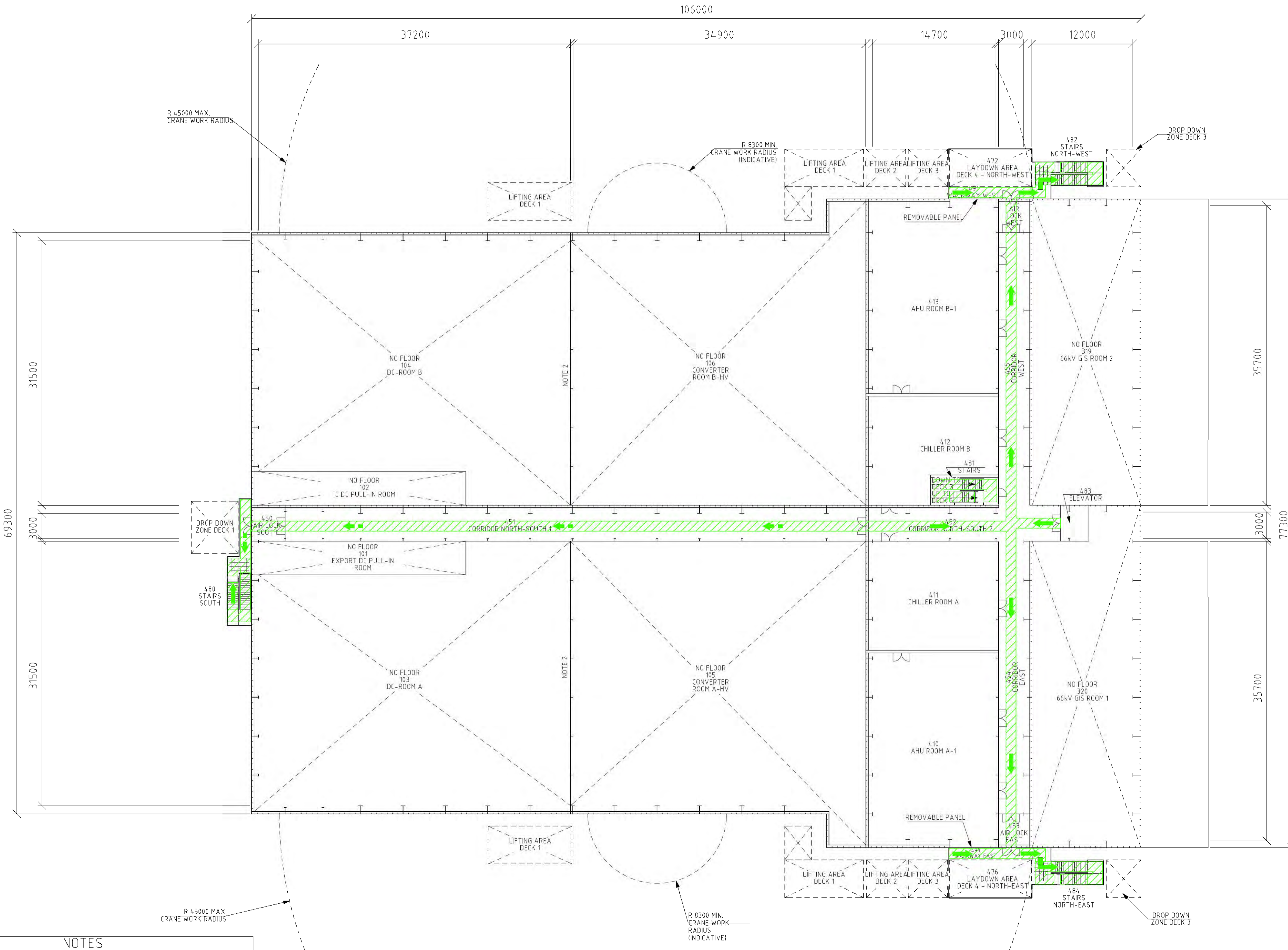


Scale 1:250  
Format A1  
Revision 1.0

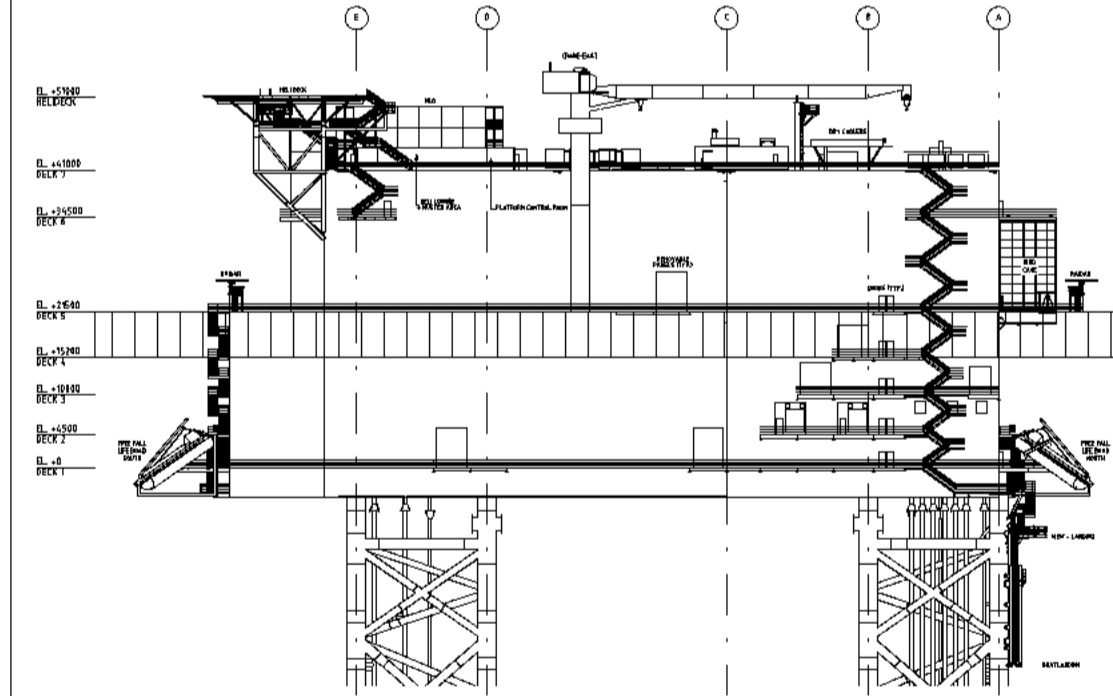


ROOM / AREA MATRIX

NUMBER	DESCRIPTION
101	EXPORT DC PULL-IN ROOM
102	IC DC PULL-IN ROOM
103	DC ROOM A
104	DC ROOM B
105	CONVERTER ROOM A-HV
106	CONVERTER ROOM B-HV
319	66 kV GIS ROOM 2
320	66 kV GIS ROOM 1
410	AHU ROOM A-1
411	CHILLER ROOM A
412	CHILLER ROOM B
413	AHU ROOM B-1



LEGENDS



REFERENCE DRAWINGS

DRAWING NO	DRAWING TITLE

Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2021-06-16	LSC	FOR TENDER			

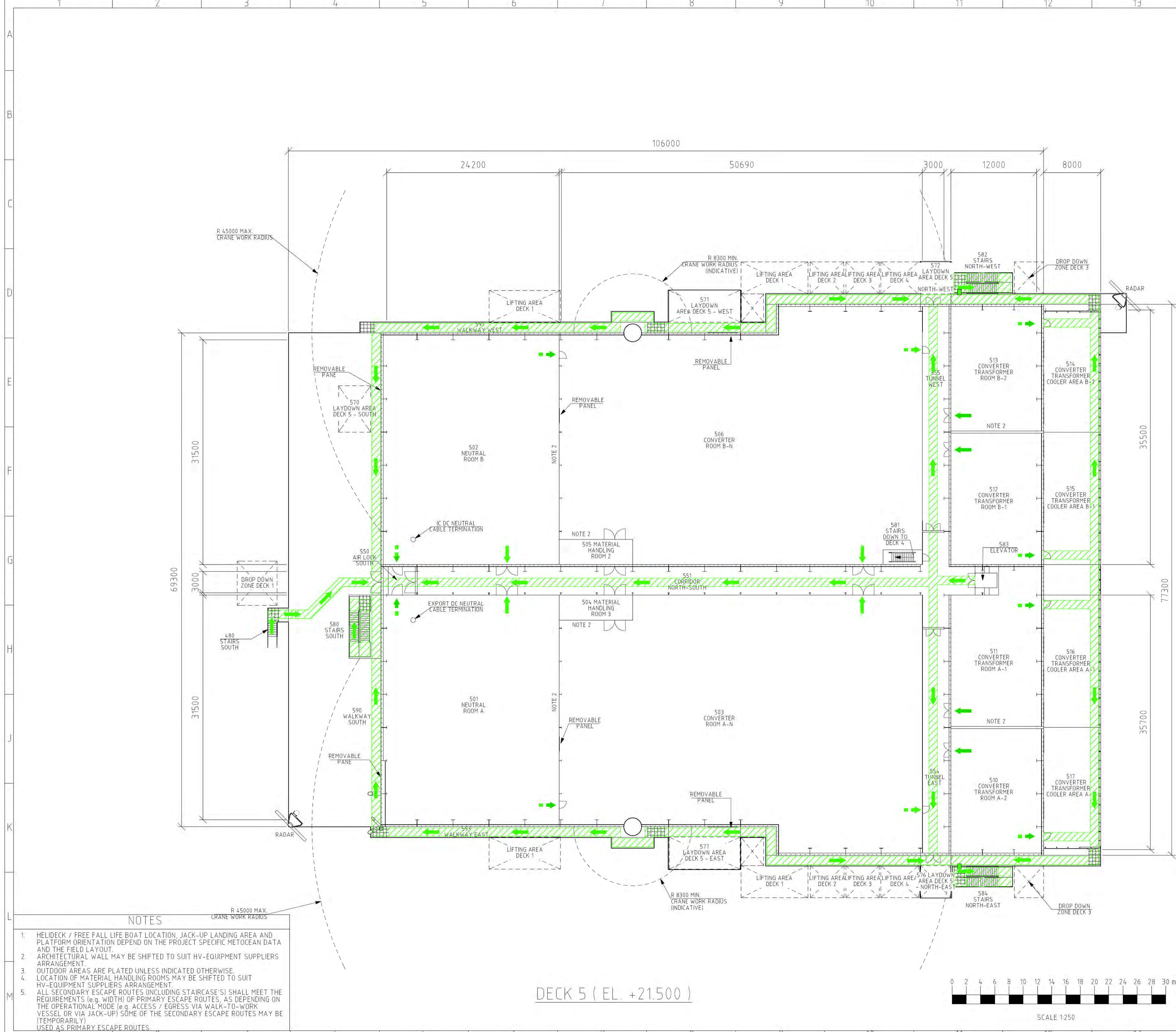
Reference	Item designation
	Contractors doc-id
	Employers doc-id
	DES.04.021-2GW
	Sheet
	5 OF 9
	Name of the project
	2GW

Company: **Tennet** Taking power further

Scale: 1:250  
Format: A1  
Revision: 1.0

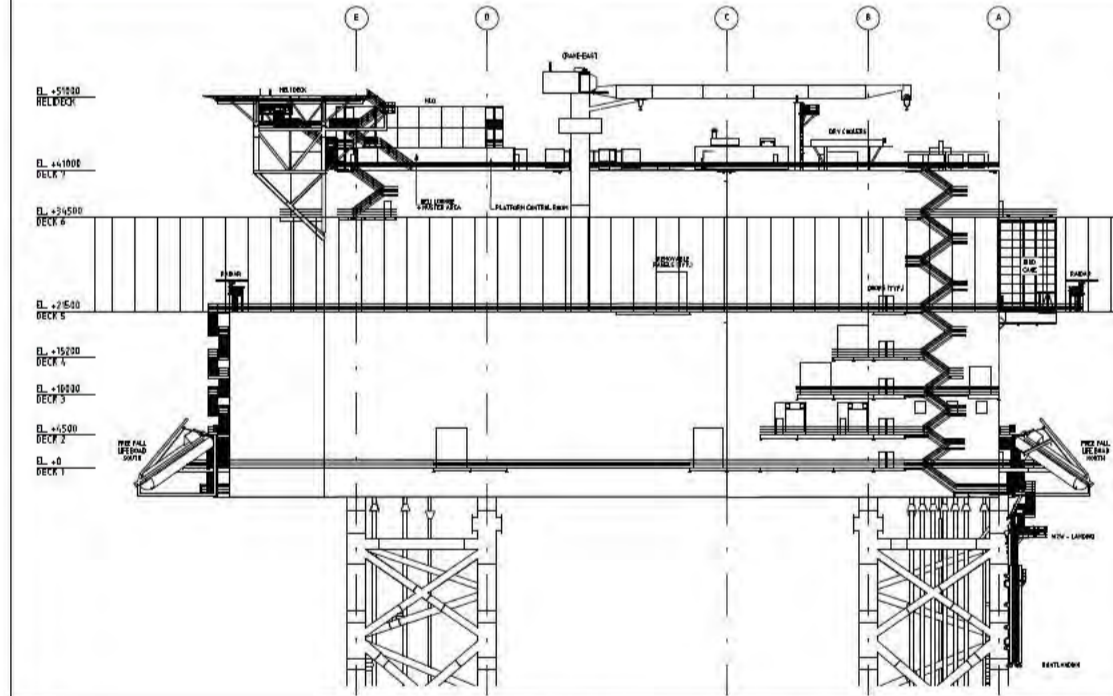
- NOTES**
- HELIDECK / FREE FALL LIFE BOAT LOCATION, JACK-UP LANDING AREA AND PLATFORM ORIENTATION DEPEND ON THE PROJECT SPECIFIC METEOCEAN DATA AND THE FIELD LAYOUT.
  - ARCHITECTURAL WALL MAY BE SHIFTED TO SUIT HV-EQUIPMENT SUPPLIERS ARRANGEMENT.
  - OUTDOOR AREAS ARE PLATED UNLESS INDICATED OTHERWISE.
  - ALL SECONDARY ESCAPE ROUTES INCLUDING STAIRCASE 'S' SHALL MEET THE REQUIREMENTS (e.g. WIDTH) OF PRIMARY ESCAPE ROUTES, AS DEPENDING ON THE OPERATIONAL MODE (e.g. ACCESS / EGRESS VIA WALK-TO-WORK VESSEL OR VIA JACK-UP) SOME OF THE SECONDARY ESCAPE ROUTES MAY BE (TEMPORARILY) USED AS PRIMARY ESCAPE ROUTES.

DECK 4 ( EL. +15.200 )



NUMBER	DESCRIPTION
501	NEUTRAL ROOM A
502	NEUTRAL ROOM B
503	CONVERTER ROOM A-N
504	MATERIAL HANDLING ROOM 3
505	MATERIAL HANDLING ROOM 2
506	CONVERTER ROOM B-N
510	CONVERTER TRANSFORMER ROOM A-2
511	CONVERTER TRANSFORMER ROOM A-1
512	CONVERTER TRANSFORMER ROOM B-1
513	CONVERTER TRANSFORMER ROOM B-2
514	CONVERTER TRANSFORMER COOLER AREA B-2
515	CONVERTER TRANSFORMER COOLER AREA B-1
516	CONVERTER TRANSFORMER COOLER AREA A-1
517	CONVERTER TRANSFORMER COOLER AREA A-2

LEGENDS



REFERENCE DRAWINGS

DRAWING NO	DRAWING TITLE

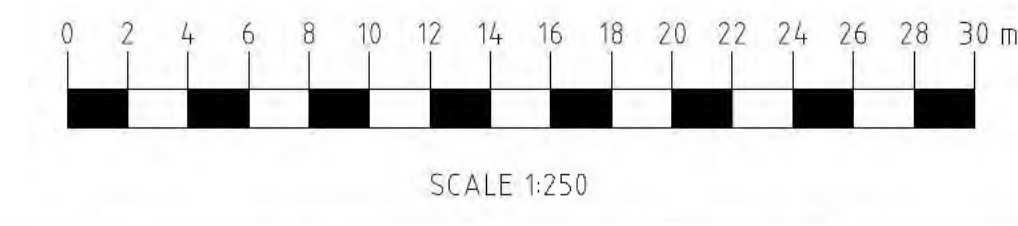
Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2021-06-16	LSC	FOR TENDER			

Reference	Item designation
	Contractors doc-id
	Employers doc-id
	Sheet
	Name of the project
	ZGW

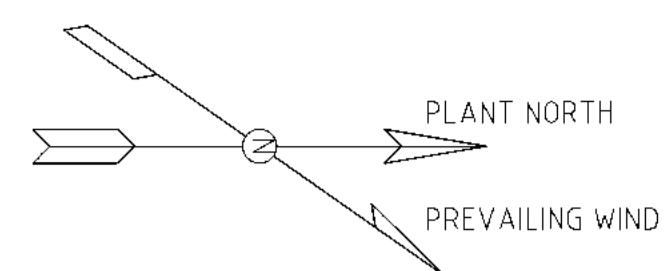
Scale 1:250  
 Format A1  
 Revision 1.0

- NOTES
- HELIDECK / FREE FALL LIFE BOAT LOCATION, JACK-UP LANDING AREA AND PLATFORM ORIENTATION DEPEND ON THE PROJECT SPECIFIC METEOCEAN DATA AND THE FIELD LAYOUT.
  - ARCHITECTURAL WALL MAY BE SHIFTED TO SUIT HV-EQUIPMENT SUPPLIERS ARRANGEMENT.
  - OUTDOOR AREAS ARE PLATED UNLESS INDICATED OTHERWISE.
  - LOCATION OF MATERIAL HANDLING ROOMS MAY BE SHIFTED TO SUIT HV-EQUIPMENT SUPPLIERS ARRANGEMENT.
  - ALL SECONDARY ESCAPE ROUTES INCLUDING STAIRCASE(S) SHALL MEET THE REQUIREMENTS (e.g. WIDTH) OF PRIMARY ESCAPE ROUTES. AS DEPENDING ON THE OPERATIONAL MODE (e.g. ACCESS / EGRESS VIA WALK-TO-WORK VESSEL OR VIA JACK-UP) SOME OF THE SECONDARY ESCAPE ROUTES MAY BE (TEMPORARILY) USED AS PRIMARY ESCAPE ROUTES.

DECK 5 ( EL. +21.500 )

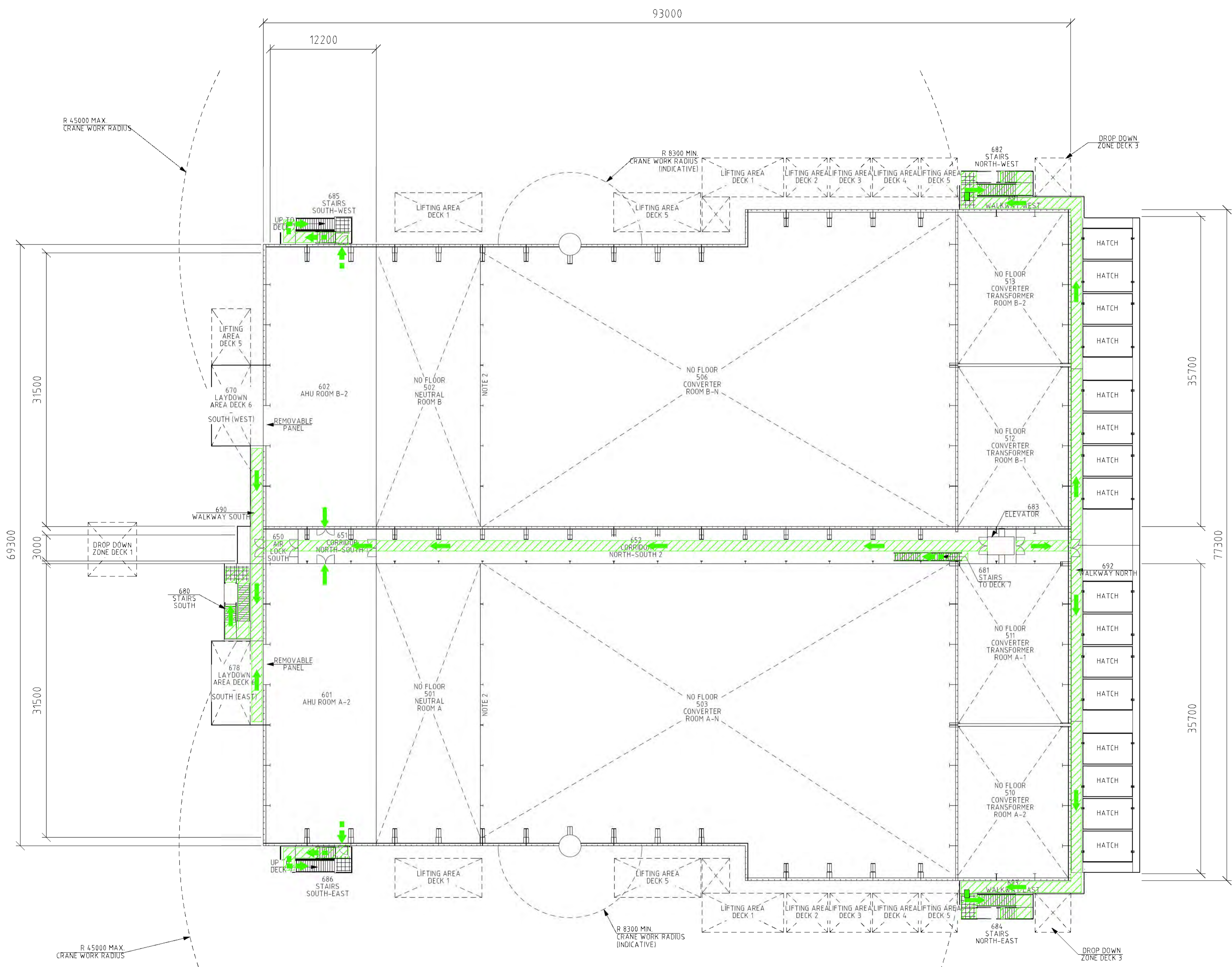






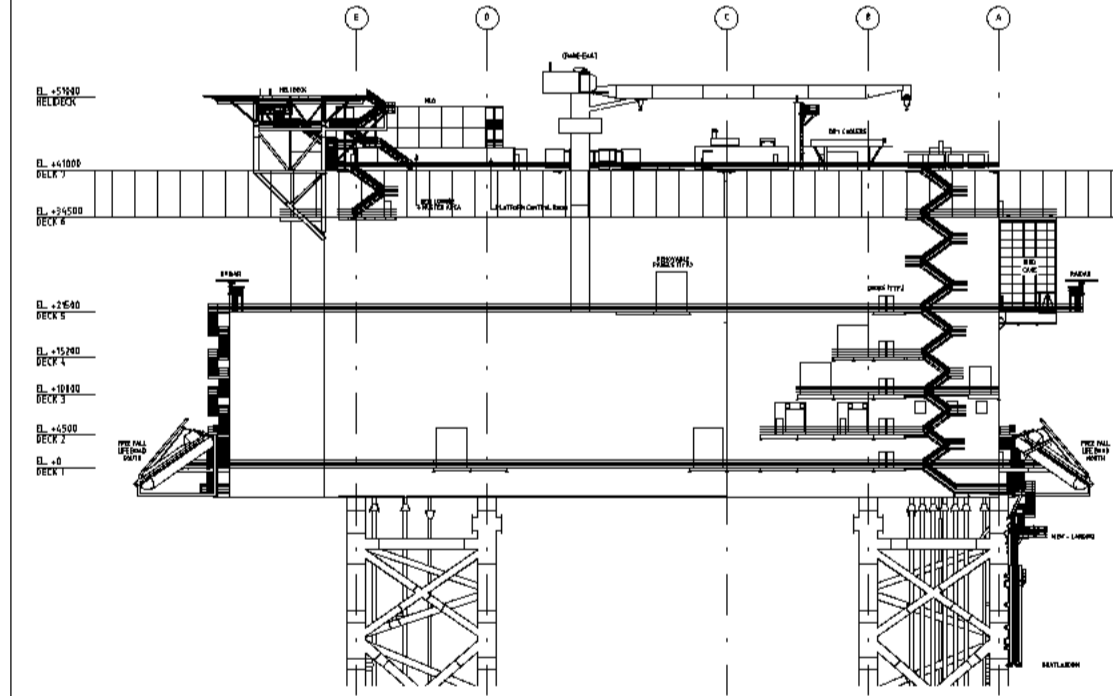
ROOM / AREA MATRIX

NUMBER	DESCRIPTION
501	NEUTRAL ROOM A
502	NEUTRAL ROOM B
503	CONVERTER ROOM A-N
505	CONVERTER ROOM B-N
510	CONVERTER TRANSFORMER ROOM A-2
511	CONVERTER TRANSFORMER ROOM A-1
512	CONVERTER TRANSFORMER ROOM B-1
513	CONVERTER TRANSFORMER ROOM B-2
601	AHU ROOM A-2
602	AHU ROOM B-2



LEGENDS

- GRATING
- ESCAPE WAY
- PRIMARY ESCAPE ROUTE
- SECONDARY ESCAPE ROUTE



REFERENCE DRAWINGS

DRAWING NO	DRAWING TITLE

Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2021-06-16	LSC	FOR TENDER			

Company: **tennet** Taking power further

Document Title: Escape Plans

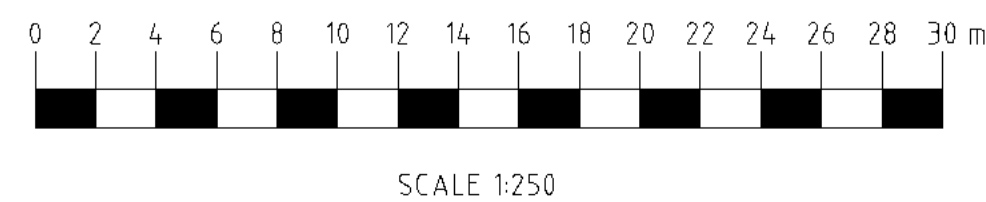
Scale: 1:250

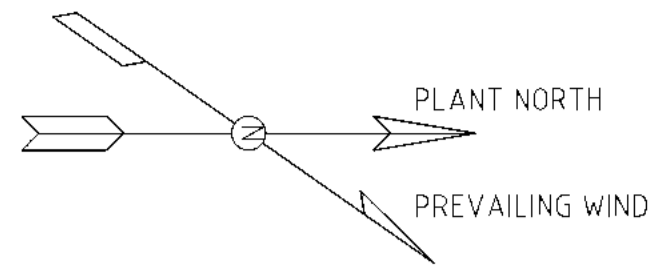
Format: A1

Revision: 1.0

- NOTES**
- HELIDECK / FREE FALL LIFE BOAT LOCATION, JACK-UP LANDING AREA AND PLATFORM ORIENTATION DEPEND ON THE PROJECT SPECIFIC METEOCEAN DATA AND THE FIELD LAYOUT.
  - ARCHITECTURAL WALL MAY BE SHIFTED TO SUIT HV-EQUIPMENT SUPPLIERS ARRANGEMENT.
  - OUTDOOR AREAS ARE PLATED UNLESS INDICATED OTHERWISE.
  - ALL SECONDARY ESCAPE ROUTES INCLUDING STAIRCASE 'S' SHALL MEET THE REQUIREMENTS (e.g. WIDTH) OF PRIMARY ESCAPE ROUTES, AS DEPENDING ON THE OPERATIONAL MODE (e.g. ACCESS / EGRESS VIA WALK-TO-WORK VESSEL OR VIA JACK-UP) SOME OF THE SECONDARY ESCAPE ROUTES MAY BE (TEMPORARILY) USED AS PRIMARY ESCAPE ROUTES.

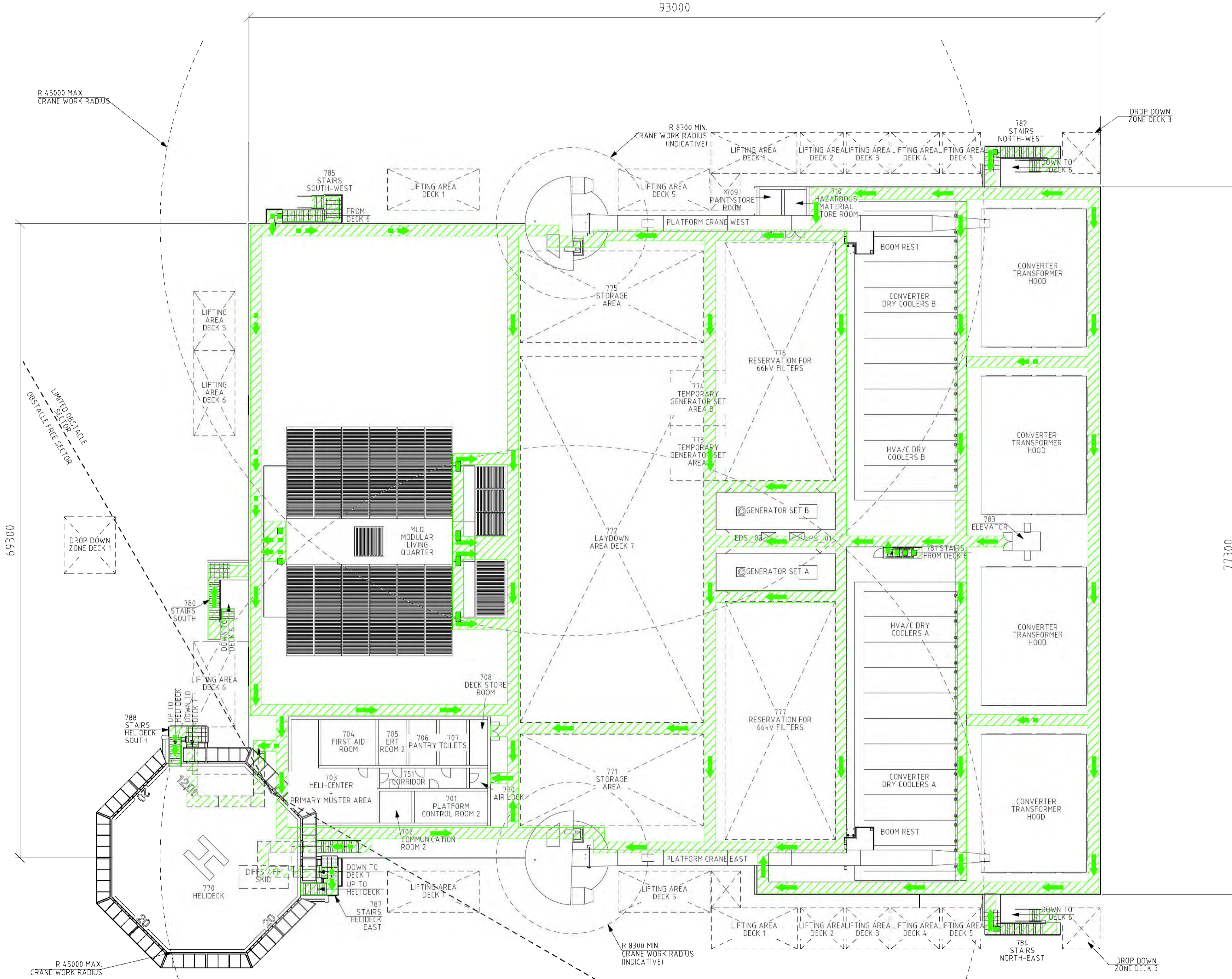
DECK 6 ( EL. +34.500 )





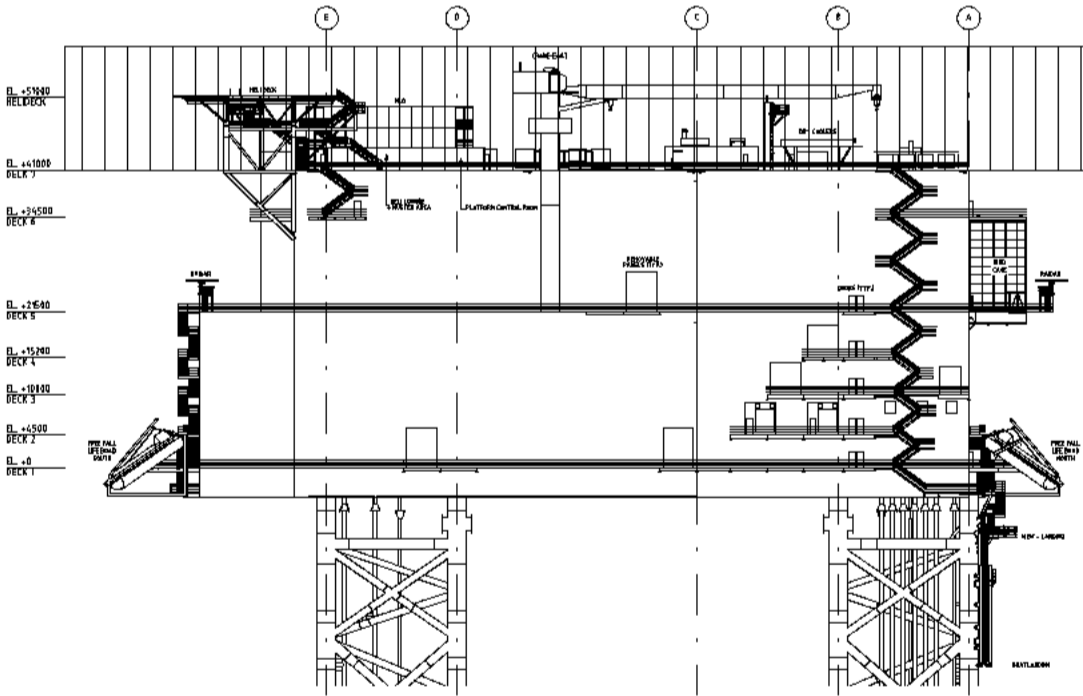
### ROOM / AREA MATRIX

NUMBER	DESCRIPTION
701	PLATFORM CONTROL ROOM 2
702	COMMUNICATION ROOM 2
703	HELL-CENTER + PRIMARY MUSTER AREA
704	FIRST AID ROOM
705	ERT ROOM 2
706	PANTRY
707	TOILETS
708	DECK STORE ROOM
709	PAINT STORE ROOM
710	HAZARDOUS MATERIAL STORE ROOM
711	HELIDECK
712	LAYDOWN AREA DECK 7
713	TEMPORARY GENERATOR SET AREA A
714	AREA B
715	STORAGE AREA
716	RESERVATION FOR 66kV FILTERS
717	RESERVATION FOR 66kV FILTERS
MLQ	MODULAR LIVING QUARTER



### LEGENDS

- GRATING
- ESCAPE WAY
- PRIMARY ESCAPE ROUTE
- SECONDARY ESCAPE ROUTE



### REFERENCE DRAWINGS

DRAWING NO	DRAWING TITLE

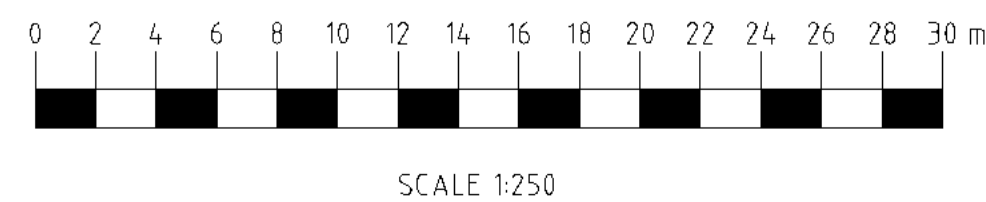
Rev.	Rev. Date	By	Purpose of issue	Comment / change log	Checked by	Approved by
1.0	2021-06-16	LSC	FOR TENDER			

Reference	Item designation
	Contractors doc-id
	Employers doc-id
	DES.04.021-2GW
	Sheet
	8 OF 9
	Name of the project
	2GW

- ### NOTES
- HELIDECK / FREE FALL LIFE BOAT LOCATION, JACK-UP LANDING AREA AND PLATFORM ORIENTATION DEPEND ON THE PROJECT SPECIFIC METEOCEAN DATA AND THE FIELD LAYOUT.
  - OUTDOOR AREAS ARE PLATED UNLESS INDICATED OTHERWISE.
  - ALL SECONDARY ESCAPE ROUTES (INCLUDING STAIRCASE'S) SHALL MEET THE REQUIREMENTS (E.G. WIDTH) OF PRIMARY ESCAPE ROUTES, AS DEPENDING ON THE OPERATIONAL MODE (E.G. ACCESS / EGRESS VIA WALK-TO-WORK VESSEL OR VIA JACK-UP) SOME OF THE SECONDARY ESCAPE ROUTES MAY BE (TEMPORARILY) USED AS PRIMARY ESCAPE ROUTES.

DECK 7 ( EL. +41.000 )





# Net op Zee – Nederwiek 1

## **Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat**

Bijlage 11a: Archeologisch bureauonderzoek op zee en Veerse Meer

## Net op zee Nederwiek 1

Archeologisch bureauonderzoek



Periplus Archeomare rapport 22A027-01

**Auteurs:**



In opdracht van:



Document Controle	
Revisie	3.0 (Definitief)
Datum	21-05-2023
Periplus Archeomare referentie	22A027-01
Klant (project) referentie	Nederwiek 1

---

## Colofon

Periplus Archeomare Rapport 22A027-01

Bureauonderzoek Net op zee Nederwiek 1

Auteurs: [REDACTED]

In opdracht van: Arcadis Nederland B.V.

Contactpersoon: [REDACTED]

© Periplus Archeomare - mei 2023.

Afbeeldingen en tekeningen: Periplus Archeomare, tenzij anders vermeld

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgevers. Periplus Archeomare aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit de toepassing van de adviezen of het gebruik van de resultaten van dit onderzoek.

ISSN 2352-9547

Revisie details

Rev	Omschrijving	Auteurs	Controle	Autorisatie	Datum
3.0	Definitief (commentaar RCE verwerkt)	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	21-05-2023
2.0	Definitief (commentaren BG en OG verwerkt)	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	15-03-2023
1.0	Concept	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	23-12-2022

[REDACTED]

Autorisatie:

[REDACTED]



**Periplus Archeomare BV**

Kraanspoor 14

1033 SE – Amsterdam

Tel: 020-6367891

Email: [info@periplus.nl](mailto:info@periplus.nl)

Website: [www.periplus.nl](http://www.periplus.nl)

---

## Inhoudsopgave

<b>Samenvatting .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Inleiding .....</b>	<b>6</b>
1.1. Algemeen .....	6
1.2. Voorgenomen activiteiten .....	7
1.3. Mogelijkheden voor het ontwijken van potentiële archeologische waarden .....	10
1.4. Aanleiding .....	11
1.5. Doelstelling .....	11
1.6. Onderzoeksvragen .....	11
1.7. Onderzoekskader .....	12
1.8. Kwaliteitsborging .....	13
1.9. Bronnen .....	13
<b>2. Resultaten archeologisch bureauonderzoek .....</b>	<b>14</b>
2.1. Afbakening plangebied en vaststellen van de consequenties van het mogelijk toekomstige gebruik (LS01) .....	14
2.2. Beschrijving van de huidige situatie (LS02) .....	17
2.3. Historische situatie en mogelijke verstoringen (LS03) .....	24
2.4. Geologische gegevens (LS04) .....	29
2.5. Archeologische waarden (LS04) .....	43
2.6. Gespecificeerde verwachting (LS05) .....	58
<b>3. Beantwoording onderzoeksvragen .....</b>	<b>61</b>
<b>4. Conclusies en advies .....</b>	<b>64</b>
<b>Lijst met afbeeldingen .....</b>	<b>66</b>
<b>Lijst met tabellen .....</b>	<b>67</b>
<b>Verklarende woordenlijst en toelichting afkortingen .....</b>	<b>68</b>
<b>Referenties .....</b>	<b>70</b>
<b>Bijlage 1. Archeologische en geologische tijdschaal .....</b>	<b>73</b>
<b>Bijlage 2. Protocol KNA 4.1 Waterbodems .....</b>	<b>74</b>
<b>Bijlage 3. Overzicht van bekende scheepswrakken in het onderzoeksgebied .....</b>	<b>75</b>

Periode	Tijd in jaren				
Nieuwe tijd Laat	1850	na Chr.	-	heden	
Nieuwe tijd Midden	1650	na Chr.	-	1850	na Chr.
Nieuwe tijd Vroeg	1500	na Chr.	-	1650	na Chr.
Late-Middeleeuwen	1050	na Chr.	-	1500	na Chr.
Vroege-Middeleeuwen	450	na Chr.	-	1050	na Chr.
Romeinse tijd	12	voor Chr.	-	450	na Chr.
IJzertijd	800	voor Chr.	-	12	voor Chr.
Bronstijd	2000	voor Chr.	-	800	voor Chr.
Neolithicum (Nieuwe Steentijd)	5300	voor Chr.	-	2000	voor Chr.
Mesolithicum (Midden Steentijd)	8800	voor Chr.	-	4900	voor Chr.
Paleolithicum (Oude Steentijd)	300.000	voor Chr.	-	8800	voor Chr.

Tabel 1. Archeologische perioden

<i>Provincies:</i>	Zeeland			
<i>Gemeenten:</i>	Noord-Beveland, Veere en Middelburg			
<i>Plaats:</i>	Noordzee en Veerse Meer			
<i>Toponiem:</i>	Nederwiek 1			
<i>Kadastrale gegevens:</i>	n.v.t.			
<i>Kaartbladen:</i>	1801-1, 42W en 48W			
<i>Coördinaten onderzoeksgebied (ETRS89 UTM31N)</i>	Centrum:	E 534467 N 5795195		
	West	E 512662	Noord	N 5885109
	Oost	E 551997	Zuid	N 5705693
<i>Route versie</i>	RPL7 rev. 1			
<i>Oppervlakte onderzoeksgebied</i>	Onderzoeksgebied: 829 km <sup>2</sup>			
<i>Lengte tracé</i>	205 km			
<i>Huidig watergebruik</i>	Beroepsvaart, visserij, zandwinning, recreatie			
<i>Waterstaatkundige gegevens</i>	Noordzee: open zee, zout water, getijdenstroming Veerse Meer: brakwatercondities			
<i>Beheerder gebied:</i>	Rijkswaterstaat Zee en Delta			
<i>Bevoegd gezag:</i>	Rijkswaterstaat Zee en Delta; gemeente Noord-Beveland, Veere en Middelburg			
<i>Contactpersoon namens bevoegd gezag:</i>	[REDACTED]			
<i>Adviesorgaan namens bevoegd gezag:</i>	Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed;			
<i>Deskundige namens het bevoegd gezag:</i>	[REDACTED]			
<i>ARCHIS zaaknummer:</i>	5283511100			
<i>Periplus-projectcode:</i>	22A027-01			
<i>Periode van uitvoering:</i>	December 2022			
<i>Beheer en plaats documentatie:</i>	Periplus Archeomare BV, Amsterdam			

Tabel 2. Administratieve gegevens van het onderzoeksgebied



## Samenvatting

Periplus Archeomare B.V. heeft in opdracht van Arcadis Nederland B.V. voor haar opdrachtgever TenneT TSO B.V. een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd voor het Net op zee Nederwiek 1.

Het bureauonderzoek wijst uit dat binnen het onderzoeksgebied van het Nederwiek 1 tracé scheeps- en vliegtuigwrakken en, indien het *pleistocene* landschap intact is, *in situ* prehistorische resten verwacht kunnen worden.

Binnen het onderzochte gebied zijn resten van 43 scheepswrakken bekend. Op vier locaties bevinden zich resten van schepen en een betonnen caisson, die na 1950 zijn vergaan. Deze recente wrakken zijn niet van archeologische waarde, al vertegenwoordigt het caisson wel een zekere herinneringswaarde, omdat het caisson met andere caissons bestemd was voor het dichten van gaten die door de watersnoodramp van 1953 in de dijken waren geslagen.

De archeologische waarde van de overige wrakken is nog niet vastgesteld, maar het kan om waardevolle wrakken gaan. Naast scheepswrakken zijn dicht voor de kust vindplaatsen bekend waar resten uit de Prehistorie, Romeinse tijd en Nieuwe Tijd zijn aangetroffen. De omvang van deze vindplaatsen, alsmede de context en waarde van deze resten is ook nog niet vastgesteld.

Op basis van de uitkomst van het onderzoek wordt geadviseerd om een inventariserend veldonderzoek (opwaterfase) uit te voeren om de archeologische verwachting voor de corridor van het tracé te toetsen<sup>1</sup>.

Voorafgaand aan het leggen van kabels op zee wordt standaard een geofysische en geotechnische *pre-lay route survey* uitgevoerd, gevolgd door een gedetailleerde survey voor de definitieve kabelroute. De data van deze *surveys* kunnen worden gebruikt voor de toets.

Wanneer de onderzoeksmethoden, als in de tabel beschreven, worden toegepast tijdens de *surveys* en de ingewonnen data van voldoende kwaliteit is, dan kan de benodigde archeologische beoordeling van de kabelroute(s) worden uitgevoerd.

Geadviseerd wordt de *technische Scope of Work* af te stemmen met het archeologisch team alvorens met de survey werkzaamheden te beginnen. De eisen die voor het archeologische onderzoek aan de geofysische opnamen worden gesteld dienen te worden vastgelegd in een Programma van Eisen (PvE), en dit dient, samen met de onderzoeksvragen voorafgaand aan het onderzoek te zijn ondertekend door bevoegd gezag<sup>2</sup>.

Een deel van het onderzoeksgebied is al door middel van de geofysische survey voor de Alpha, Beta en Gamma routes naar windpark IJmuiden Ver in kaart gebracht. De resultaten van deze survey kunnen gebruikt worden om de archeologische verwachting voor het Nederwiek 1 tracé te toetsen.

<sup>1</sup> conform KNA waterbodems protocol 4103.

<sup>2</sup> conform KNA waterbodems protocol 4001.

# 1. Inleiding

## 1.1. Algemeen

Periplus Archeomare B.V. heeft in opdracht van Arcadis Nederland B.V. voor haar opdrachtgever TenneT TSO B.V. een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd voor het Net op zee Nederwiek 1. Het doel van de netaansluiting is het tijdig realiseren van een gelijkstroomaansluiting uit het windenergiegebied Nederwiek op het landelijke 380kV-hoogspanningsnet.

In het onderhavige bureauonderzoek wordt het archeologisch potentieel van het tracé, en de mogelijke effecten van de aanleg van de kabel op dit archeologisch potentieel, nader onderzocht. Dit onderzoek richt zich enkel op de waterbodem naar de aanlandingspunten. De bodem van de aangrenzende gebieden op land maakt geen deel uit van dit onderzoek.



Afbeelding 1. Ligging van het onderzoeksgebied

## 1.2. Voorgenomen activiteiten<sup>3</sup>

TenneT is initiatiefnemer voor het aanleggen en beheren van het Net op zee Nederwiek 1. Er wordt gebruik gemaakt van een platform op zee waarop 2 GW windenergiecapaciteit kan worden aangesloten.

Het Net op zee Nederwiek 1 bestaat uit de volgende hoofdonderdelen:

- Een platform op zee voor de aansluiting van de windturbines en het omzetten van de wisselstroom (afkomstig van de windturbines) naar 525kV-gelijkstroom;
- Een ondergronds kabelsysteem op zee voor transport van 525kV-gelijkstroom.
- Een ondergronds kabelsysteem op het Veerse Meer voor transport van 525kV-gelijkstroom.

De windturbines zelf en de parkbekabeling van de windturbines naar het platform op zee van TenneT maken geen onderdeel uit van het Net op zee Nederwiek 1. De kabels en het converterstation op land maken geen deel uit van dit bureauonderzoek.

Vanaf het platform Nederwiek 1 loopt het kabeltracé in de zeebodem naar de kust<sup>4</sup>. Als het tracé niet parallel ligt aan andere kabels, dan zal aan weerszijden van de hartlijn een onderhoudszone van 500 meter worden aangehouden. De corridorbreedte bedraagt 1000 meter (zie afbeelding 2).



Afbeelding 2. Breedte kabeltracé op zee gebundelde ligging – buiten Voordelta (bron: TenneT)

Onderstaande tabel geeft de parallele afstanden aan tussen de verschillende Net op zee projecten.

	IJmuiden Ver			Nederwiek	
Projecten	Alpha	Beta	Gamma	Nederwiek 1	Nederwiek 2
Nederwiek 1	167km	81km	81km	nvt	148km

Tabel 3. Parallele afstanden tussen de verschillende Net op zee projecten.

<sup>3</sup> Deels overgenomen uit: Uitgangspunten Net op Zee Nederwiek 1 – Ten behoeve van m.e.r. en vergunningaanvragen. TenneT TSO B.V.

<sup>4</sup> Gedurende de m.e.r. voor IJmuiden Ver Alpa, Beta en Gamma is duidelijk geworden dat een gebundelde aanleg van de kabels zeer realistisch en haalbaar blijkt te zijn. Een ongebundelde kabelconfiguratie zorgt voor een groter ruimtebeslag doordat twee aparte kabelbundels naast elkaar liggen. Dit is de reden dat in het m.e.r. Nederwiek als technisch uitgangspunt een gebundelde aanleg gehanteerd gaat worden.

Het tracé van Nederwiek 1 en Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma en Nederwiek 2 lopen gedeeltelijk parallel. Binnen de parallelle sectie van de tracés komen de twee kabel maximaal op 200 meter van elkaar te liggen. De corridorbreedte varieert afhankelijk van de parallelligging met andere verbindingen. Waar de vijf net op zeeverbindingen parallel liggen is de standaard corridorbreedte 1.800 meter (afbeelding 3).

De benodigde breedte voor de parallelle tracés van de kabels is opgebouwd uit:

- Een onderlinge afstand tussen de kabels van 200 meter;
- Een onderhoudszone aan weerszijden van de kabelsystemen van 500 meter.

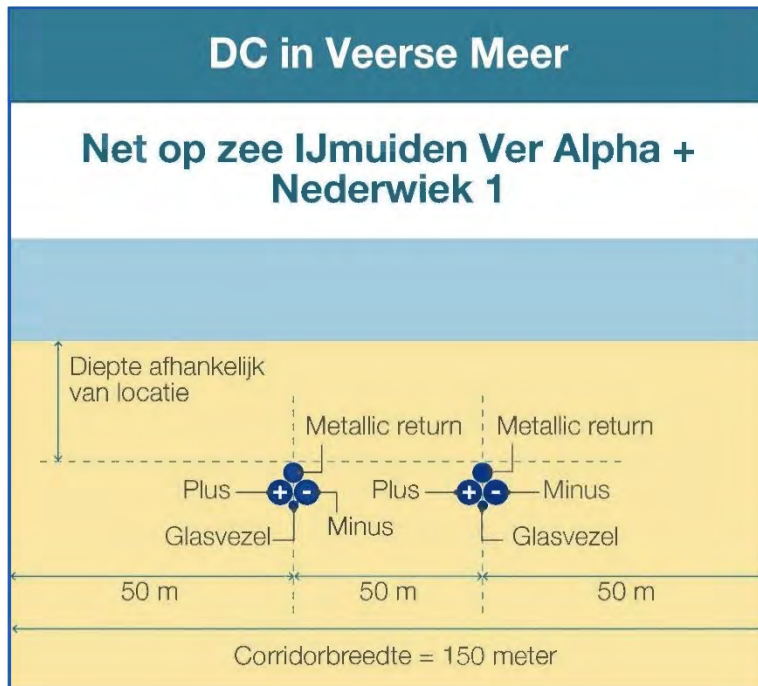


Afbeelding 3. Breedte kabeltracé op zee gebundelde ligging – buiten Voordelta (bron: TenneT)

In de Voordelta is een bredere onderhoudszone van 750 meter aan weerszijden van de hartlijn gedefinieerd. Bij de entree van de Voordelta verbreedt de corridor van 1000 meter naar 1500 meter. Een bredere corridor voor de nearshore passage is noodzakelijk om tijdens de aanlegfase zeker te weten dat de kabel op het diepste punt van de stroomgeulen aangelegd kan worden<sup>5</sup>. Dit vanwege de morfologie en ligging van de stroomgeulen. Van deze situatie is geen afbeelding beschikbaar.

Het Veerse Meer kent een andere dynamiek dan de Noordzee en het meer wordt aan weerszijden begrensd door land. De brede kabelcorridors die in een gebundelde variant op zee worden gehanteerd zijn niet toepasbaar in het Veerse Meer. In het Veerse Meer wordt daarom een smallere onderhoudszone aangehouden dan op zee. Vanuit onderhouds- en veiligheidsperspectief wordt daarom vanuit TenneT een kabelcorridor van 100m op het Veerse Meer voorgesteld (2x50m aan weerszijden van de kabel). Waarbij IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1 op 50m van elkaar liggen.

<sup>5</sup> Bron: TenneT.



Afbeelding 4. Breedte kabeltracé Veerse Meer (bron: TenneT)

### 1.3. Mogelijkheden voor het ontwijken van potentiële archeologische waarden<sup>6</sup>

De kabel van Nederwiek 1 zal worden geïnstalleerd binnen de grenzen van de eerder gesurveyde corridors. Deze corridors worden in het inpassingsplan (tot 1 km buiten de kust) en in de vergunningen opgenomen. De ervaring, opgedaan in de voorgaande Net op zee projecten Borsselle en Hollandse Kust (zuid), is dat het vermijden van obstakels binnen de corridor in de meeste gevallen leidt tot kleinere effecten en lagere kosten over de levensduur van een kabel dan het onderzoeken en opruimen van die obstakels.

In veel gevallen, zoals bij het aantreffen van potentiële niet gesprongen explosieven en bij het aantreffen van groot schroot als ankers, platen, balken, buizen etc. kan worden volstaan met lokale verlegging van de route van enkele meters naar links of naar rechts. Voor wrakken en voor (andere) objecten met potentieel archeologische waarde volstaat het niet om de route maar enkele meters te verleggen. De redenen hiervoor zijn:

1. In de nabijheid van bekende objecten met archeologische waarde kunnen andere objecten liggen die nog niet in beeld zijn ten tijde van het bureauonderzoek. Rond een wrak van archeologische waarde kunnen onderdelen van het wrak liggen, die nog niet in beeld zijn voordat er een gedetailleerd routeonderzoek is uitgevoerd. Om die objecten ook te vermijden, wordt voor wrakken en andere objecten van potentieel archeologische waarde een afstand aangehouden van 100 meter tot de omtrek van het bekende object. De praktijk heeft uitgewezen dat daarmee ook omliggende objecten, die nog niet in beeld zijn, effectief vermeden kunnen worden.
2. Een tweede reden waarom wrakken en (andere) objecten met potentieel archeologische waarde worden vermeden is een praktische. Dergelijke objecten kunnen boven het zeebed uitsteken, denk bijvoorbeeld aan omhoogstekende delen van masten, een boeg van een schip, een deel van een muur etc. Een *umbilical* van een onderwaterrobot (de streng van kabels en leidingen die de robot met het moederschip verbindt en waardoor de robot energie krijgt en bediend wordt) kan achter dergelijke obstakels blijven hangen. Dat kan tot ernstige hinder voor de installatie van de kabels leiden. Ook daarom worden wrakken en andere grotere obstakels met 100 meter afstand tot de omtrek van het object vermeden.

De mogelijkheden om binnen de gegeven corridor een route voor een kabel te vinden die vrij is van grote obstakels, hangt samen met de dichtheid van de hoeveelheid grote obstakels en met de nabijheid van andere kenmerken van het gebied zoals onderwaterinfrastructuur (zoals kabels en leidingen) en gesloten gebieden waar de kabels niet door heen gelegd kunnen worden (zoals ankergebieden).

De ervaring heeft geleerd dat wrakken regelmatig op een net iets andere plek aangetroffen worden dan op de opgegeven locaties uit bestaande databronnen en dat er in gebieden waar al veel obstakels bekend zijn, in de regel ook onbekende obstakels aangetroffen worden. Waar al veel wrakken liggen, worden regelmatig nog onbekende wrakken aangetroffen. Pas na het uitvoeren van een gedetailleerde route survey zal duidelijk worden wat de mogelijkheden zijn om een route binnen de corridor te vinden die vrij is van grote obstakels. Als een dergelijke vrije route niet te vinden is, dan resteren twee mogelijkheden binnen de gegeven corridor:

1. De eerste mogelijkheid is om grote obstakels en wrakken te verplaatsen of op te ruimen. Op de Westerschelde zijn in het verleden meerdere obstakels en wrakken opgeruimd.

---

<sup>6</sup> Tekst aangeleverd door Arcadis / TenneT.

2. De tweede mogelijkheid is om de kabels veel dichterbij elkaar te installeren dan vanuit het oogpunt van beheer en onderhoud praktisch is. Deze mogelijkheid biedt soms een uitweg, maar heeft wel gevolgen voor het beheer en onderhoud. Wanneer in een dergelijk deel van de route bijvoorbeeld schade aan een van de kabelbundels ontstaat, dan zullen daar mogelijk beide kabelbundels moeten worden vervangen. Het gevolg is dat gedurende de periode van de reparatie (tussen de 30 en 60 dagen) beide kabelbundels buiten gebruik zijn.

#### 1.4. Aanleiding

In de Erfgoedwet (2016), voortgekomen uit het verdrag van Malta (1992), is de bescherming van het archeologische erfgoed geregeld. Door geplande werkzaamheden (het plaatsen van platforms en de aanleg van de kabels in de zeebodem) kunnen eventuele archeologische waarden worden aangetast. Als het bodemarchief door geplande bodemingrepen wordt bedreigd, geldt de wettelijke verplichting om archeologisch onderzoek te verrichten. Dit gegeven vormde de directe aanleiding voor het verrichten van het onderhavige onderzoek.

#### 1.5. Doelstelling

Het doel van het bureauonderzoek is het specificeren van de archeologische verwachting voor het plangebied van het tracé op zee en het Veerse Meer.

Het onderzoek is uitgevoerd conform de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie Waterbodems (KNA 4.1). Een stroomdiagram met de opeenvolgende fasen binnen het archeologische proces is als bijlage 2 bij dit rapport opgenomen.

#### 1.6. Onderzoeksvragen

Voor het archeologisch bureauonderzoek waterbodems zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

- *Zijn er archeologische waarden in het plangebied bekend? Zo ja: Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van deze vindplaatsen?*
- *Kunnen in het plangebied, naast eventuele bekende waarden, archeologische resten verwacht worden? Zo ja: Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van de verwachte archeologische resten?*
- *Vormt de aanleg van kabels een bedreiging voor bekende of verwachte archeologische waarden? Zo ja: Kan een aantasting van archeologische waarden door planaanpassing worden voorkomen of beperkt?*

Indien de archeologische waarden niet kunnen worden behouden:

- *Welke vorm van nader onderzoek is nodig om de aanwezigheid van archeologische waarden en hun omvang, ligging, aard en datering voldoende te kunnen bepalen om te komen tot een selectiebesluit?*

Het bureauonderzoek is uitgevoerd door R. van Lil (Senior Prospector Specialisme Waterbodems), S. van den Brenk (Senior KNA archeoloog Specialisme Waterbodems) en R.W. Cassée (KNA archeoloog MA Specialisme Waterbodems)

## 1.7. Onderzoekskader

De stand van kennis van de ontwikkeling van het landschap in het Noordzeegebied gedurende het Pleistoceen en het Vroeg Holoceen is beperkt. Dit geldt ook voor onze kennis van de vegetatieontwikkeling en het gebruik van het landschap door mens en dier. Deze kloof in geo-archeologische kennis is herkend en erkend door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Om deze kennisleemte op te vullen is het *'North Sea Prehistory Research and Management Framework (NSPRMF)'* gepubliceerd, waarin de basis is gelegd voor toekomstig onderzoek en beheer van het prehistorische erfgoed. De thema's en onderwerpen van de NSPRMF staan vermeld in tabel 4.

Theme	Topics
A. Stratigraphic and chronological frameworks	A.1: Lithostratigraphic classification and chronological anchoring A.2: Sea level change and glacio-isostasy A.3: Survival of deposits of archaeological significance A.4: Biostratigraphies and absolute dating
B. Palaeogeography and environment	B.1: Middle/Late Pleistocene reshaping of topography and river drainage B.2: Development of the Weichselian/Devensian landscape B.3: Palaeogeographic evolution after the Last Glacial Maximum (LGM) B.4: Quaternary palaeoecology
C. Global perspectives on intercontinental hominin dispersals	C.1: North Sea coastal dynamics and human uses of the coastal zone C.2: Pleistocene North Sea level oscillations and population of islands
D. Pleistocene hominin colonisations of northern Europe	D.1: Early human exploitation strategies in changing environments D.2: Natural barriers for hominin expansion
E. Reoccupation of northern Europe after the Last Glacial Maximum (LGM)	E.1: Post-LGM occupation flux E.2: Occupation strategies
F. Post-glacial land use dynamics in the context of a changing landscape	F.1: Changing landscape structure F.2: Behavioural diversity among hunter-gatherers F.3: Maritime archaeologies of the North Sea
G. Representation of prehistoric hunter-gatherer communities and lifeways	G.1: Spatial perspectives on North Sea palaeolandscapes G.2: The distributional nature of early hominin communities G.3: Enculturated hunter-gatherer landscapes

\* Despite the fact that theme G primarily focusses on post-LGM hunter-gatherers, topic G.2 was broadly defined, and of equal relevance to theme D.

Tabel 4. NSPRMF – onderzoeksthema's en onderwerpen (Peeters 2009)

In 2019 is de NSPRMF-agenda bijgesteld op basis van de ontwikkelingen in het vorige decennium. Dit rapport bevat de basis voor het beleid in de komende jaren. De archeologische studies die momenteel worden uitgevoerd in het kader van de ontwikkeling van windparken, pijpleiding- en kabelinstallatie, zandwinning en exploratie voor olie en gas in het Noordzeegebied, worden uitgevoerd in overeenstemming met de AMZ-cyclus. Deze studies zullen bijdragen tot de doelstellingen die zijn vastgelegd in de NSPRMF.

Zoals hierboven beschreven is er weinig bekend over de vroeg-*holocene* bewoners van het Noordzeegebied, hun nederzettingen en de manier waarop zij zich in het snel veranderende landschap staande hielden. De informatiewaarde van de verwachte nederzettingen is daarom groot. Dit staat ook in de Nationale Onderzoeksagenda voor Vroege Prehistorie: *'Locaties en alle omringende fenomenen die zich in paleo-landschapscontexten bevinden die niet of nauwelijks zijn onderzocht, hebben per definitie een grote informatiewaarde.'* Voor toekomstig onderzoek zal daarom naast het NSPRMF worden verwezen naar het kader en de onderzoeksvragen in de *Nationaal Onderzoeksagenda Archeologie (NOaA)*.



## 1.8. Kwaliteitsborging

Het bureauonderzoek is uitgevoerd conform de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA waterbodems 4.1; Protocol 4002). Het betreft in het bijzonder de specificaties LS01, LS02, LS03, LS04 en LS05. Dit gedeelte van het onderzoek wordt gerapporteerd conform LS06.

Voor het bureauonderzoek zijn de volgende werkzaamheden verricht:

- Afbakening plangebied en vaststellen van de consequenties van het mogelijk toekomstige gebruik;
- Beschrijving van de huidige situatie;
- Beschrijving van de historische situatie en mogelijke verstoringen binnen het onderzoeksgebied;
- Beschrijving van bekende archeologische waarden en aardwetenschappelijke gegevens;
- Beschrijven mogelijke aanwezigheid bouwhistorische waarden (onder water).

Op grond van deze onderdelen wordt een gespecificeerde verwachting van het gebied opgesteld (specificatie LS05). Hierin wordt verwoord of, en zo ja, welke archeologische waarden verwacht kunnen worden. De eigenschappen van deze waarden zullen zo gedetailleerd mogelijk worden aangegeven.

Op basis van de gespecificeerde verwachting worden de onderzoeksvragen beantwoord in hoofdstuk 3. De effectbeoordeling wordt gepresenteerd in hoofdstuk 4. Het onderzoek wordt afgesloten met een advies in hoofdstuk 5.

## 1.9. Bronnen

De volgende bronnen zijn geraadpleegd voor het onderzoek:

- Nationaal Contact Nummer (NCN)
- Dienst der Hydrografie
- TNO grid model geologie Noordzee
- GeoTOP grid model geologie land
- Rijkswaterstaat Zee en Delta
- *TNO-NITG* ; geologische boringen en kaarten
- Archis III, beheerd door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- Databases Periplus Archeomare
- Nederlandse Federatie voor Luchtvaart Archeologie (NFLA)
- Stichting Aircraft Recovery Group 40-45
- Diverse bronnen op Internet

Voor een volledig overzicht van de geraadpleegde bronnen en literatuur zie referenties op pagina 70.

*Schuingedrukte* woorden worden toegelicht in de verklarende woordenlijst op pagina 68.

## 2. Resultaten archeologisch bureauonderzoek

### 2.1. Afbakening plangebied en vaststellen van de consequenties van het mogelijk toekomstige gebruik (LS01)

De ministeries van EZK en Binnenlandse zaken hebben in onderlinge afstemming het kabeltracé als VKA (voorkeursalternatief) aangewezen om de platforms op zee van Nederwiek 1 aan te sluiten op het landelijk hoogspanningsnet.

De benodigde diepte waarop de kabel wordt aangelegd is afhankelijk van het gebied, de situatie ter plekke en de eisen die aan de kabeldiepte worden gesteld. TenneT verkent de optimale begraafdiepte voor de kabel op zee om de kans op schade aan de kabel, beperkingen voor de omgeving en onderhoud aan de begraafdiepte van de kabel over de levensduur te minimaliseren. Tegelijkertijd zal TenneT de kabel ook niet dieper dan noodzakelijke begraven. Daarmee wordt de thermische belasting van de kabel zo laag mogelijk gehouden en worden de maatschappelijke kosten voor de installatie tot een minimum beperkt.

De beschikbare aanlegmethodes voor een kabel op zee en in het Veerse Meer zijn allereerst onder te verdelen in baggeren en begraven. Begraven is te verdelen in “*simultaneous lay and burial*” begraven en “*post lay burial*” begraven<sup>7</sup>.

Bij baggeren wordt voorafgaande aan het leggen en/of begraven van de kabel een geul gebaggerd in het zeebed. De kabel wordt dan in die geul gelegd of in de bodem van die geul begraven. De geul wordt na het leggen en/of begraven van de kabel opgevuld met bodemmateriaal, wanneer dat nodig is om aan de vereiste begraafdiepte na installatie te kunnen voldoen. Wanneer de kabel na het baggeren in het zeebed worden begraven tot de vereiste diepte bij installatie, dan hoeft de gebaggerde geul niet opgevuld te worden met bodemmateriaal na de installatie om aan de begraafdiepte vereisten na installatie te kunnen voldoen. Baggeren voorafgaande aan het installeren van de kabel wordt ook toegepast om de invloed van zeebodemmobiliteit op de begraafdiepte van de kabel te verminderen, bijvoorbeeld door het baggeren van mobiele zandgolven. In dat geval wordt het baggeren voorafgaande aan het installeren van de kabel “*pre sweeping*” genoemd.

Begraven van de kabel kan tegelijkertijd met het leggen van de kabel gebeuren. In dat geval is er sprake van “*simultaneous lay and burial*”. Een kabel kan ook eerst op het zeebed gelegd worden en daarna in een separate werkgang in de bodem begraven worden. Dat wordt “*post lay burial*” genoemd.

Voor het begraven van een kabel in het zeebed bestaan verschillende technieken. Met name de vereiste begraafdiepte, de samenstelling van de grond en de sterkte van de grond bepalen welke techniek toegepast kan worden. In zand en minder sterke grond kan een kabel met spuitlansen in de grond begraven worden. Met waterjets wordt de grond dan losgemaakt en kan de kabel op diepte worden gebracht. Voor het begraven van kabels in cohesieve grond, zoals zwaardere klei en veen, moet de grond op mechanische wijze los worden gemaakt voordat de kabel in de grond begraven kan worden. Daarvoor kan een kettinfrees gebruikt worden of een door de grond getrokken kabelploeg.

Een kabel wordt in het zeebed begraven om ze te beschermen tegen externe bedreigingen, zoals gesleepte visnetten, gesleepte ankers, verloren lading, zinkende schepen etc. Bij het begraven van een

---

<sup>7</sup> Schriftelijke mededeling W. Snip namens TenneT.

kabel op zee en in het Veerse Meer streeft TenneT ernaar om het onderhoud van die begraafdiepte over de levensduur van de kabel tot een minimum te beperken.

Voor de aanlegdiepte wordt allereerst uitgegaan van de begraafdiepte eisen die volgen uit de vergunning. Die begraafdieptes worden als minimale installatiediepte aangehouden. Tot drie kilometer uit de kust geldt een minimum begraafdiepte van 3 meter en verder op zee een minimum begraafdiepte van 1 meter buiten een verkeersscheidingsstelsel (VSS) en 1,5 meter binnen een VSS. Op het Veerse Meer wordt een begraafdiepte van 3 meter onder het *non mobile reference level* gehanteerd.

Het zeebed is op veel plekken in beweging. Mobiele zandgolven verplaatsen zich over het zeebed onder invloed van de getijdestromen. Tijdens stormperioden verdwijnt zand van het strand en van de zandbanken en de zone vlak voor het strand naar dieper water. Bij het installeren van een kabel houdt TenneT ook rekening met de mobiliteit van het zeebed over de levensduur van de kabels.

De lokale externe bedreigingen langs het tracé wordt door TenneT voorafgaande aan de installatie van de kabel gekwantificeerd. Die bedreigingen worden vergeleken met een acceptabel geachte kans op het bezwijken van kabels op zee ten gevolge van externe bedreigingen. De begraafdieptes die nodig zijn om de kabels te beschermen tegen de lokale bedreigingen hangen samen met de bescherming die de lokale grondsoorten kunnen bieden. Op basis van een gekwantificeerde beschouwing van de lokale externe bedreigingen en van de bescherming die de lokale grondsoort kan bieden, wordt per sectie van de kabelroute een zogeheten "*Risk Based Burial Depth*" vastgesteld.

Voor het installeren van de kabels schrijft TenneT installatiedieptes voor aan de aannemers waarbij rekening gehouden wordt met de eisen uit de vergunning, de zeebed mobiliteit en de *Risk Based Burial Depth*. Als gevolg hiervan verschilt de begraafdiepte bij installatie per sectie van het kabeltracé.

Tot 3 kilometer uit de kust wordt de kabelbundel minimaal 3 meter onder het niet mobiele referentievlak aangelegd. Dit betekent dat de *trenchdiepte* in dit deel van het tracé 5 meter is. In een 'worst case' situatie kan de installatie tot 8 meter onder het bodemniveau zijn.

Verder op zee zullen de kabels onder de mobiele zandgolven begraven worden. Daar is de aanlegdiepte buiten een VSS minimaal 1 meter onder het niet mobiele referentievlak onder de zandgolven. Wanneer de zandgolven zich weer hersteld hebben na de installatie, zal de begraafdiepte daar lokaal één meter plus de hoogte van de zandgolf zijn. Binnen een VSS is de aanlegdiepte minimaal 1,5 meter ten opzichte van de huidige zeebodem.

Door de ingreep kunnen minimaal tot de verstoringsdiepte archeologische resten worden aangetast. Het gaat hierbij om een directe verstoring. Indirecte verstoringen zoals slijpgeulvorming worden beperkt geacht, omdat de kabels relatief dun zijn en begraven liggen onder de zeebodem. Dit is anders op de locatie van het platform en bij de Veerse Gatdam.

Het platform bestaat uit twee onderdelen:

- Een stalen draagconstructie gefundeerd door middel van een jacket met palen, waarbij de constructie in beide gevallen circa 23 meter boven het water uitsteekt;
- Een bovenbouw (topside); afmetingen: 110 m x 80 m x 45 m.

Een jacket heeft of 8 of 12 palen met een diameter van 2,5m per stuk. De heipalen worden 60m diep (bij 8 palen) of 50m diep (bij 12 palen) de bodem ingebracht.

De plaatsing van een platform leidt tot een directe verstoring van de bodem doordat de palen in de bodem worden geheid. Daarnaast kunnen rond de fundering slijpgeulen vormen onder invloed van getijdenstromingen. Deze indirecte verstoringen kunnen beperkt blijven, doordat stenen worden gestort onder en rond het platform. Een impressie van de te plaatsen platforms is weergegeven in onderstaande afbeelding.



*Afbeelding 5. Impressie van het toekomstige 2GW platform op zee.*

De locatie van het platform op zee is na het recentelijk uitvoeren van surveys vastgesteld. Bij de vaststelling van de locaties van het platform is de verwachte mobiliteit van de zeebodem bepalend geweest. Hierbij is de locatie gekozen waar de minste bodemdaling en bodemstijging over de levensduur van het platform is. Op basis van de UXO-DAS survey zijn de uiteindelijke locaties gekozen.

De centrumcoördinaten van het platform staan vast; de hoekpunten van het platform kunnen nog wijzigen op basis van detaildesign.

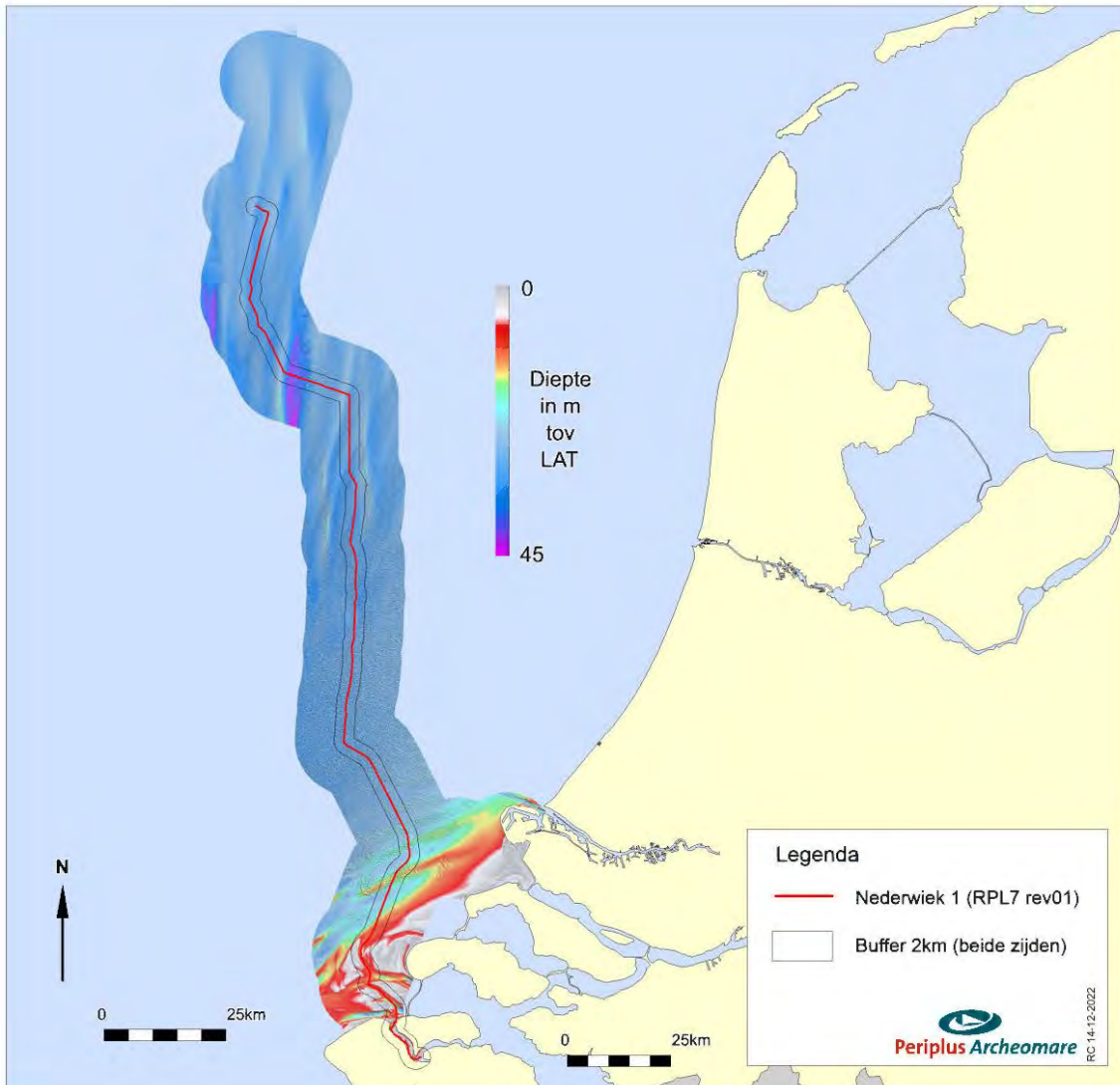
De volgende kabels komen (mogelijk) in de kabelcorridor tussen de windkavels te liggen:

- 525 kV DC kabel Net op zee Nederwiek 1;
- 525 kV DC kabel mogelijke interconnector tussen VK en Nederland;
- Een AC kabel als mogelijke verbinding naar olie/gas platform;

Tot slot zullen bij de Veerste Gatdam bodemverstoringende werkzaamheden plaatsvinden. Aan de zeezijde van de Veerse Gatdam wordt een werkterrein ingericht om droog te kunnen werken. Daarvoor wordt een constructie gebouwd bestaande uit een zandophoging en een damwandconstructie. De damwandconstructie zal enkele tientallen meters de bodem in worden gebracht. Het werkterrein krijgt een oppervlakte van ongeveer 5.500 m<sup>2</sup>. Deze bestaat uit twee gebieden, één lange strook (ca. 3.000 m<sup>2</sup>) en een rechthoekig werkterrein (ca. 2.850 m<sup>2</sup>). Vanaf de zuidzijde van de dam worden de kabel onder de dam door getrokken.

## 2.2. Beschrijving van de huidige situatie (LS02)

Afbeelding 6 toont het onderzoeksgebied op een samengestelde generieke dieptekaart. De dieptegegevens zijn afkomstig van de Dienst der Hydrografie (25x25m grid, 2009) aangevuld met hoge resolutie *multibeam*opnamen van Rijkswaterstaat en de resultaten van de geofysische survey voor IJmuiden Ver Alpha/Beta/Gamma (2021). De diepte van de waterbodem in het onderzoeksgebied varieert van 0 tot 45 m ten opzichte van LAT<sup>8</sup>. De gemiddeld diepte is -24.8 m LAT.



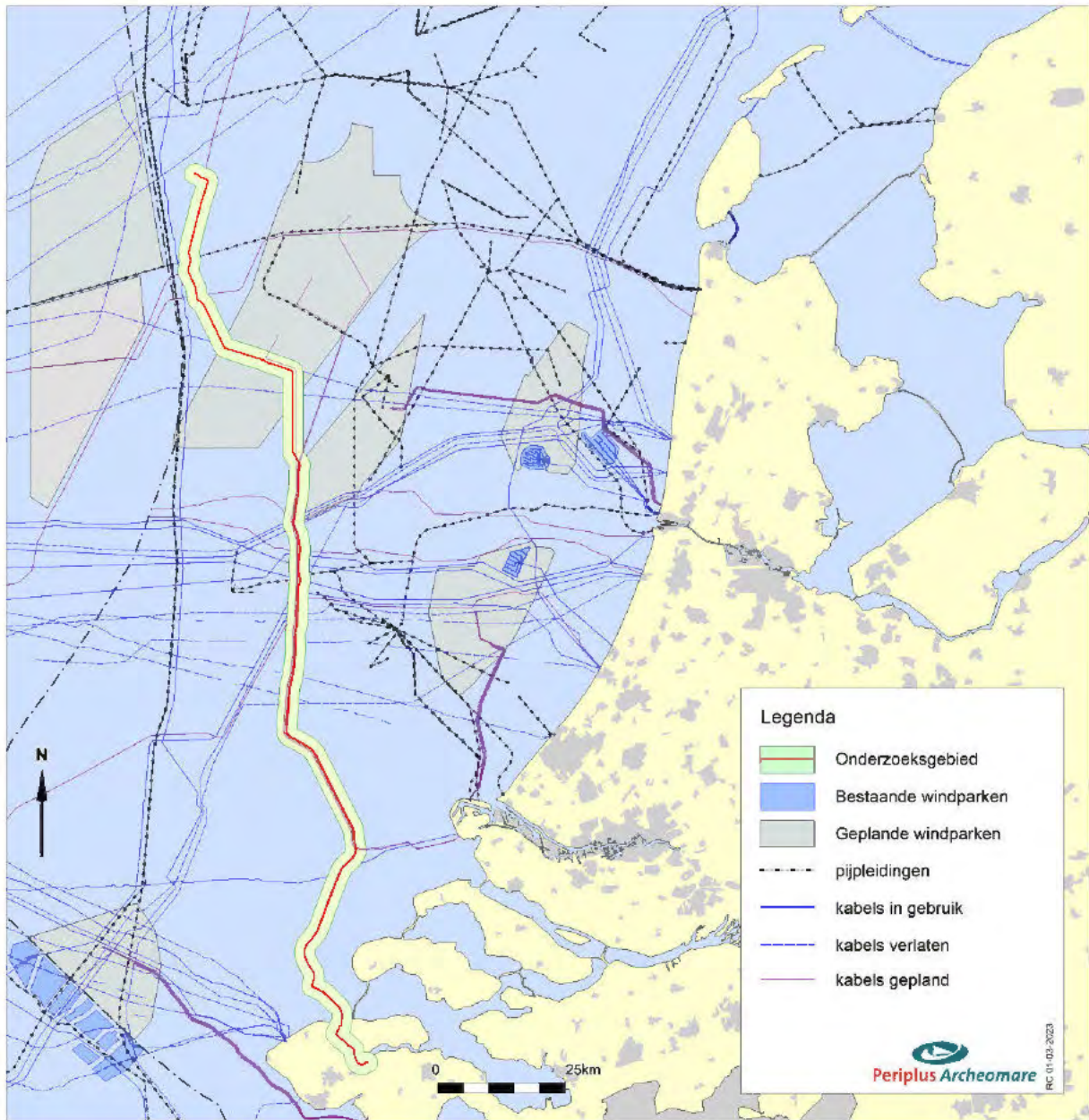
Afbeelding 6. Diepte van de waterbodem langs het tracé

Het tracé kruist verschillende bestaande kabels en pijpleidingen. Een overzicht van de doorkruiste kabels en leidingen is weergegeven in afbeelding 7. De ligging van de kabels en leidingen zijn gebaseerd op de gegevens van Rijkswaterstaat (november 2021). *As Built* data van de operators van betreffende kabels en leidingen zijn niet opgevraagd. Het komt vaak voor dat op zee buiten gebruik gestelde kabels (niet pijpleidingen) worden aangetroffen die niet (meer) in de Rijkswaterstaat database voorkomen<sup>9</sup>. Deze kabels kunnen tijdens de route survey met magnetometers opgespoord en in kaart worden gebracht. Een

<sup>8</sup> LAT = Lowest Astronomical Tide: het referentievlak ten opzichte waarvan dieptes worden gemeten in het Noordzeegebied. Het LAT referentievlak ligt lager dan het NAP referentievlak dat op land wordt gebruikt; de verschilwaarden var èren van 0,5 m op de Noordzee tot 2,4m bij Borsele.

<sup>9</sup> Bron: TenneT.

overzicht van de aantallen doorkruiste kabels en pijpleidingen is weergegeven in respectievelijk tabel 5 en tabel 6.



Afbeelding 7. Kruisende kabels en leidingen

Kruisende kabel	Aantal
Actief	8
Verlaten	10
Gepland	3
Totaal	21

Tabel 5. Kruisende kabels

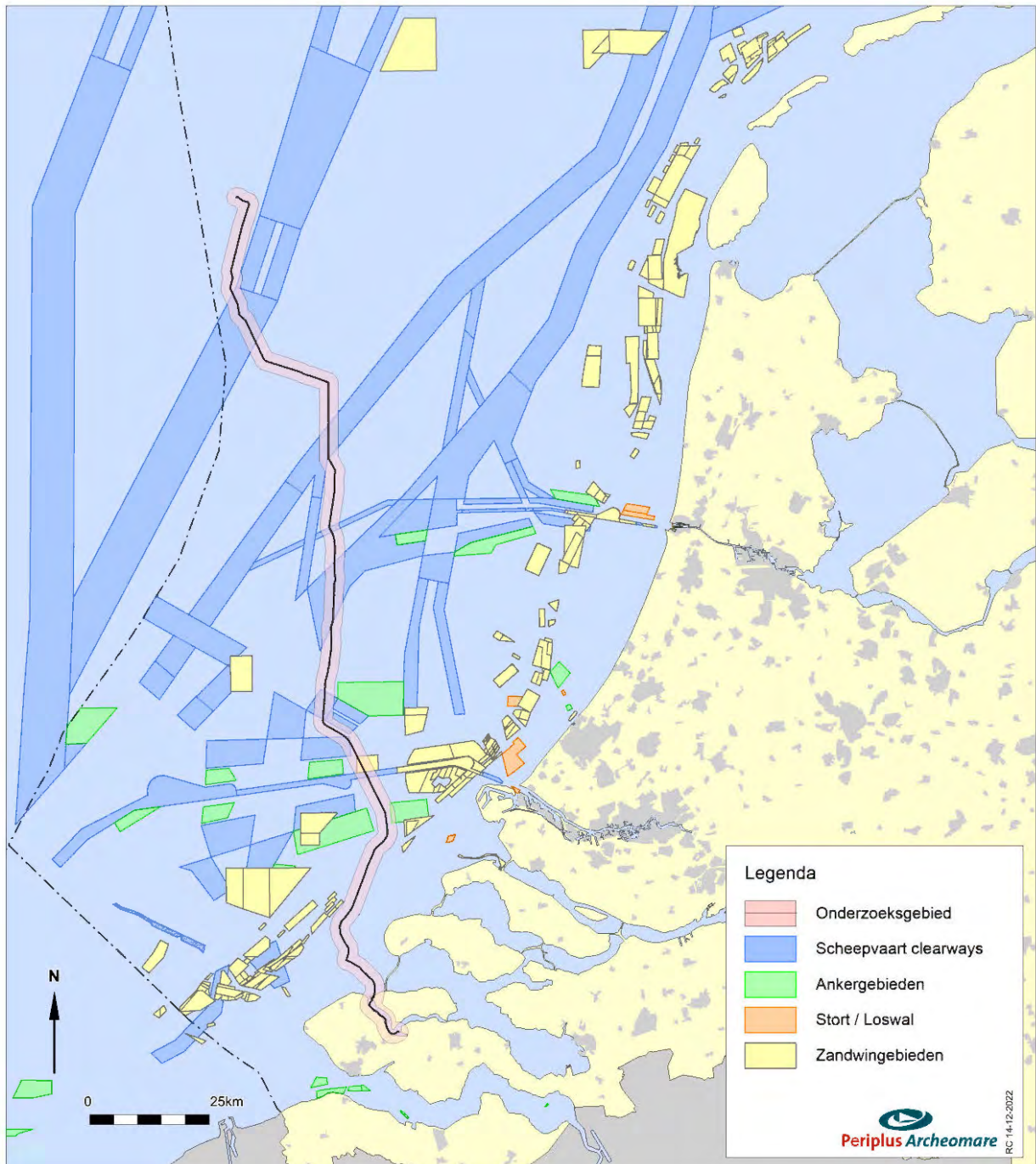
Kruisende pijpleiding	Aantal
Actief	2
Verlaten	0
Totaal	2

Tabel 6. Kruisende pijpleidingen

In het onderzoeksgebied zijn geen boorgaten van exploratieboringen bekend.

### Overige infrastructuur

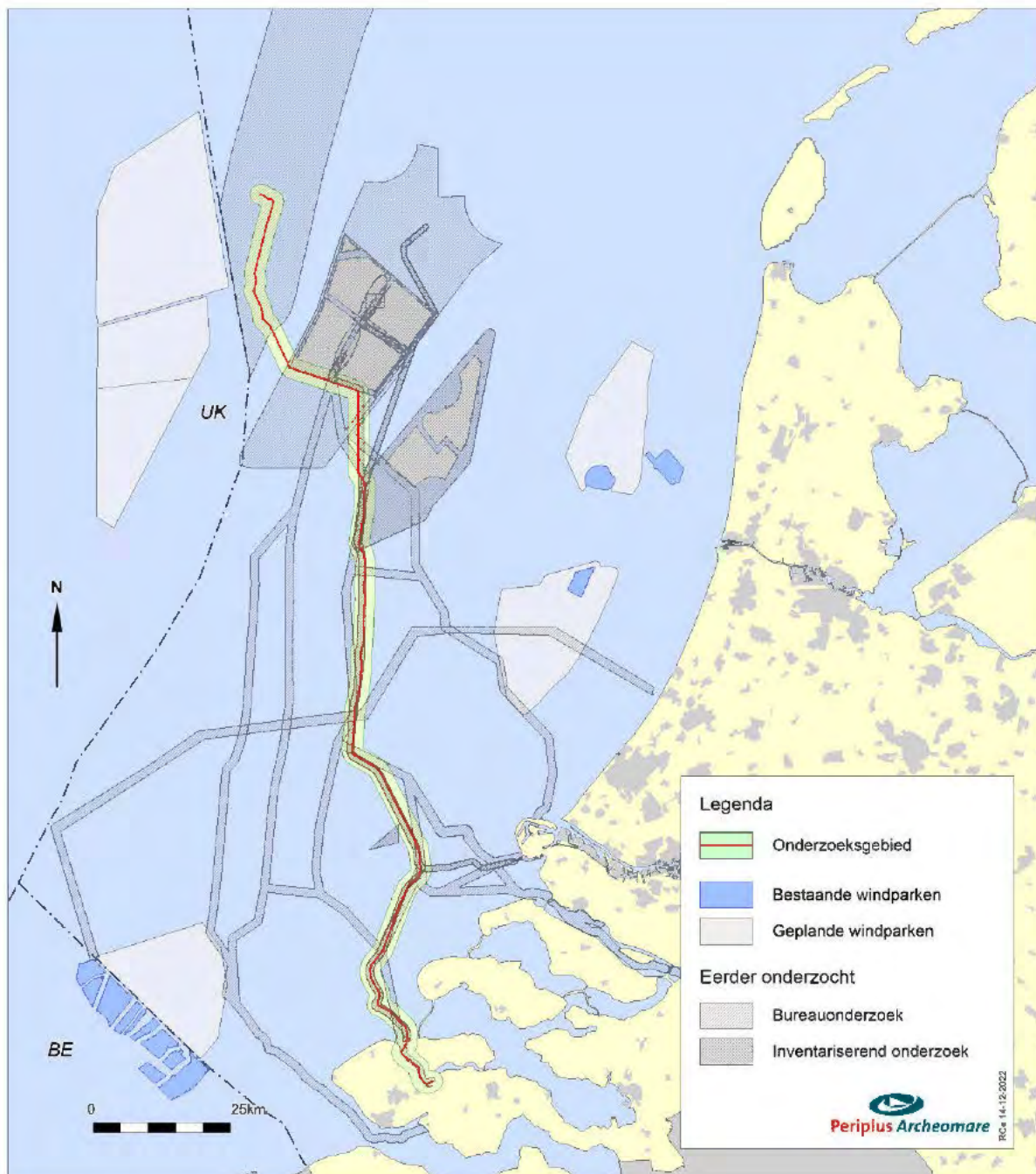
Naast de kabels en leidingen wordt het onderzoeksgebied gekruist door andere infrastructuur. Het gaat om scheepvaartroutes, ankergebieden en stort- en loswallen (bron: RWS Zee en Delta juli 2022). Een overzicht is weergegeven in afbeelding 8.



Afbeelding 8. Overige infrastructuur in en rondom het onderzoeksgebied van Nederwiek 1

### Eerder uitgevoerde archeologische onderzoeken in het gebied

Een overzicht van de eerder uitgevoerde archeologische onderzoeken in- en rondom het onderzoeksgebied is weergegeven in afbeelding 9. Een lijst van deze onderzoeken is opgenomen in tabel 7<sup>10</sup>.



Afbeelding 9. Eerder uitgevoerde archeologische onderzoeken

Archis nr   Zaaknr	Omschrijving	Type Onderzoek	Jaar	Uitvoerder
29776	Windpark Tromp Binnen	BO	2008	Periplus Archeomare
4637001100	Windpark IJmuiden Ver	BO	2019	Periplus Archeomare
4697697100	Hollandse Kust (west)	IVO	2019	Periplus Archeomare

<sup>10</sup> Bron: Archis en Periplus Archeomare projecten.



Archis nr   Zaaknr	Omschrijving	Type Onderzoek	Jaar	Uitvoerder
4744821100	MER fase 1 alternatieven Alpha & Beta	BO	2020	Periplus Archeomare
5130745100	MER fase 2 Gamma	BO	2021	Periplus Archeomare
66501	Fibre Optic cable	BO	2015	Periplus Archeomare
62029	Zandwinkavels Schouwen 1 Goeree 1	IVO	2014	Periplus Archeomare
35834	Zoekgebieden MZI Voordelta	BO	2009	Periplus Archeomare
60117	Zeeuws Vlaanderen 4 Diep	IVO	2014	Periplus Archeomare

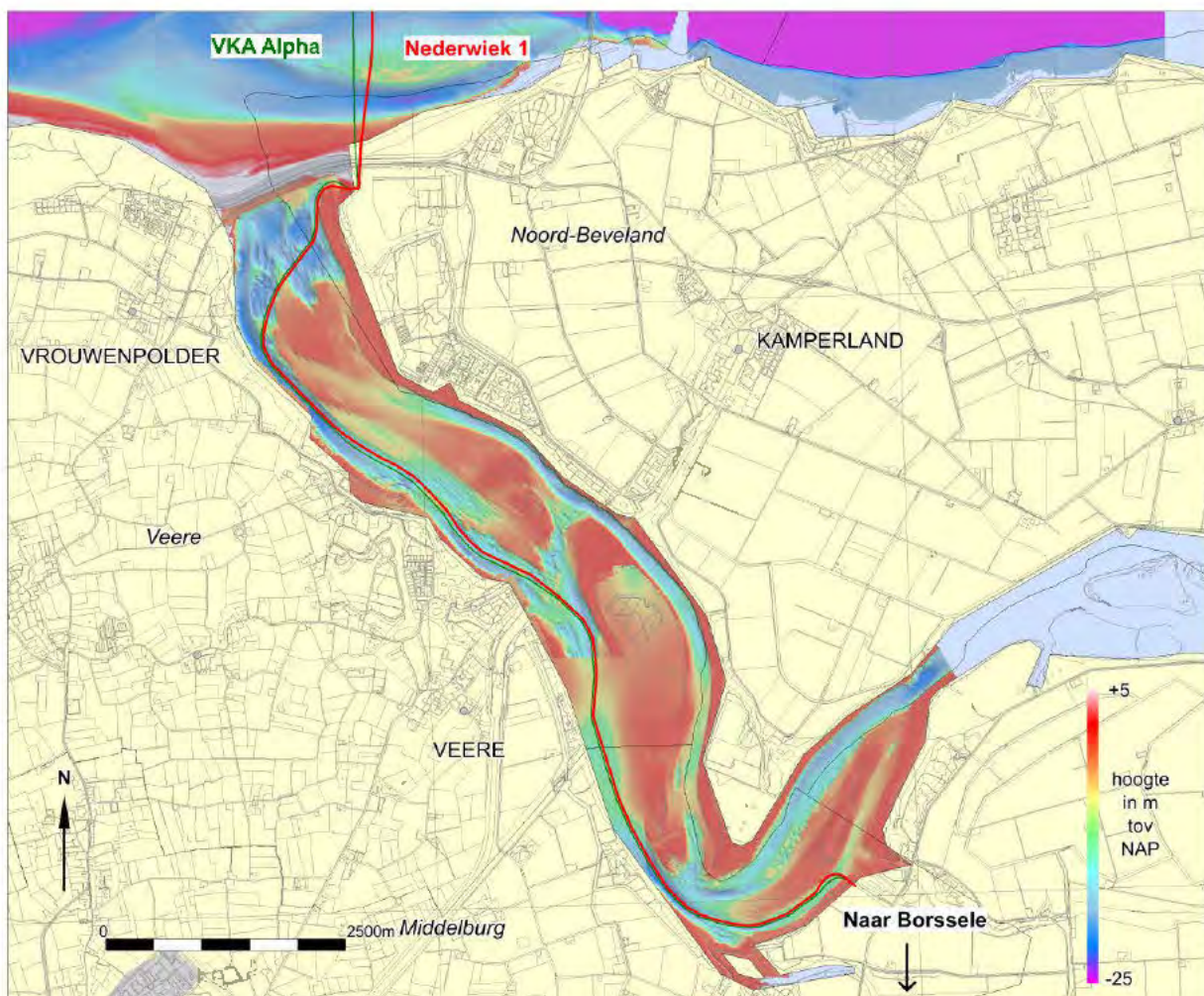
Tabel 7. Eerder uitgevoerde archeologische onderzoeken

Voor de tracés Net op Zee IJmuiden Ver Alpha/Beta/Gamma is ook een geofysisch en geotechnisch onderzoek uitgevoerd. De resultaten van de archeologische analyse zijn nog niet gepubliceerd.

De relevante resultaten van de verschillende onderzoeken worden besproken in paragraaf 2.3. Een verwijzing naar de rapporten van de onderzoeken is opgenomen in de referentielijst op pagina 70.

### Het Veerse Meer

In overleg met Rijkswaterstaat zijn de meest optimale routes door het Veerse Meer vastgesteld voor Nederwiek 1 en de Alpha kabel van IJmuiden Ver. Onderstaande afbeelding toont de geoptimaliseerde route in het Veerse Meer op samengestelde hoogtekarten, aangeleverd door Rijkswaterstaat.



Afbeelding 10. Nederwiek 1 route door de diepste delen van het Veerse Meer.

De kabel wordt in het Veerse Meer (rekening houdend met de nautisch gegarandeerde diepte van de vaargeul en extra baggertolerantie) plaatselijk op -9,5 NAP aangelegd<sup>11</sup>. Hiervoor wordt een *trenchjetter* ingezet. Het voordeel van een route door het diepste deel is dat minder gebaggerd hoeft te worden. De geoptimaliseerde route loopt door het Veerse Gatdam tot het aanlandingspunt bij Oranjeplaat, waarna de route over land verder loopt naar Borssele.

Het Veerse Meer is een voormalige zeearm. Tegenwoordig is het een kunstmatig brakwatermeer, dat is ontstaan door afdamming van het Veerse Gat in het kader van de Deltawerken. Het ligt ten zuiden van het eiland Noord-Beveland, en ten noorden van Walcheren en Zuid-Beveland. In het westen is het van de Noordzee afgesloten door de Veerse Gatdam die in 1961 werd gesloten. In het oosten is het van de Oosterschelde afgesloten door de Zandkreekdam die op 3 mei 1960 werd gesloten. Het meer is een aantrekkelijke watersportplaats voor zeilers, sportvissers, en sportduikers<sup>12</sup>.

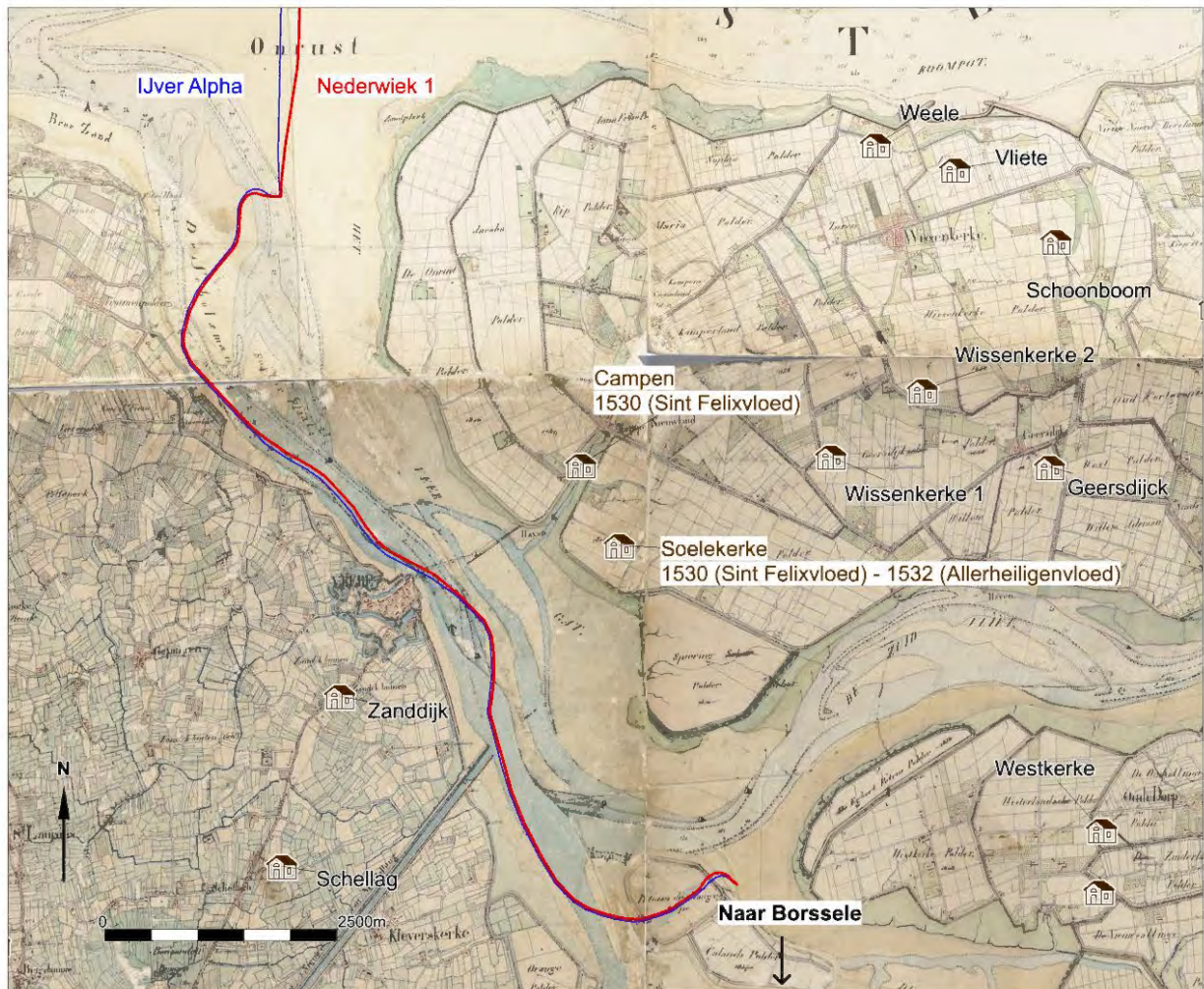
De onderstaande kadastrale *veldminuut* uit 1857 laat de situatie zien toen het meer nog in verbinding stond met de Noordzee. Op de kaart zijn ook de nederzettingen geplot die door verschillende stormvloeden in het verleden zijn verdwenen<sup>13</sup>. Eén van de locaties die door een stormvloed is verdwenen is het in 1847 ingepolderde eiland 'Oranjeplaat'. De ontstaande polder is vernoemd naar de Veerse admiraal Sebastiaan de Lange. De admiraal bond de strijd aan met vier Spaanse schepen. Tijdens de gevechten liep het schip aan de grond waarna de Spanjaarden het op 22 mei 1572 enterde. Omdat bij dit soort gevechten geen pardon werd gegeven, besloot de admiraal om het aanwezige buskruit tot ontploffing te brengen en met zijn vijanden te exploderen. Dit gebeurde in de omgeving van naar de admiraal vernoemde polder<sup>14</sup>. Op de onderstaande afbeelding wordt de polder doorsneden door het zuidelijke gedeelte van het tracé.

<sup>11</sup> gegarandeerde baggerprofiel van de vaargeul + extra baggertolerantie + extra marge

<sup>12</sup> Wikipedia.

<sup>13</sup> Verdwenen dorpen in Nederland, B. Stulp.

<sup>14</sup> Mailwisseling met [redacted].



Afbeelding 11. Nederwiek 1 route door het Veerse Meer op de kadastrale veldminuut uit 1857.

In die tijd lag Arnemuiden, aan de oostkant van het eiland Walcheren, ook aan open zee. Daar kwam een einde aan toen Walcheren aan Zuid-Beveland werd vastgeklonken door de aanleg van de Sloedam in 1871. Hierdoor werd Arnemuiden afgesloten van de zee. De Arnemuidense vissers konden hun boten kwijt in de haven van Veere, dat toen nog een echte vissersplaats was, levend van mosselen en garnalen. In 1914 bestond de vloot van Veere uit dertig schepen, waarvan zestien het registratieteken ARM (Arnemuiden) voerden<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Digitaal archief Zeeland.

### 2.3. Historische situatie en mogelijke verstoringen (LS03)

#### Prehistorische bewoning in het Noordzeebekken

Het Noordzeebekken vormde ca 12.000 jaar geleden een uitgestrekt dekzandlandschap met een toendraklimaat. Aan het eind van de laatste IJstijd (ca 11.500 jaar geleden) steeg de temperatuur en als gevolg daarvan smolten de noordelijke gletsjers. Door het vrijkomende water steeg de zeespiegel en raakte het Noordzeebekken geleidelijk opgevuld. De bewoners van het gebied moesten naar hoger gelegen gebieden vertrekken<sup>16</sup>.

Een voorbeeld van een hoger gelegen gebied is de Doggersbank in het noorden van het Nederlands Continentaal Plat. Restanten van het toendra-landschap en zijn bewoners worden regelmatig aangetroffen in de netten van vissers. Het bekendst zijn de vele fossielen die bij de Doggersbank zijn opgevist. Op 8 november 2019 maakt visser/verzamelaar Kommer Tanis melding van de vondst van een menselijke schedel die is opgevist in 'Northsea/Doggerland' (zie afbeelding 13). De precieze vindplaats is niet bekend. Ook op de Bruine Bank (Eng: Brown Bank) ten westen van de routevarianten zijn artefacten van been en gewei opgevist<sup>17</sup>. Binnen de begrenzing van het plangebied is de vondst van een geperforeerd stuk gewei van een Edelhert bekend (zie afbeelding 14). Ook hier is de vindplaats enigszins onzeker. In het Noordzeegebied kunnen resten van oerbossen (Berk, Den, Eik, Iep en Hazelaar) voorkomen. Vondsten hiervan zijn wel bekend langs de kust van Engeland, maar (nog) niet bij Nederland.



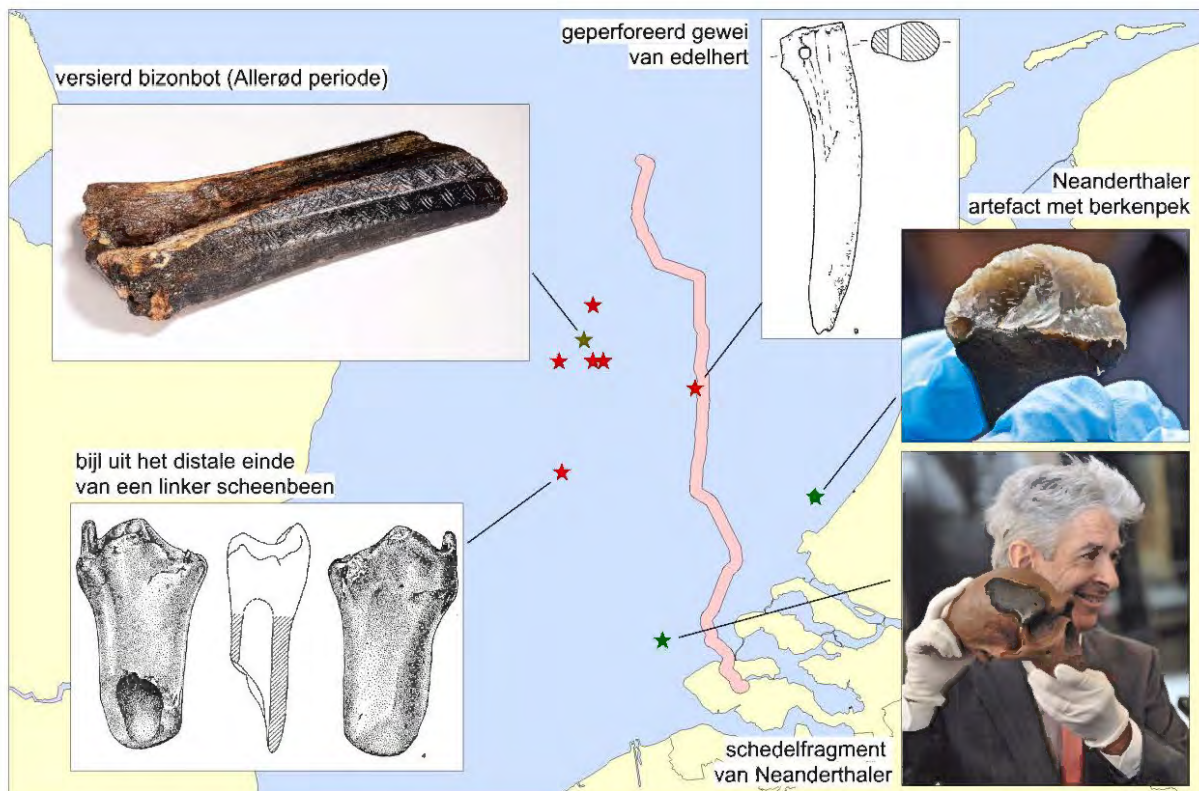
Afbeelding 12. Reconstructie van de historische kustlijnen in het Noordzeebekken (kaart vervaardigd door: McNulty, W.E. and J.N. Cookson in National Geographic Magazine)

<sup>16</sup> Gaffney e.a. 2005.

<sup>17</sup> Louwe Kooijmans 1970.



Afbeelding 13. Menselijke schedel in november 2019 opgevist in 'North Sea/Doggerland' (bron: K. Tanis)



Afbeelding 14. Voorbeelden van prehistorische werktuigen opgevist uit de Noordzee (naar: Kooijmans 1970 en Armkretz 2018).

De zeespiegelstijging viel samen met het verdrinken van oude landschappen. Een aantal van deze landschappen zijn door middel van geofysische en geotechnische technieken in beeld gebracht. Recent is bijvoorbeeld op basis van seismische gegevens uit de olie-industrie een prehistorisch landschap in beeld gebracht nabij de Engelse oostkust<sup>18</sup>. Seismisch onderzoek met (een) *subbottom profiler(s)* zal deel uitmaken van de geofysische onderzoeken die in het kader van de ontwikkeling van het Net op zee zullen worden uitgevoerd. De uitkomsten van dit seismische onderzoek kunnen worden gebruikt om een beter inzicht te krijgen in het prehistorisch landschap.

Een goed voorbeeld van de mogelijkheden die er zijn voor geo-archeologisch onderzoek naar de ontwikkeling van het landschap en vegetatie in het Laat Pleistoceen en Vroeg Holoceen, en de wijze waarop mens en dier omgingen met de veranderende omstandigheden, is het onderzoek dat uitgevoerd is in het kader van de verdieping van de Yangtze Haven in de Maasvlakte II. Hier is uitgebreid multidisciplinair onderzoek gedaan naar de bewoningsresten die zijn aangetroffen op een klein rivierduin op meer dan 20 meter onder het huidige zeeniveau<sup>19</sup>.

De archeologische resten uit de Noordzee die in Nederland bekend zijn, betreffen naast de vondsten die door vissers zijn gedaan voornamelijk losse vondsten uit zandwingebieden. Zo zijn bij de aanleg van de Maasvlakte I en II en de Zandmotor verscheidene benen artefacten uit het Jong *Paleolithicum* en *Mesolithicum* aangetroffen, die wat betreft stijlkenmerken zijn onder te verdelen in clusters<sup>20</sup>.

### **Bewoningssporen in het kustgebied uit de protohistorie**

De zandige strandwallen en duinen die de natuurlijke bescherming vormen van het kustgebied hebben zich gedurende het laatste millennium v. Chr. gestabiliseerd. Vanaf de late IJzertijd tot en met de Middeleeuwen zijn bewoningssporen bekend uit de kuststrook van Holland. Er bestaan aanwijzingen dat zich gedurende de Romeinse Tijd versterkingen bevonden langs de kust van Zeeland en Zuid-Holland<sup>21</sup>. Het meest aansprekende voorbeeld vormt de tot nu toe niet gelocaliseerde Brittenburg voor de kust bij Katwijk aan Zee<sup>22</sup>. Voor de Scheveningse kust is vastgesteld dat zich hier een *vicus* heeft bevonden bij de Scheveningse weg<sup>23</sup>. Een dergelijke civiele nederzetting kan over het algemeen direct in verband worden gebracht met een Romeins legerkamp. Deze is eveneens tot op heden nog niet gelokaliseerd. Het is niet ondenkbaar dat (verspoelde) resten van Romeinse forten zich bevinden in de huidige strand- en duinzone. Naast nederzettingen en militaire infrastructuur kunnen Romeinse cultusplaatsen voorkomen. In Zeeland zijn twee tempelcomplexen gewijd aan de godin Nehallennia bekend. De eerste tempel is een complex dat al in de 17<sup>e</sup> eeuw is aangetroffen op het strand van Domburg. De verwachting is dat de vindplaats nu grotendeels in zee ligt. Het tweede tempelcomplex is in de jaren 70 van de vorige eeuw aangetroffen ten noordwesten bij het huidige Colijnsplaat. De resten liggen in een geul op een oude kleilaag in de Oosterschelde op meer dan 30 m diepte. De overblijfselen bestaan onder meer uit grote natuurstenen altaarstukken en keramische bouwmaterialen, zoals daktegels.

---

<sup>18</sup> Zie het project 'North sea paleolandscapes' van de Universiteit van Birmingham.

<sup>19</sup> Moree 2015.

<sup>20</sup> Verhart 2005 159.

<sup>21</sup> Hessing 1995, 98.

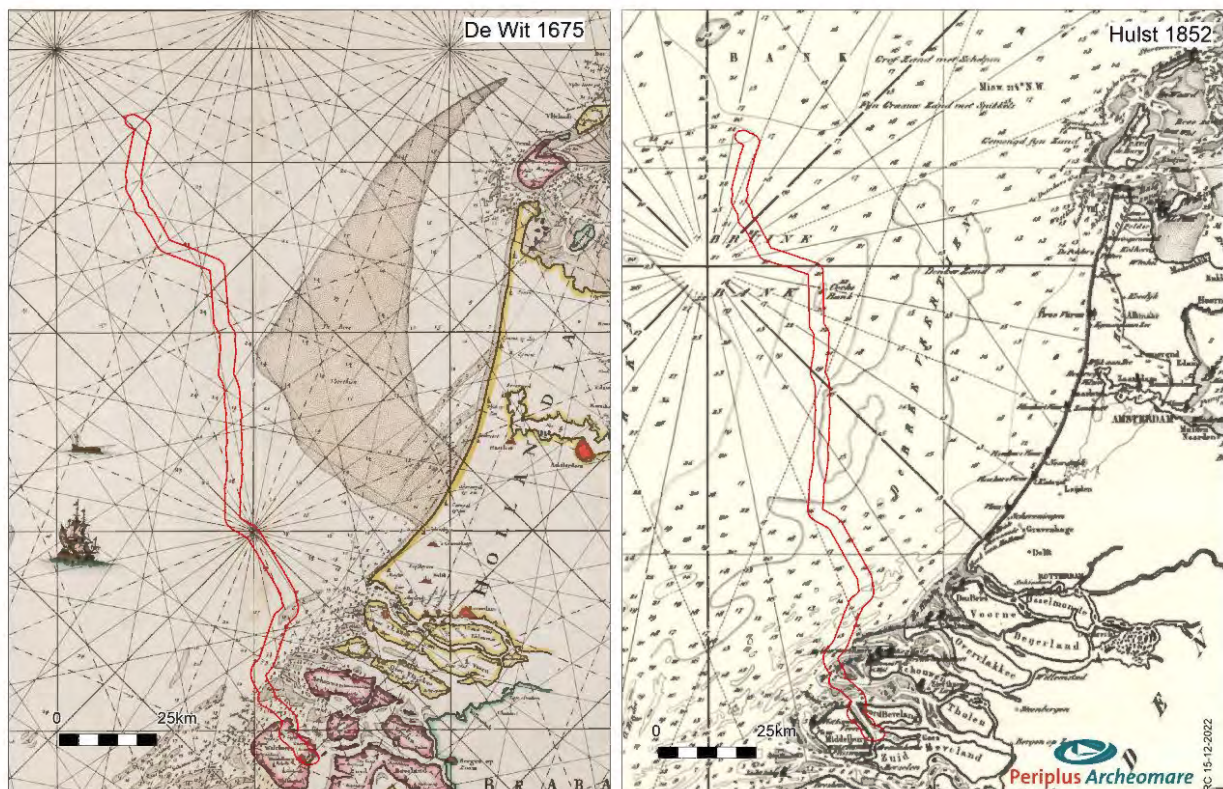
<sup>22</sup> Dijkstra en Ketelaar 1965.

<sup>23</sup> Waasdorp 1999.

## Scheepvaart

De eerste aanwijzingen voor scheepvaart op de Noordzee dateren uit het Neolithicum. Bewijs hiervan kan bijvoorbeeld worden gevonden in prehistorische begravingen in het Rijnland. In deze regio was de toegang tot tin beperkt en werd daarom beschouwd als een luxe goed. Het moest worden geïmporteerd uit andere regio's. Een van die regio's lag in het zuidwesten van Engeland<sup>24</sup>. Aan de andere kant van de Noordzee zijn op de Britse eilanden sporadisch Alpiene jade bijkopen gevonden.

Na de eerste contacten in het Neolithicum is sprake van een intensivering van de scheepvaart op de Noordzee met enkele historisch goed gedocumenteerde pieken. Gedurende de Romeinse tijd geldt de Noordzee en in het bijzonder het Kanaal als verbindingsbrug voor het imperium. Vanaf de vroege Middeleeuwen ontstaan machtscentra langs de kust van de Noordzee<sup>25</sup>. Deze waren georiënteerd op de Noordzee en scheepvaart, handel en overzeese contacten speelden daarbij een centrale rol. Verder moeten in dit verband ook de raids (plundertochten) van de Vikingen genoemd worden. Vanaf de Late Middeleeuwen en de Nieuwe tijd waren de internationale handel en de scheepsbouw dermate ontwikkeld dat de Noordzee een opstap vormde voor wereldwijde vaarroutes. In 1282 wordt het gehucht Kampveere of Ter Veere genoemd in een oorkonde. Uit het document blijkt dat Wolfert van Borsele, ambachtsheer van Zandijk, en zijn vrouw Sybille een aantal van hun bezittingen, waaronder een haven met recht op havengeld, overdragen aan de vrouw van graaf Floris V, gravin Beatrix<sup>26</sup>. De scheepvaartgeschiedenis is in hoofdlijnen met vele bekende en tot op heden onbekende schipbreuken samengegaan. Scheepswrakken vormen de sporen van het maritieme verleden en deze kunnen onder gunstige conserveringsomstandigheden in de waterbodem bewaard zijn gebleven.



Afbeelding 15. Ligging van het onderzoeksgebied op oude kaarten (De Wit 1675 en Hulst 1852).

<sup>24</sup> Van de Noort 2011.

<sup>25</sup> Kramer 2003; Cunliffe 2001, 484-488.

<sup>26</sup> <https://www.zalig-zeeland.com/zeeuwse-almanac/veere-bakermat-van-de-koninklijke-marine>.

### **Bekende verstoringen in het plangebied**

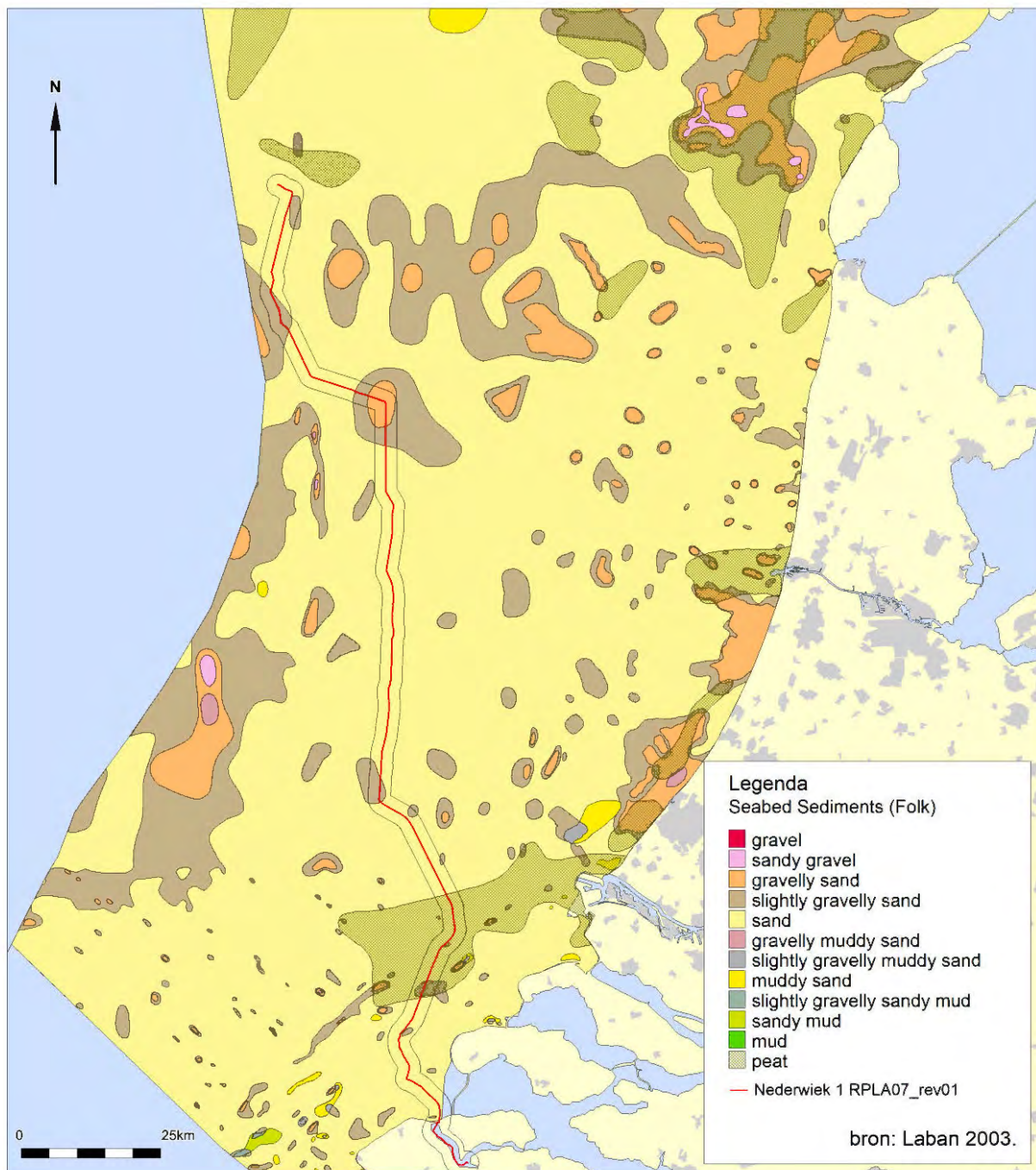
Het onderzoeksgebied wordt doorkruist door verschillende kabels en pijpleidingen (zie paragraaf 2.3). De kabels en pijpleidingen zijn geploegd aangelegd waarbij de bodem verstoord is. Visserij met sleepnetten kan hebben geleid tot verstoring van de toplaag van de bodem. Dit is vooral van belang voor eventuele archeologische resten, zoals uit de bodem stekende wrakdelen, die aan deze netten kunnen blijven haken.



## 2.4. Geologische gegevens (LS04)

De archeologische verwachting voor prehistorische resten is sterk gerelateerd aan de *geogenese* van het plangebied. De geogenese kan worden herleid uit de aanwezige *lithostratigrafische* eenheden, de aard van laaggrenzen (erosief versus non-erosief) en indicaties voor bodemvorming in de sedimenten. Daarom vormen geofysische en geologische data een belangrijke bron om vragen met betrekking tot de aard, diepteligging, voorkomen, gaafheid en conservering van te verwachten archeologische landschappen en daaraan gerelateerde resten in het onderzoeksgebied te beantwoorden.

De zeebodem bestaat binnen het onderzoeksgebied uit zand met plaatselijk een bijmenging van grind, silt of klei (zie afbeelding 16).



Afbeelding 16. Oppervlaktensedimenten

De zandige sedimenten maken deel uit van het *Bligh Bank Laagpakket*, een mobiele zandlaag waarin door getijstroom en golfwerking ruggen, duinen, stroomribbels en - in de ondiepere delen - golfribbels zijn gevormd. Het tracé doorkruist gebieden met vroeg-*holocene* afzettingen van veen en klei, die ontsloten aan de zeebodem of dicht onder de zeebodem voorkomen.

De opeenvolging van *holocene* afzettingen bestaat van onder naar boven uit de *Formatie van Nieuwkoop (Basisveen Laag)*, de *Formatie van Echteld*, de *Formatie van Naaldwijk* en het *Bligh Bank Laagpakket*. De dikte van de *holocene* laag varieert binnen de corridors van het tracé van 0 tot 33.6 meter.

Offshore is op veel plaatsen in het onderzoeksgebied enkel het *Bligh Bank Laagpakket* aanwezig. Dit lijkt in tegenspraak met de Geologische Kaart van Nederland (GKN), waarop het *Bligh Bank Laagpakket* alleen in langgerekte noord-zuid georiënteerde zones in het noordelijke deel van het onderzoeksgebied is gekarteerd (zie afbeelding 17).

Omwille van het kaartbeeld zijn voorkomens van het *Bligh Bank Laagpakket* uitsluitend op de Geologische Kaart Nederland gekarteerd als de dikte van deze eenheid meer dan 7 meter is. De langgerekte zones waar het *Bligh Bank Laagpakket* wel is gekarteerd zijn hoge zandruggen. De keuze om het *Bligh Bank Laagpakket* enkel te karteren als deze meer dan 7 meter dik is, heeft als groot voordeel dat de kaart een venster biedt naar de pleistocene en vroeg- tot midden *holocene* afzettingen die onder het *Bligh Bank Laagpakket* schuil gaan. Dekzand (Fm van Boxtel | Lp van Wierden) en löss (Fm van Boxtel | Lp van Schimmert) worden alleen weergegeven als de dikte meer dan 2 m bedraagt. Dit betekent dat de *Formatie van Boxtel* ook kan voorkomen op plaatsen waar deze niet gekarteerd is.

Offshore, buiten de Voordelta, komen op veel plaatsen onder het *Bligh Bank Laagpakket* vroeg- en midden-*holocene* getijdenafzettingen van het *Laagpakket van Wormer* voor. Op plaatsen waar het *Laagpakket van Wormer* ontbreekt komen direct onder de mobiele zandlaag van het *Bligh Bank Laagpakket* *pleistocene* eenheden voor.

De *pleistocene* tot vroeg-*holocene* afzettingen die in het offshore deel van het tracé onder het *holocene* *Laagpakket van Wormer* en/of *Bligh Bank Laagpakket* voorkomen zijn samengevat in tabel 8.

Formatie	Laagpakket   Laag	Afzettingsmilieu	Ouderdom	x 1000 jaar geleden
Boxtel	Delwijnen	rivierduinen	Laat Glaciaal en	12 - 9
	Singraven	kleinschalig fluviaal	Holoceen	15 - 9
	Wierden	eolisch		
		periglaciaal	Weichselien	115 - 12
Kreftenheye	Wijchen	overstromingskleien meanderende rivier	Laat Glaciaal en Vroeg Holoceen	12 - 9
		vlechtend en meanderend fluvioglaciaal en fluviaal (Rijn)	Pleniglaciaal en Laat Glaciaal	70 - 12
Eem	Bruine Bank	brak-marien lagunair en fluviaal gevoed lacustrien	Vroeg Glaciaal	115 - 70
		marien	Eemien	130 - 115

Tabel 8. Pleistocene en vroeg-*holocene* afzettingen die in het offshore deel van het tracé gekarteerd zijn. Deze afzettingen zijn afgedekt door *holocene* afzettingen van het *Laagpakket van Wormer* en/of het *Bligh Bank Laagpakket*. De kleuren in deze tabel komen overeen met die van de Geologische Kaart Nederland in afbeelding 17.



Afbeelding 17. Geologische Kaart Nederland (2021)

In de Voordelta wordt het Laagpakket van Wormer afgedekt door getijdenafzettingen van het Laagpakket van Walcheren. In dit deel van het tracé komt plaatselijk onder de *Formatie van Naaldwijk* zoetwatergetijdenafzettingen van de *Formatie van Echteld* en/of veen van de *Basisveen Laag* voor. Richting de kust hebben de jongere getijdenafzettingen van het *Laagpakket van Walcheren* het *Laagpakket van Wormer*, dat oorspronkelijk hier ook aanwezig was, volledig geërodeerd. Bij de zeegaten tussen de Zeeuwse eilanden en in het Veerse Meer bestaat het *Laagpakket van Walcheren* vooral uit zandige geulopvullingen. De diepe geulen snijden vroeg-*pleistocene* meanderend fluviatiele en estuariene afzettingen van de Rijn en Maas aan. Deze kleien en zanden worden tot de *Formatie van Waalre* gerekend. Aan de kust gaat het *Bligh Bank Laagpakket* plaatselijk over in strandafzettingen van het *Laagpakket van Zandvoort* en duinafzettingen van het *Laagpakket van Schoorl*.

Voor de bepaling van de dikte van de *holocene* laag zijn de grid data TNO top pleistoceen model (2007) en het DTM-model van de hoogteligging van de Noordzeebodem van de Dienst Hydrografie gebruikt<sup>27</sup>. Op basis van de dikte van de *holocene* laag en de *trench*-dieptes is het aannemelijk dat de kabel plaatselijk zullen worden aangebracht in de top van de formaties die zich onder de *holocene* afzettingen bevinden (zie afbeelding 18). De variaties van dikte van de *holocene* laag langs de verschillende secties van het tracé zijn samengevat in tabel 9.



Afbeelding 18. Dikte Holocene Laag (bron grid data: TNO, GeoTOP en DHY)

<sup>27</sup> Ebbing 1992.

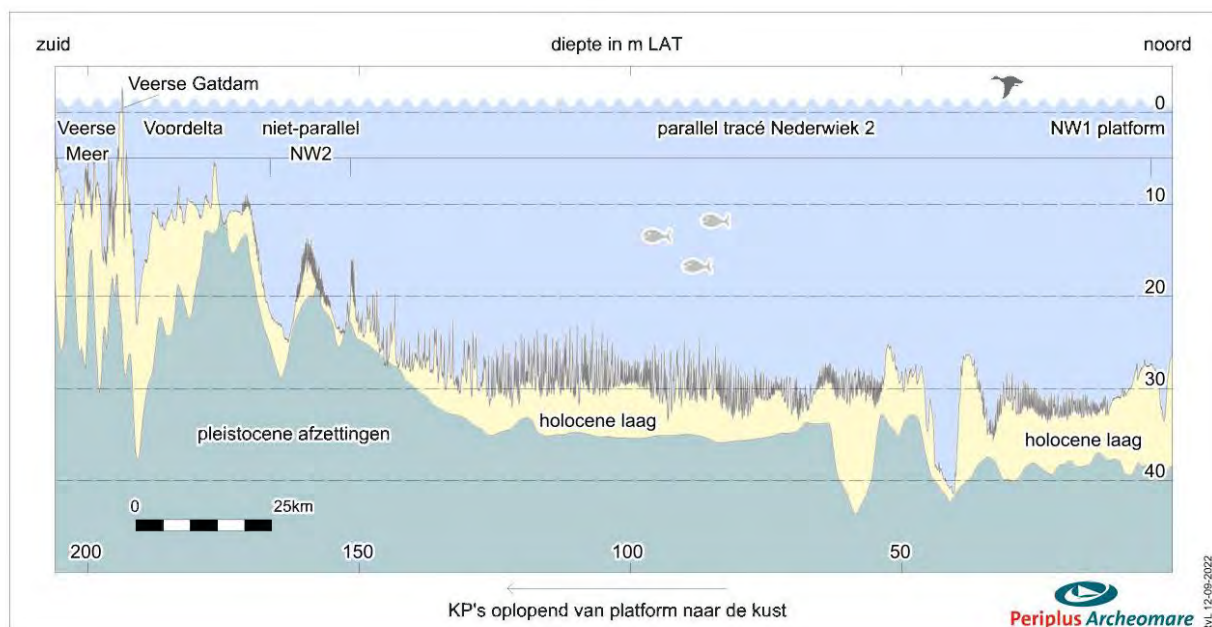
De verschillen in dikte van de *holocene* laag zijn voor een deel gerelateerd aan de morfologie van de zeebodem. Ter plaatse van de kruinen van zandduinen ligt de top van de *pleistocene* afzettingen meters dieper dan ter plaatse van de dalen tussen de duinen.

Toch is ook de top van de *pleistocene* opeenvolging een verre van vlak niveau, doordat het landschap aan het eind van het *Pleistoceen* werd gevormd door gestuwde afzettingen, duinen, dekzandzandruggen, meren en rivierdalen. De oorspronkelijke morfologie van het pleistocene landschap is ook door erosie tijdens het *Holoceen* veranderd.

In de secties vanaf de platformlocatie tot aan het punt waar Nederwiek 1 parallel gaat lopen aan Nederwiek 2 is de minimum dikte van de *holocene* laag 6 m<sup>28</sup>. In de parallelle offshore sectie van het tracé bedraagt de minimum dikte van de *holocene* laag 0 m. Dit betekent dat *pleistocene* afzettingen plaatselijk dagzomen aan de zeebodem. Dit geldt ook voor het tracé in de Voordelta en het Veerse Meer. In afbeelding 19 zijn de plekken waar de *pleistocene* afzettingen ontsloten zijn duidelijk te zien. In de Voordelta en het Veerse Meer zijn de verschillen in dikte van de *holocene* laag groot. Nabij de Veerse Gatdam is de dikte van de *holocene* laag 28 m. De variaties in het Veerse Meer houden verband met het voorkomen van diepe geulen en hoog opgeslibde zandplaten.

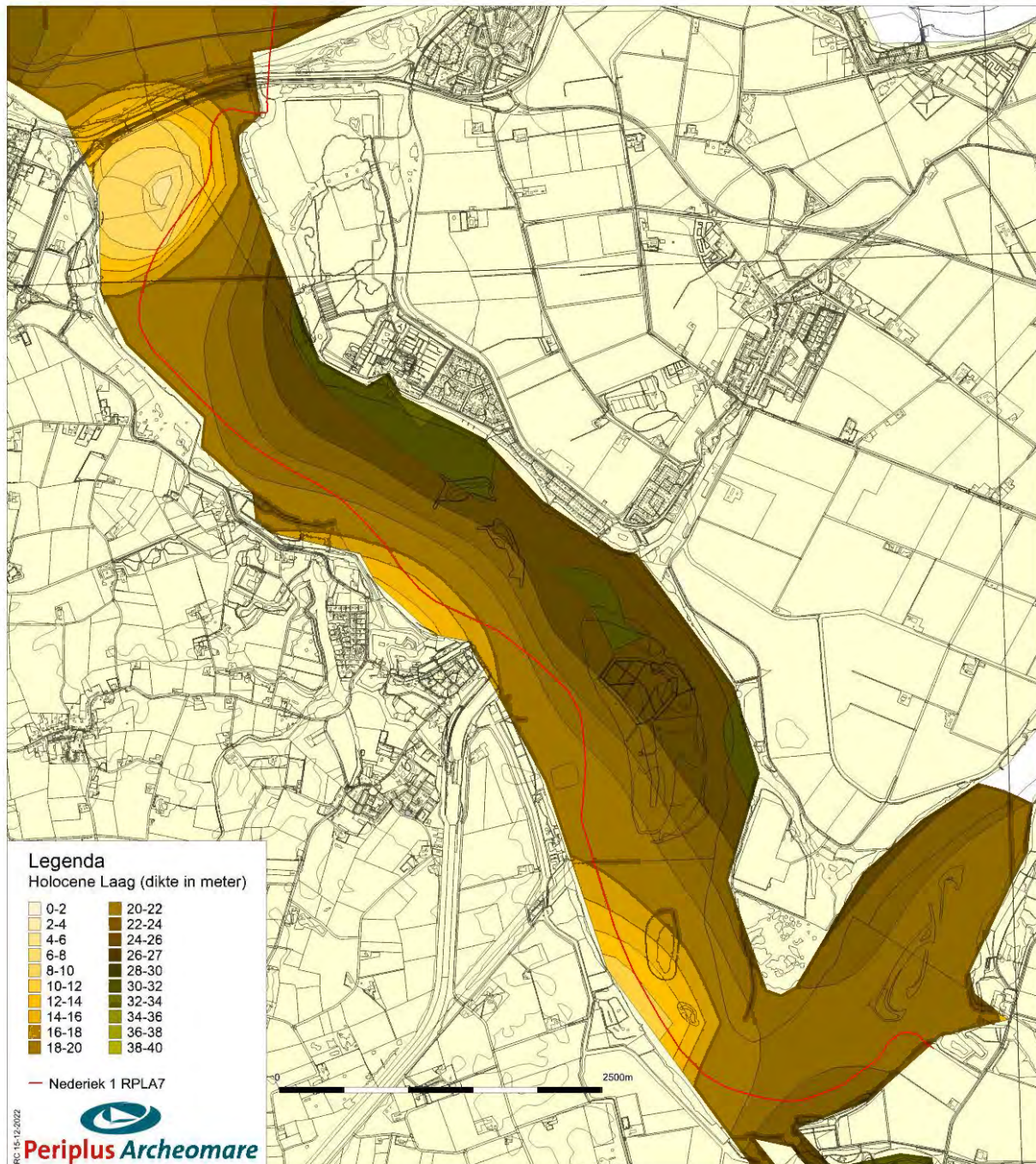
Nederwiek 1 Sectie van noord naar zuid		Lengte kabeltracé	Dikte holocene laag (m)	
			Minimum	Maximum
Platform	tot parallel Nederwiek 2	4118 m	6	12
Offshore	parallel Nederwiek 2	147458 m	0	15
Offshore	niet parallel Nederwiek 2	14835 m	0	6
Voordelta		27371 m	0	28
Veerse Meer		12218 m	0	25

Tabel 9. Variaties in dikte van de holocene laag langs het tracé Nederwiek 1



Afbeelding 19. Profiel holocene laag | top pleistocene afzettingen tracé

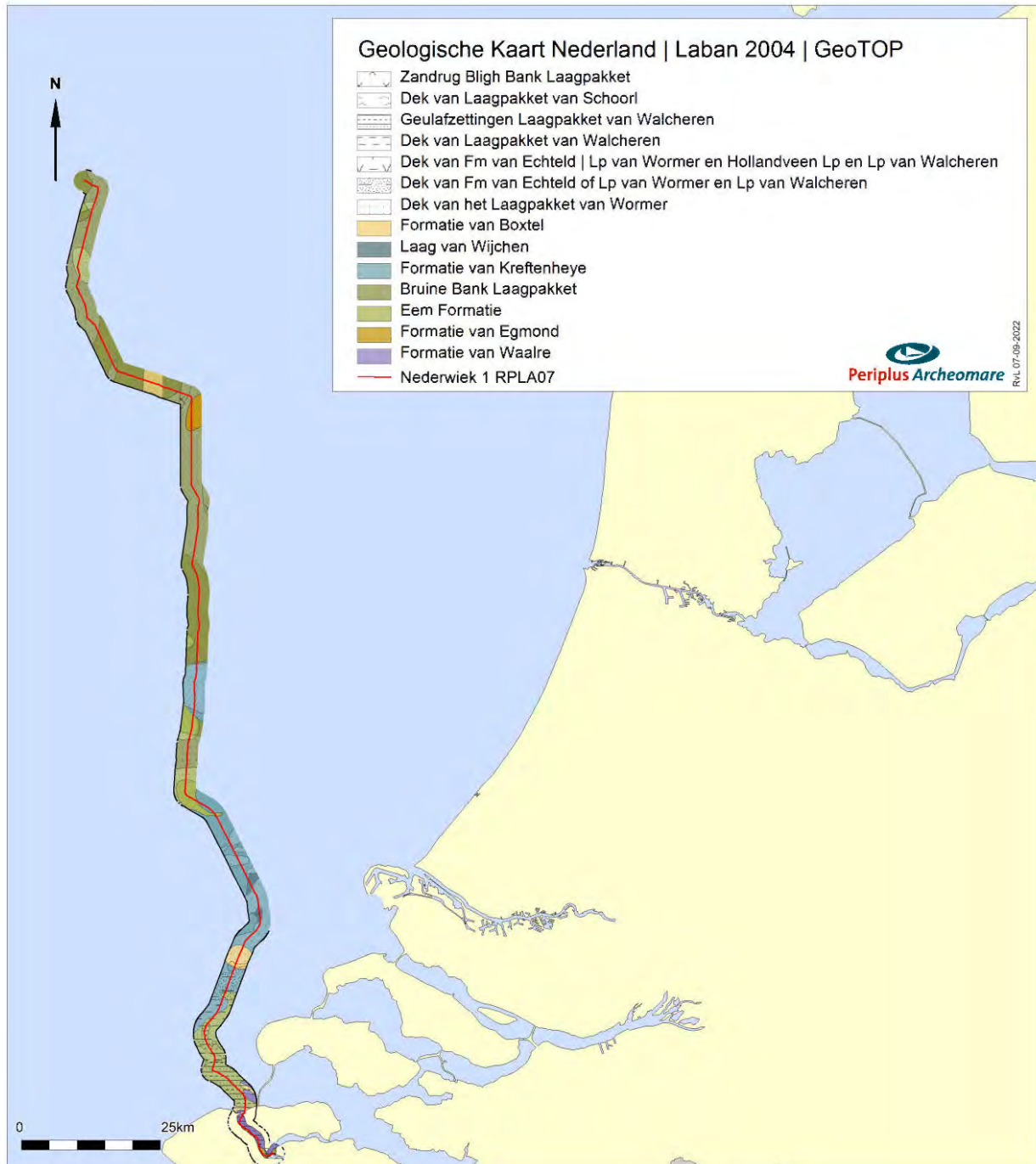
<sup>28</sup> De *KP-waarde* van het punt waar het tracé van Nederwiek 1 parallel gaat lopen aan Nederwiek 2 is door Periplus Archeomare bij benadering vastgesteld. Het gaat dus niet om een *KP* die door de opdrachtgever als officiële waarde is aangeleverd.



Afbeelding 20. Dikte holocene laag in het Veerse Meer

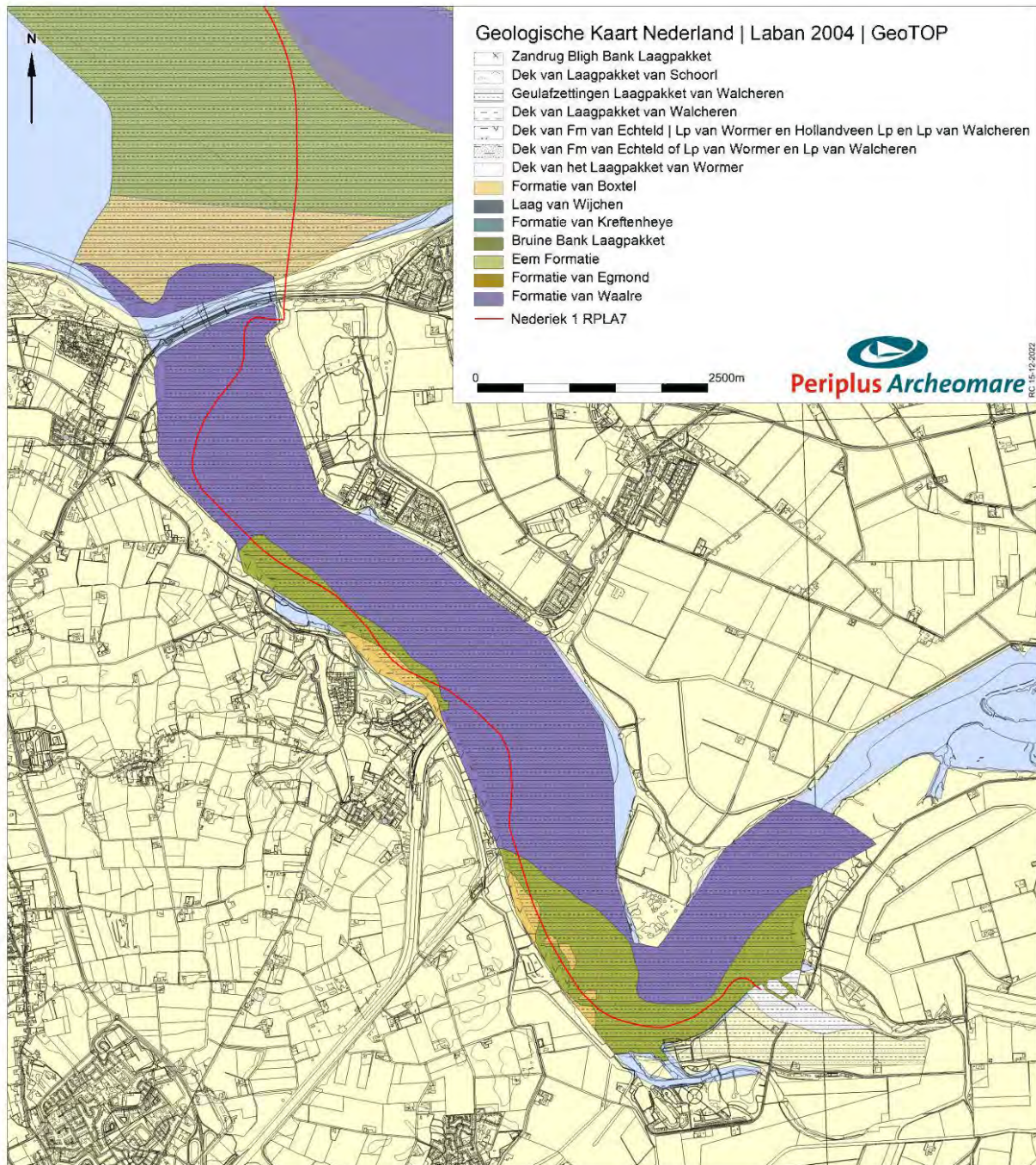
In afbeelding 21 zijn de *pleistocene* formaties weergegeven die onder een dek van *holocene* afzettingen voorkomen. De *holocene* afzettingen van de laagpakketen van Wormer, Walcheren, Schoorl en Bligh Bank (> 7 m) die in afbeelding 17 zijn weergegeven, zijn in deze afbeelding met een rastersymbool (puntjes, streepjes, kruisjes) tegen transparante achtergrond weergegeven. Zodoende wordt direct duidelijk welke pleistocene afzettingen onder het *holocene* dek voorkomen, zonder dat de informatie omtrent het type *holocene* afzetting | de lithostratigrafische eenheid die de pleistocene formaties afdekt verloren gaat. Deze zogenaamde subcropkaart is samengesteld met behulp van gegevens uit de Geologische Kaart Nederland, de Top Pleistocene Map van Laban (2004) en in het Veerse Meer grid data uit de GeoTOP database.

De belangrijkste *pleistocene* eenheden die op uitgebreide schaal offshore voorkomen zijn mariene afzettingen van de *Egmond Ground Formatie*, de mariene afzettingen van de *Eem Formatie* met aan de top brakwaterkleien van *Brown Bank Laagpakket*, en fluviatiele afzettingen van de *Formatie van Kreftenheye* met plaatselijk aan de top overstromingskleien van het Laagpakket van Wijchen.



Afbeelding 21. Subcropkaart Top Pleistoceen (Combinatie Geologische Kaart Nederland; Top Pleistocene Map, Laban 2004 & GeoTOP)

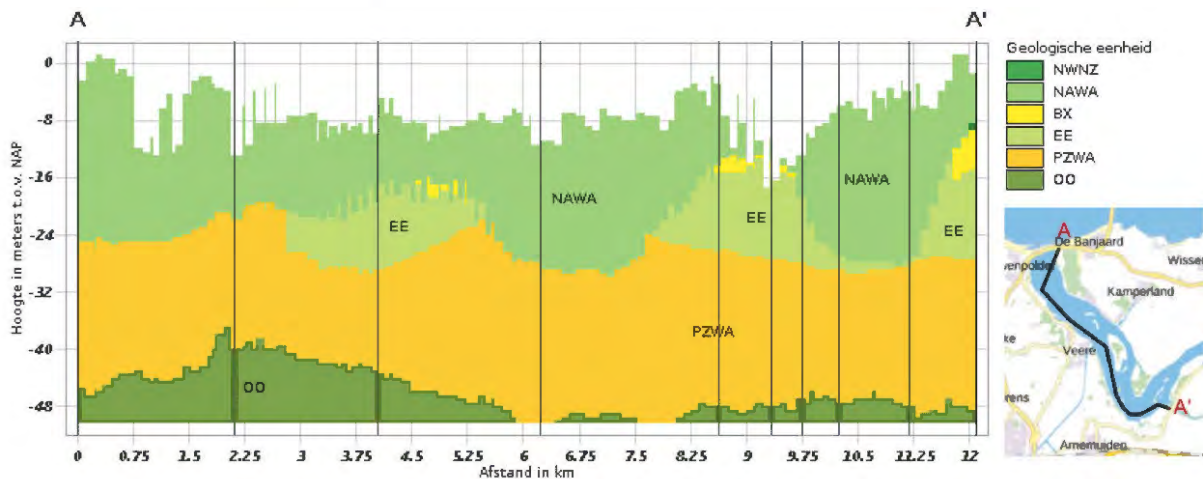
In het Veerse Meer bestaan de *pleistocene* eenheden uit de oude rivierafzettingen van de *Formatie Waalre/Peize*, mariene afzettingen van de *Eem Formatie* en terrestrische afzettingen van de *Formatie van Boxtel* (zie afbeelding 22).



Afbeelding 22. Detail Veerse Meer subcropkaart Top Pleistoceen (Combinatie Geologische Kaart Nederland; Top Pleistocene Map, Laban 2004 & GeoTOP)



Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4



Afbeelding 23. Profiel Veerse Meer (bron: DINO Loket)

Afbeelding 23 toont een geologisch profiel van het Veerse Meer. In het profiel is te zien dat plaatselijk mariene afzettingen van de *Eem Formatie* en terrestrische afzettingen van de *Formatie van Bostel* bewaard zijn gebleven. Daaronder komen oudere rivierafzettingen van de *Formatie van Waalre* voor. Zowel de *pleistocene* als de *holocene* lithostratigrafische eenheden die in het onderzoeksgebied voorkomen worden hieronder uitgebreid besproken.

#### Formatie van Waalre|Peize

De *Formatie van Waalre* bestaat uit gestapelde fining-upward sequenties<sup>29</sup> van grijs tot grijswit uiterst fijn tot uiterst grof (63-2000 µm), glimmerhoudend zand. Het zand is deels bont met rode korrels in grove fractie en plaatselijk sterk grindig (o.a. lags). Binnen de opeenvolging kunnen blauwgrijze tot bruin-grijze kleilagen en -laagjes, siltig tot zandig, met veeninschakelingen en sideriet voorkomen. De gelaagde klastische sedimenten zijn afgezet door meanderende rivieren, met geul-, kronkelwaard-, oever- en komafzettingen. De formatie omvat ook estuariene en lagunaire klei met lagen zand en humeus materiaal. De afzettingen dateren uit het laat Plioceen (Reuverien) tot vroeg Pleistoceen (Menapien).

#### Egmond Ground Formatie

De *Egmond Ground Formatie* bestaat uit fijnkorrelige mariene zanden met sporen van schelpen of schelpfragmenten. De formatie kan plaatselijk tussengeschakelde kleilagen bevatten. De mariene zanden zijn tijdens het Holsteinien interglaciaal, 424.000 tot 374.000 jaar geleden, afgezet. De *Egmond Ground Formatie* wordt afgedekt door mariene zanden van de *Eem Formatie*, brakwaterkleien van het *Brown Bank Laagpakket* of het *Bligh Bank Laagpakket*.

#### Eem Formatie

De *Eem Formatie* bestaat hoofdzakelijk uit (groen)grijze mariene zanden met schelpen en plaatselijk kleilagen. De sedimenten zijn tijdens het *Eemien* interglaciaal in de Eem zee afgezet<sup>30</sup>. Op de overgang van het *Eemien* naar het *Weichselien* koelde het klimaat af. De zeespiegel daalde doordat water werd vastgelegd in het ijs van de zich uitbreidende poolkappen. Dit had tot gevolg dat de Eem Zee zich terugtrok. Tijdens de regressie van de Eem Zee werden brak- en zoetwaterkleien afgezet in de lagunes en

<sup>29</sup> Fining upward: de laagjes zand, silt en klei worden naar boven toe dunner.

<sup>30</sup> Eemien: interglaciaal (warme periode), circa 130.000 tot 115.000 jaar geleden.

meren die achter bleven in de glaciale bekken. Deze meer- en lagunaire afzettingen worden apart geclassificeerd als het *Brown Bank Laagpakket* binnen de *Eem Formatie*.

#### Formatie van Kreftenheye

De *Formatie van Kreftenheye* is opgebouwd uit afzettingen van de Rijn<sup>31</sup>. Tijdens het *Weichselien* (*Pleniglaciaal*, 77 kjaar tot 24 kjaar geleden) traden in de zomermaanden pieken op in de afvoer van smeltwater vanuit het achterland. De rivier voerde in deze perioden grote hoeveelheden zand en grind naar het Noordzeegebied. De Rijn stroomde door een droog periglaciaal landschap en had een vlechtend karakter. De afzettingen zijn daardoor slecht gesorteerd. De zandige sedimenten van de *Formatie van Kreftenheye* zijn soms moeilijk te onderscheiden van de afzettingen van de *Eem Formatie*. Dit is zeker het geval als in de *Formatie van Kreftenheye* geremanieerde schelpen van de *Eem Formatie* voorkomen. Het onderscheid met de *Formatie van Boxtel* die plaatselijk boven de *Formatie van Kreftenheye* voorkomt kan ook lastig zijn, vooral als het om fluviatiele afzettingen binnen de *Formatie van Boxtel* gaat.

#### Formatie van Boxtel

De *Formatie van Boxtel* is opgebouwd uit eolische afzettingen van het *Laagpakket van Wierden* (dekzand) en beekafzettingen van het *Laagpakket van Singraven* (klei, leem, veen en fijn zand). De afzettingen dateren uit het *Weichselien* en het Vroeg *Holoceen*<sup>32</sup>. Aan het eind van het *Weichselien* (*Laat Glaciaal*, 15 kjaar tot 12 kjaar geleden) stond de zeespiegel meer dan 100 meter lager dan nu. Het zuidelijke Noordzeegebied lag droog. Tijdens periodiek extreem droge en koude omstandigheden was er maar weinig vegetatie. De polaire winden hadden vrij spel en over grote delen van het Noordzeegebied en Nederland werd fijn zand (dekzand) afgezet. De top van de *Formatie van Boxtel* kan tijdens afzetting van onder meer het *Bligh Bank Laagpakket* en de *Formatie van Naaldwijk* door erosie zijn aangetast. De *Basisveen Laag* of vroeg-*holocene* klei van de *Laag van Velsen* (lagunaire klei) daarentegen, kunnen de top van de *Formatie van Boxtel* juist hebben beschermd tegen erosie.

#### Formatie van Nieuwkoop

In het Maasmondgebied is een groot veengebied gekarteerd, dat zich naar het westzuidwesten uitstrekt in de Noordzee (zie afbeelding 24). Het gaat hier om vroeg-*holocene* kustveenafzettingen. Dit veen wordt geclassificeerd als de *Basisveen Laag*.

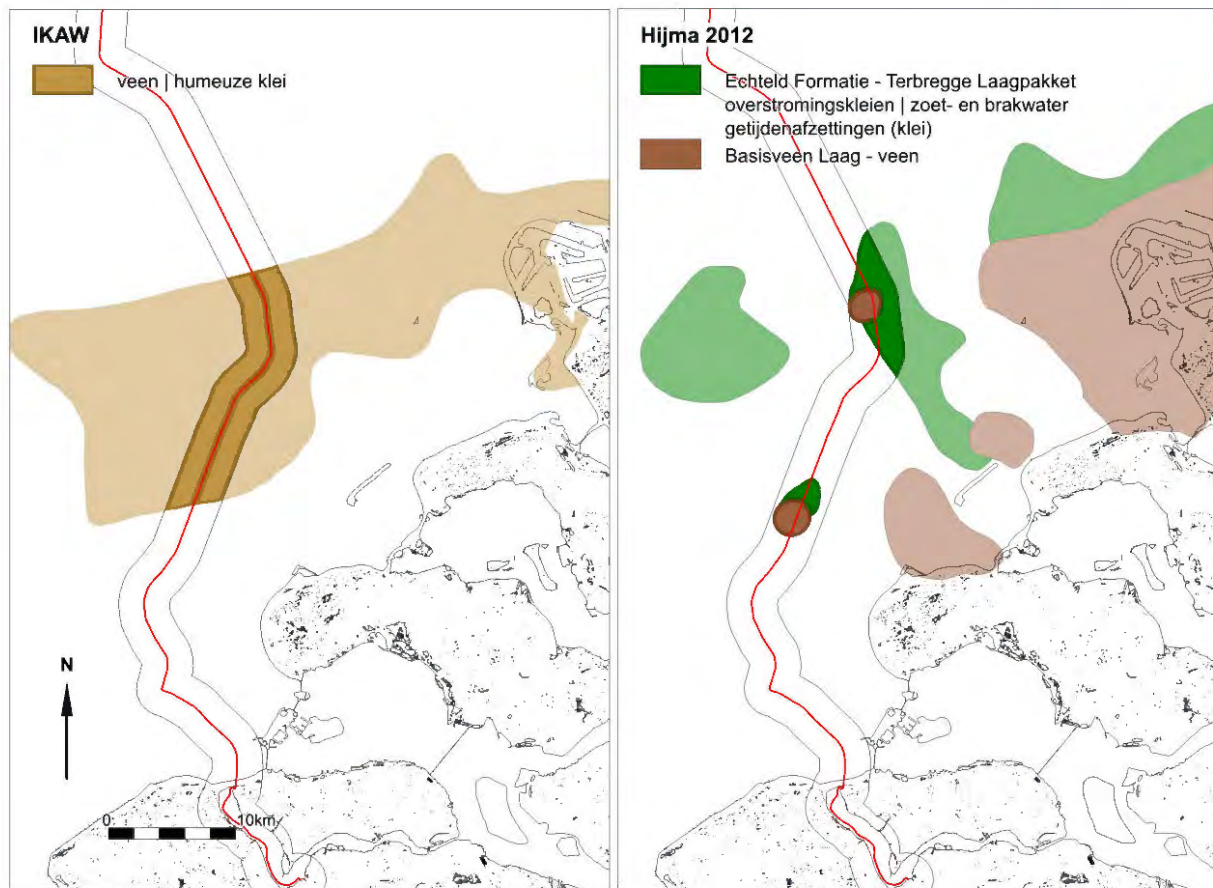
De *Basisveen Laag* werd afgezet op de overgang van het *Weichselien* naar het *Holoceen*, toen het klimaat opwarmde, de hoeveelheid neerslag toenam, de zeespiegel steeg en diensgevolge de vegetatie explosief toenam.

In afbeelding 24 zijn de bekende voorkomens van veen en klei weergegeven. Het linker deel van de afbeelding toont de voorkomens van veen en humeuze klei volgens de IKAW. De rechter afbeelding is gebaseerd op een publicatie van Hijma<sup>33</sup>. Hijma heeft de voorkomens van veen (*Formatie van Nieuwkoop/Basisveen Laag*) en zoet- en brakwatergetijdenafzettingen (*Echteld Formatie/Terbregge Laagpakket*) gekarteerd. De voorkomens van veen en klei op de IKAW komen niet geheel overeen met die van de publicatie van Hijma. Wel is duidelijk dat deze vroeg-*holocene* venen en kleien binnen het kabeltracé verwacht kunnen worden. Ook elders in het gebied kunnen al dan niet afgedekte veenlagen van de *Basisveen Laag* en gelaagde kleien van het *Terbregge Laagpakket* voorkomen.

<sup>31</sup> Weichselien: ijstijd van circa 115.000 tot 12.000 jaar geleden.

<sup>32</sup> Holoceen: interglaciaal (warme periode), 12.000 jaar geleden tot heden.

<sup>33</sup> Hijma 2012.



Afbeelding 24. Voorkomens van veen (Basisveen Laag) en klei (Terbregge Laagpakket)

#### Naaldwijk Formatie

Langs de Nederlandse kust zijn de *pleistocene* eenheden plaatselijk bedekt door *holocene* getijdenafzettingen in de vorm van zand en klei. Deze getijdenafzettingen maken deel uit van het *Laagpakket van Wormer (Formatie van Naaldwijk)*.

De vroegste klastische afzettingen zijn die van de eerdere *Laag van Velsen*. De *Laag van Velsen* bestaat uit stevige humeuze klei, soms met aanzienlijke hoeveelheden *Hydrobia* schelpen en juveniele brakwaterkokkels (*Cerastoderma glaucum*). Evenals de *Basisveen Laag* kunnen de stratigrafische eenheden onder de *Laag van Velsen* goed bewaard zijn gebleven. De zoet- en brakwatergetijdenafzettingen die tegenwoordig als *Terbregge Laagpakket | Formatie van Echteld* worden geclassificeerd, zijn in het verleden ten onrechte als *Laag van Velsen* aangemerkt. In de kustzone komen strandzanden voor die worden geclassificeerd als de *Laag van Zandvoort (Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren)*.

#### Bligh Bank Laagpakket

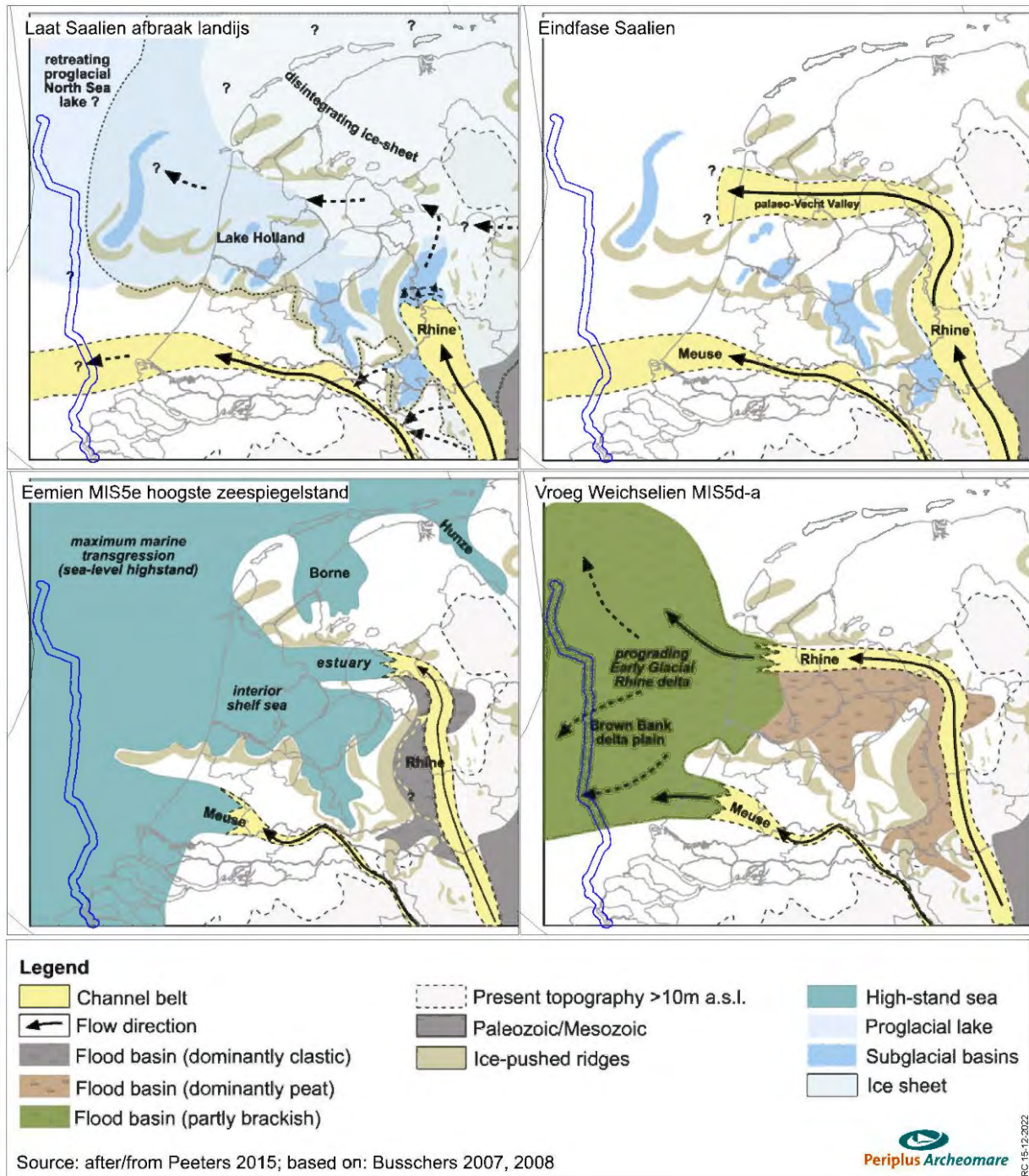
Het *Bligh Bank Laagpakket* bestaat uit mariene, matig fijn tot matig grof kalkrijk geelbruin zand met plaatselijk kleilenzen. Aan de basis kan het *Bligh Bank Laagpakket* grindig zijn.

Paleogeografische kaarten geven een goed beeld van de landschappelijke ontwikkeling tijdens de ijstijden en het warme Eem interglaciaal. De kaarten van het Saalien laten zien dat het landijs ruggen heeft opgestuwd die ten oosten van het kabeltracé BSL-2 in de ondergrond voorkomen (zie afbeelding 25; linksboven). Het voorkomen en genese van de *Eem Formatie* en het *Brown Bank Laagpakket* komt duidelijk naar voren in de onderste twee plaatjes van afbeelding 25.

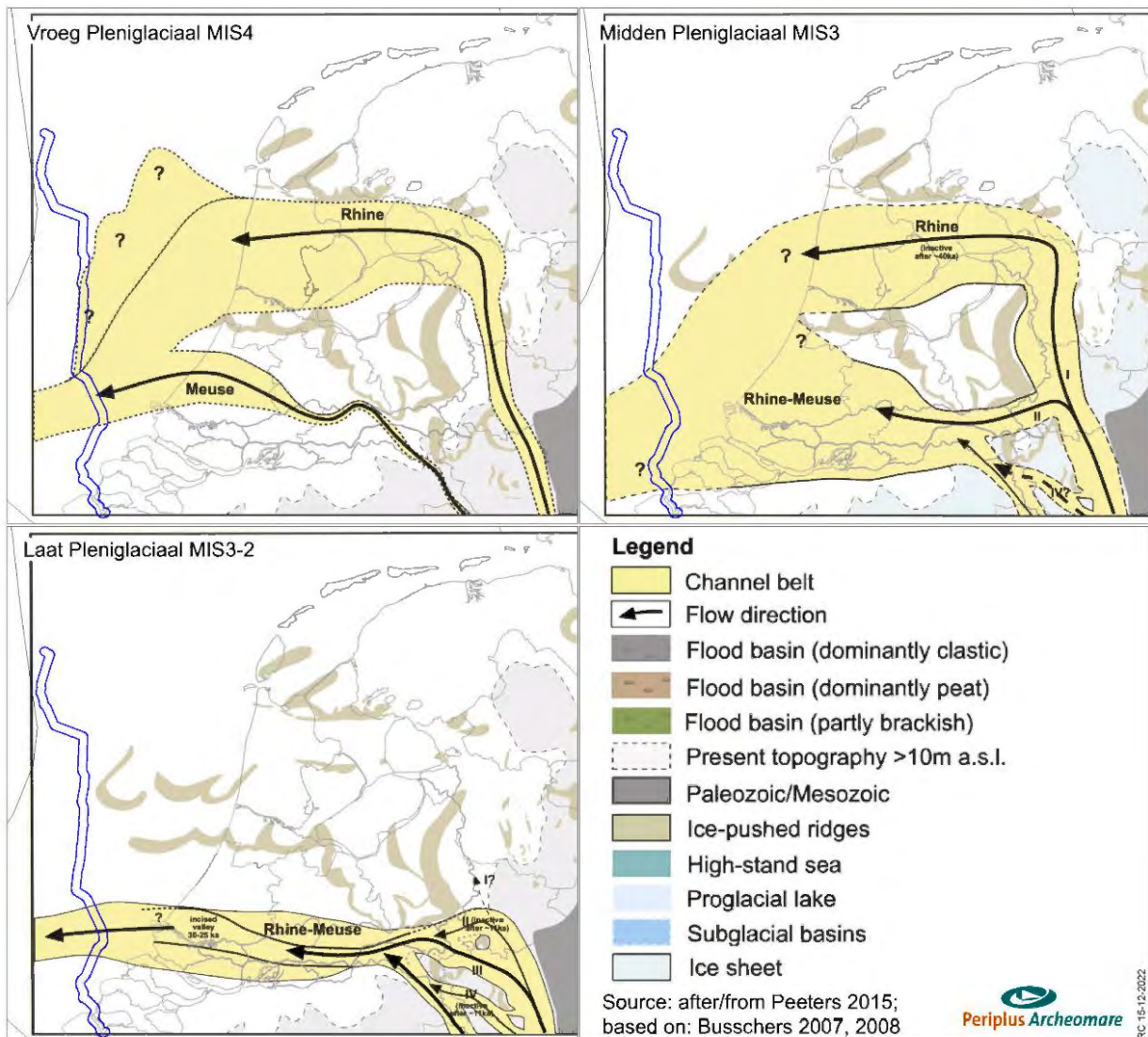
Afbeelding 26 laat duidelijk de sterke invloed van het Maas/Rijn-systeem zien tijdens het *Pleniglaciaal* (77 kjaar tot 24 kjaar geleden) en verklaart het voorkomen van deze rivierafzettingen aan de top van de *pleistocene* opeenvolging in een groot deel van het onderzoeksgebied. Voor zover de afzetting van deze rivierzanden en -grinden niet tot sterke erosie heeft geleid kunnen onder de *Formatie van Kreftenheye*, afzettingen van de *Eem Formatie* en het *Brown Bank Laagpakket* verwacht worden.

Formatie	Laagpakket Laag	Lithologie	Ouderdom	Genese	Opmerking
Southern Bight	Bligh Bank	zand	Holoceen	open marien	mobiele laag
Naaldwijk	Schoorl	zand	Holoceen	marien	strand
	Walcheren	klei en zand	Holoceen	marien	getijdenafzettingen
	Wormer	klei en zand	Holoceen	marien	getijdenafzettingen
	Velsen	humeuze klei	Holoceen	lagunair	kustzone
Echteld	Terbregge	klei	Holoceen	fluviaal	zoet- en brakwater getijdenafzettingen
Nieuwkoop	Basisveen	veen	Vroeg Holoceen	organoleptisch	kustveen
Boxtel	Delwijnen	fijn zand	Weichselien tot Vroeg Holoceen	eolisch	rivierduinen
	Wierden	fijn zand		eolisch	dekzand; poolwoestijn
	Singraven	zand, leem, klei en veen		fluviaal	beekafzettingen
Kreftenheye	Wijchen	stugge siltige klei; soms met paleosol	Laat Glaciaal (Allerød) tot Vroeg Holoceen	fluviaal	meanderende rivieren; overstromingskleien
	-	grof zand	Weichselien	fluviaal	vlechtende rivieren; beddingafzettingen
Eem	Brown Bank	klei met zandlaagjes	Eem - Vroeg Weichselien	lagunair - lacustrien	lagunes en brak- tot zoetwatermeren
	-	zand en klei	Eemien	open marien	schelpenhoudend
Egmond Ground	-	fijn zand	Holsteinien	open marien	schelpenhoudend
Waalre-Peize	-	klei en zand	Laat-Plioceen en Vroeg-Pleistoceen	fluviale en estuariene afzettingen	geulopvullingen, kom-, oever- en crevasseafzettingen; estuariene en lagunaire afzettingen

Tabel 10. Lithostratigrafie binnen het onderzoeksgebied



Afbeelding 25. Landschappelijke ontwikkeling tijdens het Laat Saalien, Eemien en Vroeg Weichselien



Afbeelding 26. Landschappelijke ontwikkeling tijdens het Pleniglaciaal (77 kjaar tot 14 kjaar geleden). Permafrostlandschap met afzetting van zand tijdens piekafvoeren door vlechtende riviersystemen van Rijn en Maas

## 2.5. Archeologische waarden (LS04)

### Archeologie Continentaal Plat algemeen

Door de voormalige Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB, nu Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed) is in samenwerking met Rijkswaterstaat dienst Zee en Delta en TNO-NITG op basis van geologische en archeologische waarnemingen een globale archeologische kaart voor het Continentaal Plat opgesteld (zie afbeelding 27)<sup>34</sup>.

De Globale Archeologische Kaart van het Continentale Plat geeft de trefkans van goed geconserveerde scheepswrakken (en daarmee veelal een scheepsvondst van hoge archeologische waarde) voor het Nederlandse deel van het Continentale Plat weer. De kaart is echter zeer beperkt bruikbaar, mede door de kleinschaligheid van 1: 500.000. Daarnaast is de kaart verouderd, omdat het de staat van kennis van 25 jaar geleden weerspiegelt.

De mate van conservering van wrakresten hangt sterk samen met geologie en morfologie. De achterliggende redenering hierbij is dat in geulafzettingen of gebieden met een “slap” sediment, een wrak snel wegzakt in de bodem en daardoor in goede staat bewaard blijft. In andere gebieden is de trefkans op scheepsresten niet per definitie lager, maar wel de trefkans op een goed geconserveerd schip waarbij de lading en de uitrusting van het schip nog aanwezig is.

Op de kaart zijn ook gebieden aangegeven waar venen en kleien bewaard zijn gebleven. Deze afdekking met klei/veen zegt uitsluitend iets over de mogelijke ligging van *pleistocene* afzettingen aan/nabij de zeebodem. Daar waar *holocene* kleien/venen zijn geërodeerd, kunnen *pleistocene* niveaus met artefacten/faunaresten aanwezig zijn. Waar het om vroeg *holocene* afzettingen gaat, kunnen bewoningsresten uit de Prehistorie voorkomen gerelateerd aan afgedekte *pleistocene* en vroeg-*holocene* landschappen.

Uit onderzoek is gebleken dat de kans op het aantreffen van prehistorische bewoningsresten in de Noordzee veel groter is dan aanvankelijk werd gedacht<sup>35</sup>. De archeologische verwachtingskaart voor het Nederlands Continentaal Plat zal daarom moeten worden herzien. In 2016 heeft Deltares een eerste kaart opgezet van het prehistorische potentieel van de Noordzee (zie afbeelding 28)<sup>36</sup>. Deze archeologische potentiëkaart is grotendeels gebaseerd op de Top Pleistocene map<sup>37</sup>, waarbij aan de door *holocene* afzettingen afgedekte *pleistocene* eenheden een archeologische potentie is toegekend. Op plaatsen waar deze eenheden zijn afgedekt door vroeg-*holocene* klei en/of veen is de kans aanwezig, dat deze lagen klei en/of veen onderliggende *pleistocene* eenheden en eventueel daarin besloten archeologische niveaus hebben beschermd tegen erosie<sup>38</sup>. Zo is in gebieden waar door Laban de *Formatie van Boxtel* is gekarteerd, de archeologische potentie ‘Residuaire Laate *Paleolithicum* / *Mesolithicum*’ gekarteerd. Met andere woorden: resten uit het Laate *Paleolithicum* en *Mesolithicum* kunnen in deze gebieden voorkomen, maar deze resten kunnen door erosie zijn aangetast (vandaar: ‘Residuaire’). Op plaatsen waar de *Formatie van Boxtel* (naar verwachting) is afgedekt door veen en/of klei, is aan deze eenheid de archeologische potentie ‘Laate *Paleolithicum* / *Mesolithicum*’, zonder de toevoeging ‘Residuaire’, toegekend. Het is belangrijk om te bedenken, dat het voorkomen en de grenzen van de in kaart gebrachte

<sup>34</sup> IKAW 3<sup>e</sup> generatie, RCE 2008.

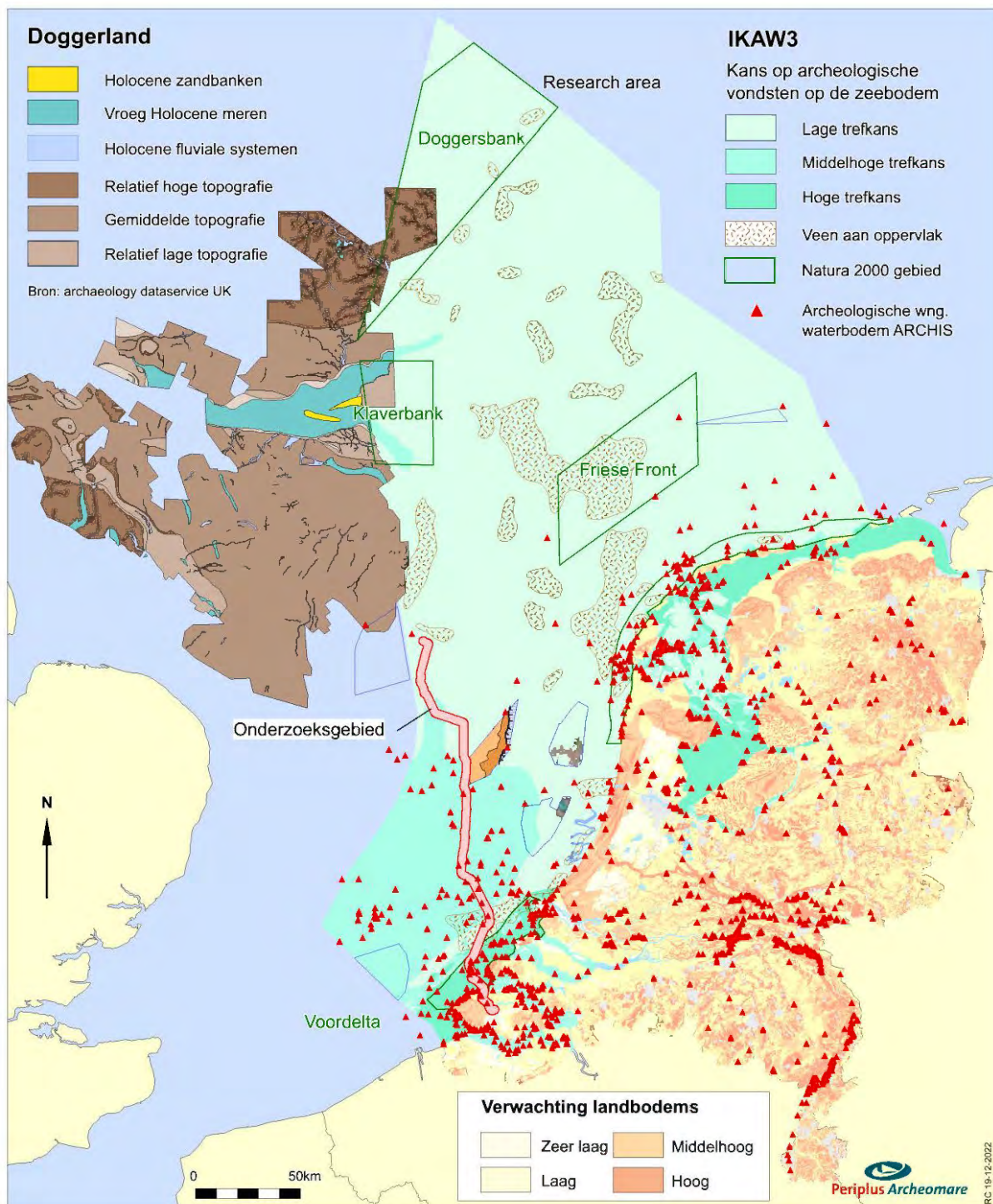
<sup>35</sup> Zie het project ‘North Sea paleolandscapes’ van de Universiteit van Birmingham en North Sea Research and management Framework 2009 (Peeters 2009).

<sup>36</sup> Vonhögen . 2016.

<sup>37</sup> Laban 2004.

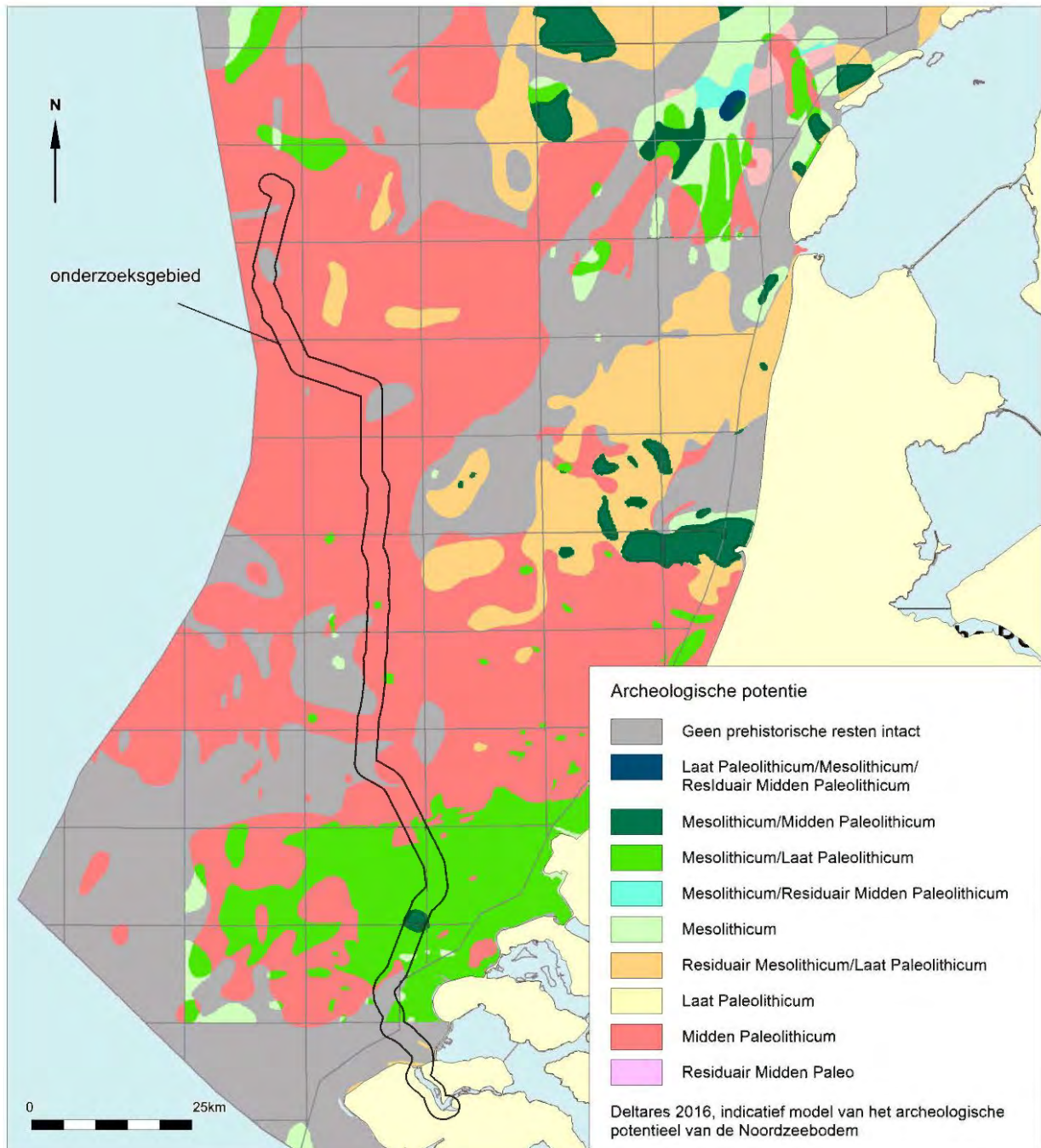
<sup>38</sup> Bronbestand veen en klei: IKAW.

lithostratigrafische eenheden gebaseerd zijn op een beperkte hoeveelheid geologische gegevens. Het voorkomen en de grenzen van lithostratigrafische eenheden moeten daarom niet als definitief worden beschouwd, maar een indicatie van wat te verwachten is in het gebied, daarmee een kader vormend voor verder onderzoek. Ook morfologische fenomenen zoals door landijs gevormde stuwwallen zijn bij het vaststellen van de archeologische potentie in deze kaart niet meegewogen.



Afbeelding 27. Overzichtkaart archeologiewaarden van het Nederlands Continentaal Plat





Afbeelding 28. Archeologische potentie voor prehistorische resten

Volgens dit model zijn in het noordelijke deel van het tracé voornamelijk resten uit het Midden *Paleolithicum* te verwachten. In het centrale zuidelijk deel zijn ook *in situ* resten uit het Laatste *Paleolithicum* en *Mesolithicum* te verwachten.

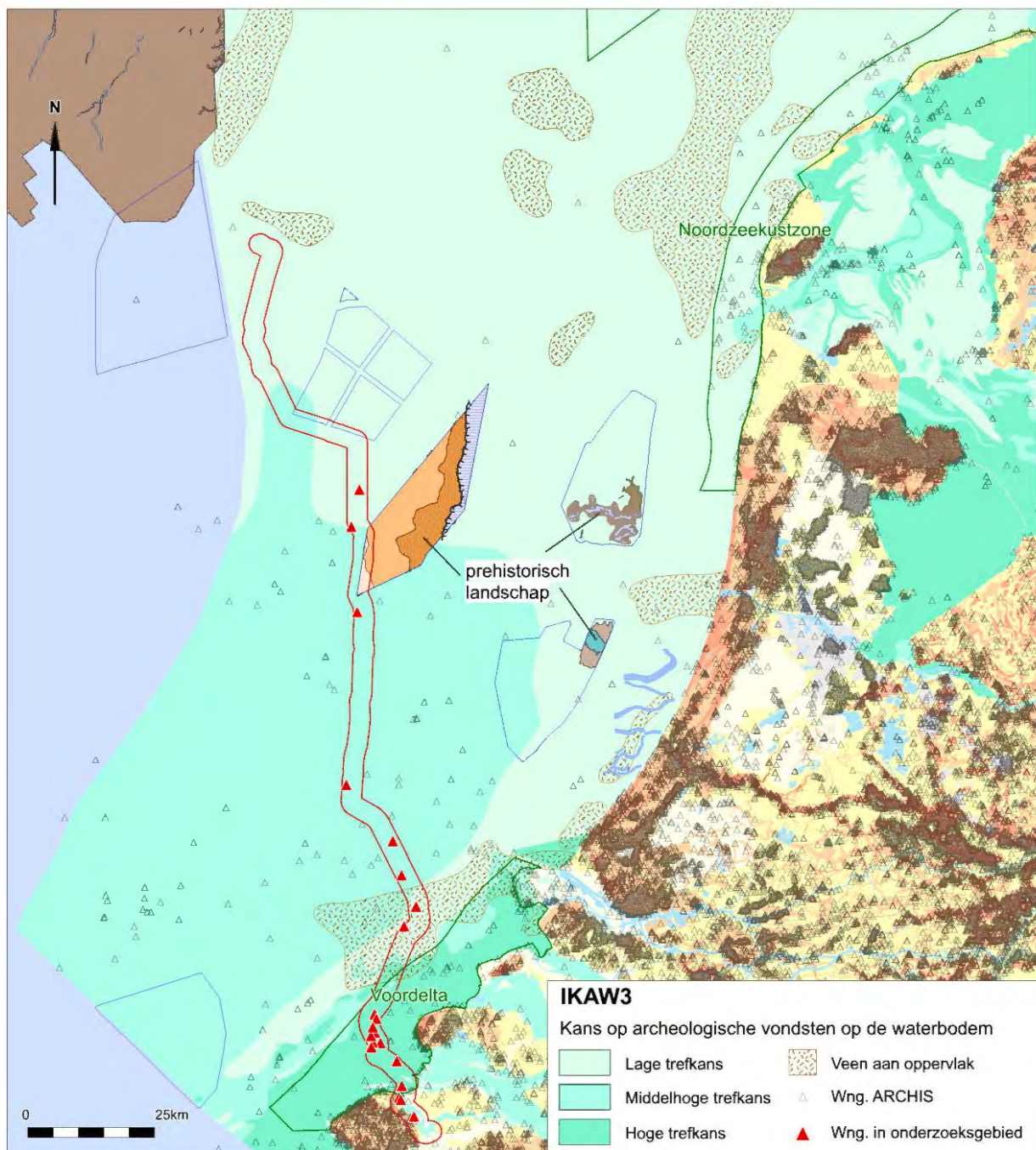
In de Voordelta worden geen intacte prehistorische resten verwacht. Het gekarteerde gebied waar geen intacte prehistorische resten worden verwacht valt samen met gebieden waar aan de top van de pleistocene opeenvolging mariene afzettingen van de *Eem Formatie* of oudere Tertiaire formaties worden verwacht. Het is echter belangrijk om hierbij aan te tekenen dat, volgens de paleogeografische kaarten van Peeters (zie afbeelding 25 en afbeelding 26), na de afzetting van mariene sedimenten tijdens het *Eemien*, de Rijn door het gebied stroomde tijdens het *Weichselien*. Het gevonden Neanderthaler

shedelfragment is vermoedelijk afkomstig uit de context van deze rivierafzettingen, wat erop wijst dat ook gebieden die volgens de kaart een lage archeologische potentie hebben, prehistorische resten kunnen bevatten.

### Omgeving onderzoeksgebied

ARCHIS II is de officiële database van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed waarin alle archeologische vondsten en waarnemingen binnen Nederland en de territoriale wateren zijn opgeslagen. De database bevat meer dan 69.000 locaties (voornamelijk op land) waar archeologische waarnemingen gedaan zijn.

Onderstaande afbeelding geeft een overzicht van bekende waarnemingen uit ARCHIS geprojecteerd op de IKAW3.



Afbeelding 29. Overzicht van de ARCHIS waarnemingen binnen het onderzoeksgebied

Tijdens onderzoeken in de geplande windparken Hollandse Kust (zuid), (noord) en (west) zijn geconserveerde prehistorische landschappen in kaart gebracht. Uit deze onderzoeken is naar voren gekomen, dat in het Noordzeegebied intacte prehistorische landschappen voorkomen die tijdens bodemingrepen, zoals het leggen van kabels, kunnen worden verstoord. Tijdens de aanleg van kabels naar het Hollandse Kust (zuid) windpark zijn op de *kabeltrencher* meer dan 45 duizend jaar oude mammoetbotten gevonden, die afkomstig zijn uit primaire context. In met fijn zand opgevulde geulen zijn de botten zeer goed bewaard gebleven<sup>39</sup>. Dit heeft geleid tot het inzicht dat het laat-pleistocene rivierenlandschap, waarvan de afzettingen tot de *Formatie van Kreftenheye* worden gerekend, in ieder geval plaatselijk goed geconserveerd is.

Binnen het onderzoeksgebied zijn 21 archeologische vindplaatsen bekend. Het merendeel betreft scheepswrakken, onderdelen van wrakken of scheepvaart gerelateerde objecten. De scheepvaart gerelateerde vondsten worden verderop in dit hoofdstuk besproken. De overige vondsten betreffen fragmenten aardewerk en botresten uit de Late IJzertijd en de Romeinse tijd. De vondsten zijn beschreven in tabel 11; de locaties van de vondsten zijn weergegeven in afbeelding 29.

ARCHIS3	Locatie				
zaakid.	RDx	Rdy	toponiem	Type	Periode
3174911100	29817	411786	Geul Van De Banjaard 1 Ncp Blok S5	vaatwerk	Romeinse Tijd
3153535100	24697	462868	Noordzee Eurogeul 10 Ncp Blok P17	schip	Middeleeuwen
3153495100	33552	451508	Noordzee Eurogeul 3 Ncp Blok P17	schip	Nieuwe Tijd Laat
2966920100	37763	438417	Noordzee Ncp Blok S3	schip	Nieuwe Tijd Laat
2967877100	28864	417467	Hondengat 1 Ncp Blok S5	schip	Nieuwe Tijd Midden
3153949100	29184	416548	Banjaard Ncp Blok S5	schip	Middeleeuwen
3171403100	33100	400900	Veerse Meer 1	schip	Nieuwe Tijd Vroeg
2910065100	28771	413792	Schouwen Banjaard 1	schip	Nieuwe Tijd Midden
3035583100	28296	411980	Schouwen Banjaard 2	schip	Nieuwe Tijd Midden
3035875100	35084	444686	Ncp Blok S2 1	schip	Nieuwe Tijd
3175138100	28015	413225	Noordzee Monding Oosterschelde Ncp Blok S5	schip	Nieuwe Tijd Laat
3038320100	32968	408101	Noordzee Monding Oosterschelde Ncp Blok S8	schip	Nieuwe Tijd Laat
3218635100	33442	400463	Veerse Meer 2	schip	Nieuwe Tijd Laat
3045019100	28435	414910	Geul Van De Banjaard 3 Ncp Blok S5	schip	Nieuwe Tijd
3259865100	35950	397050	Rede Veere 01	pijp	Nieuwe Tijd Vroeg
3278146100	28024	496886	Noordzee IJgeul NCP Blok P11 3	schip	Nieuwe Tijd Midden
3289981100	35270	434618	Ankergebied 4West wrak 2	schip	Nieuwe Tijd
3182428100	28000	411000	Geul Van De Banjaard 2 Ncp Blok S5	kanon	Nieuwe Tijd Vroeg
4022398100	33800	403125	Hompels	schip	Romeinse Tijd
4028335100	29245	520972	Anna Graebe	schip	Nieuwe Tijd
4031307100	27422	513697	Poppetjes wrak 2246	kanon	Nieuwe Tijd

Tabel 11. Bekende waarnemingen uit ARCHIS binnen het onderzoeksgebied

<sup>39</sup> Cassée et al., 2021.

Het merendeel van de archeologische vondsten dat niet gerelateerd is aan scheepswrakken, betreft vondsten uit de prehistorie en (proto)historie. Buiten het onderzoeksgebied zijn ook resten uit andere perioden bekend, zoals benen en vuurstenen artefacten uit de Steentijd en resten uit de Bronstijd.

### Overige objecten en waarnemingen

Voor een overzicht van bekende waarnemingen binnen het onderzoeksgebied is gebruik gemaakt van de database van het Nationaal Contact Nummer (NCN).

#### **Het Nationaal Contact Nummer (NCN)**

De NCN database combineert de gegevens van drie verschillende overheidsbronnen:

- Het Wrakkenregister van de Dienst der Hydrografie;
- De SonarReg92 objecten database van Rijkswaterstaat;
- De ARCHISII database van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed

De NCN database is eigendom van en wordt beheerd door Rijkswaterstaat Zee en Delta. Toestemming voor het gebruik van de gegevens is verleend door de contactpersoon bij Rijkswaterstaat Zee en Delta<sup>40</sup>.

Binnen de NCN database heeft ieder object op de Nederlandse waterbodem een uniek nummer (NCN). Dit is gebaseerd op één of meerdere onderliggende databases.

In totaal zijn 43 scheepswrakken en 293 andere NCN waarnemingen bekend binnen het onderzoeksgebied. Een overzicht wordt gegeven in afbeelding 30. Een lijst van de bekende scheepswrakken binnen het onderzoeksgebied is opgenomen in bijlage 3.

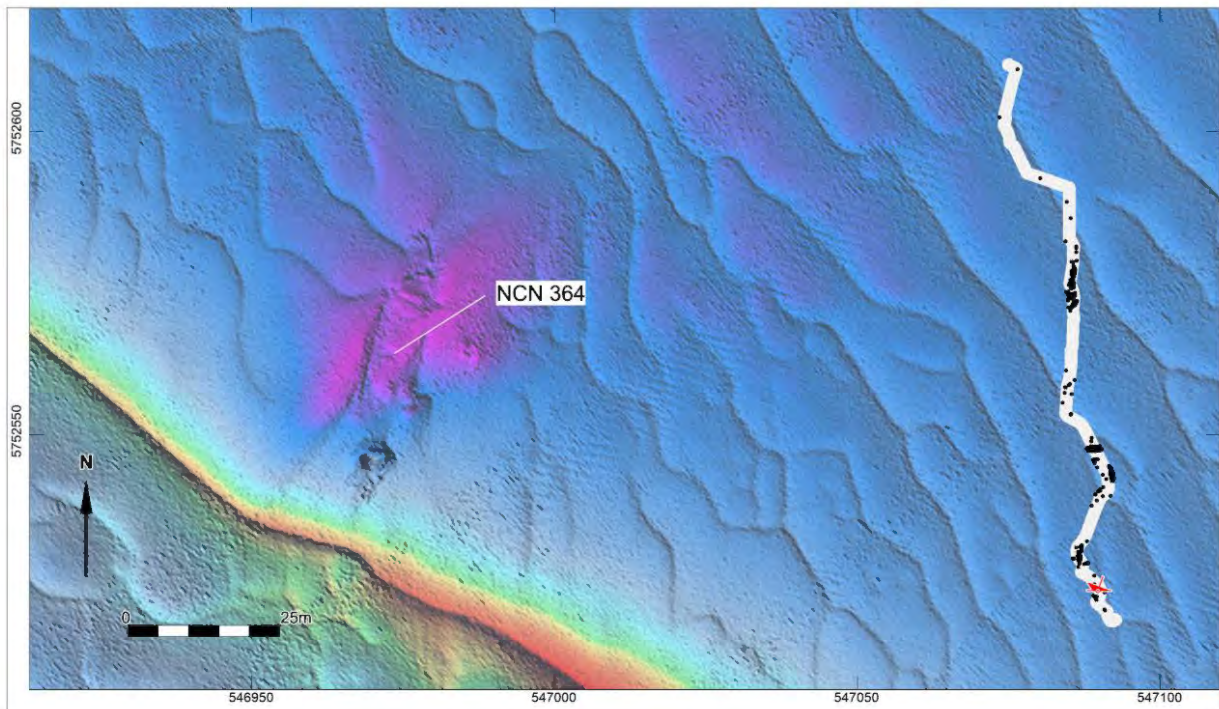
<sup>40</sup> Gegevensbeheerder RWS (ZD) per e-mail.



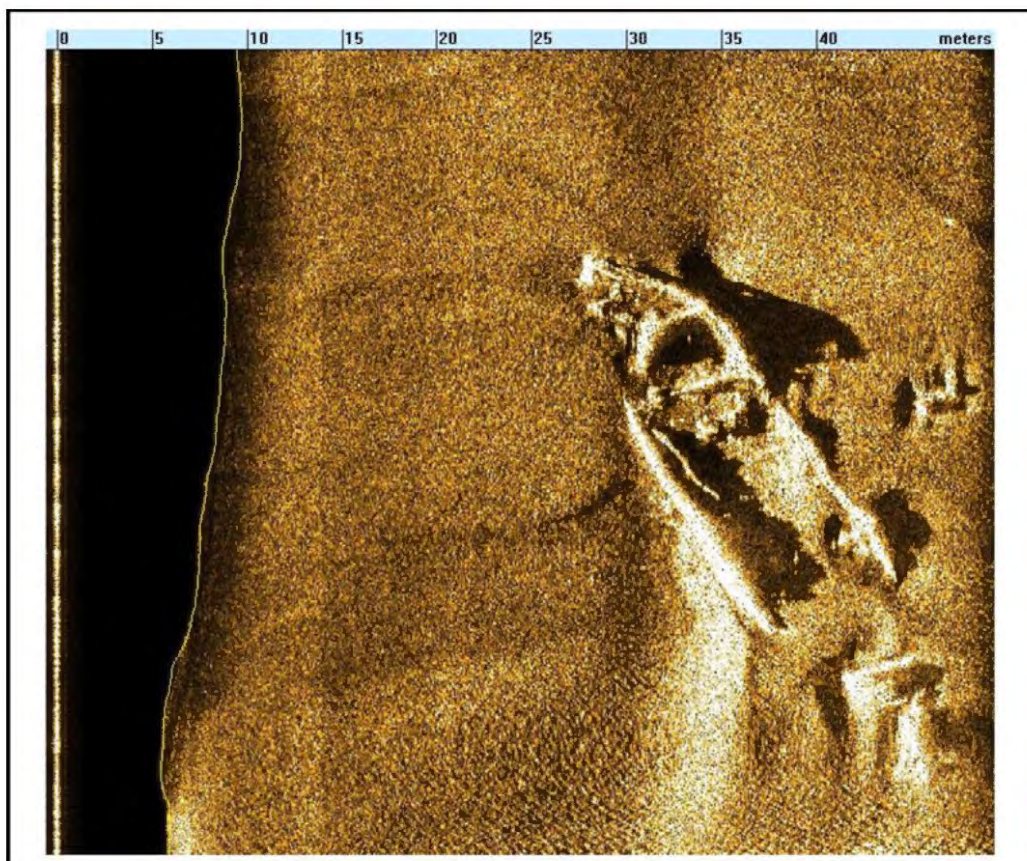
Afbeelding 30. Bekende wrakken (NCN) binnen het onderzoeksgebied

Van een (beperkt) aantal wraklocaties zijn geofysische opnamen beschikbaar. Hieronder worden enkele voorbeelden gegeven.

Het wrak NCN 364 betreft het wrak van een vermoedelijk negentiende-eeuws stoomschip dat nog niet is geïdentificeerd. Het heeft zichtbare afmetingen van 45 x 9 meter en ligt grotendeels begraven in de zeebodem.




Afbeelding 31. Multibeamopnamen van wrak NCN 364




Afbeelding 32. Sidescan sonar opname van wrak NCN 364

NCN 1670 betreft het betonnen caisson AX 177, dat in 1953 verloren is gegaan.

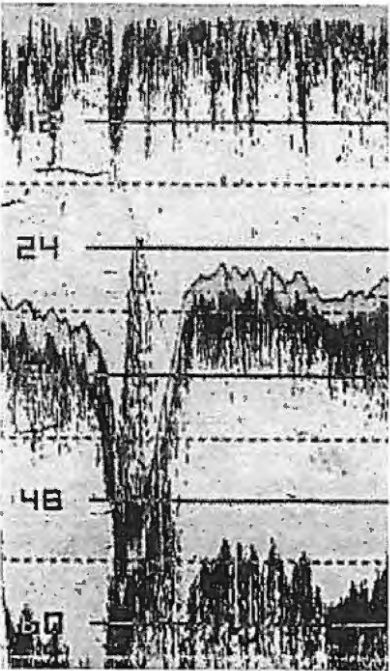


# Caisson AX 177

N 51°36'62 - E 03°38'47



Lokatie: Oostkop Hompels  
Hoogte van het wrak: 3 meter  
Diepte: 7 meter

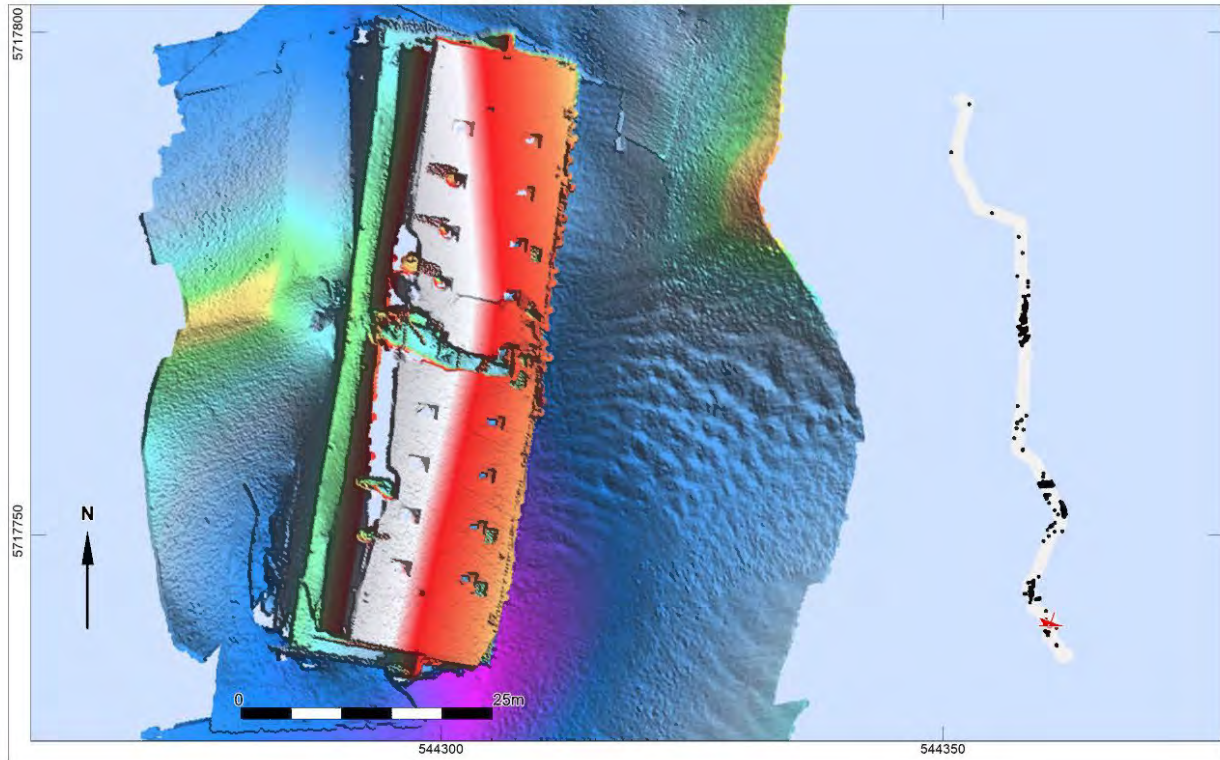


Na de overstromingsramp in de winter van 1953, zag men onmiddellijk de noodzaak om, net zoals na de 2e wereldoorlog, Britse caissons (grote betonnen bakken) te gebruiken om de bressen in de dijken te dichten. Voor 80.000 gulden per stuk, leverde de Britse regering 8 AX-caissons aan Nederland.

Op dat moment lagen de bakken afgezonken voor Portland en deden daar dienst als golfbreker. De firma L. Smit en Co kreeg de opdracht om ze via het kanaal naar Zeeland te slepen. Zo vertrok de AX 177 op 10 juli 1953 in Engeland om enkele dagen later te stranden op de oostkop van de Hompels en er nooit meer af te komen.

Afbeelding 33. Achtergrondinformatie van het gezonken caisson AX 177 (NCN 1670)

Het wrak van het caisson is tijdens de survey voor het tracé Net op Zee IJmuiden Ver Alpha opgenomen met multibeam echolood<sup>41</sup>. De resultaten van deze survey zijn nog niet gepubliceerd.



Afbeelding 34. Multibeamopname betonnen caisson AX 177 gezonken op 10 juli 1953 (NCN 1670)

Van de in totaal 43 wrakken die binnen het onderzoeksgebied bekend zijn, zijn 15 opgenomen in de ARCHIS database van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed. Van vier wrakken is bekend dat ze na 1950 zijn vergaan. Een van deze recente wrakken is het wrak van een zeilbootje in het Veerse Meer, dat op 13 juni 2006 gezonken is (NCN 15302). De recente wrakken hebben geen archeologische waarde. Hierbij moet worden aangetekend dat het caisson (NCN 1670) zeker een herinneringswaarde heeft, omdat de caissons gebruikt zouden worden voor het dichtmaken van de gaten die tijdens de watersnoodramp van 1953 in de dijken waren geslagen. Van de overige wrakken is de archeologische waarde nog niet bepaald. Afgezien van de mogelijk archeologische waarde kunnen alle bekende wrakken obstakels vormen voor de voorgenomen werkzaamheden.

<sup>41</sup> Van den Brenk en van Lil, in voorbereiding.



### Overige objecten

Naast de 43 wrakken zijn in de SonarReg database van Rijkswaterstaat 336 andere contacten bekend binnen het onderzoeksgebied. Een overzicht wordt gegeven in tabel 12 en afbeelding 35.

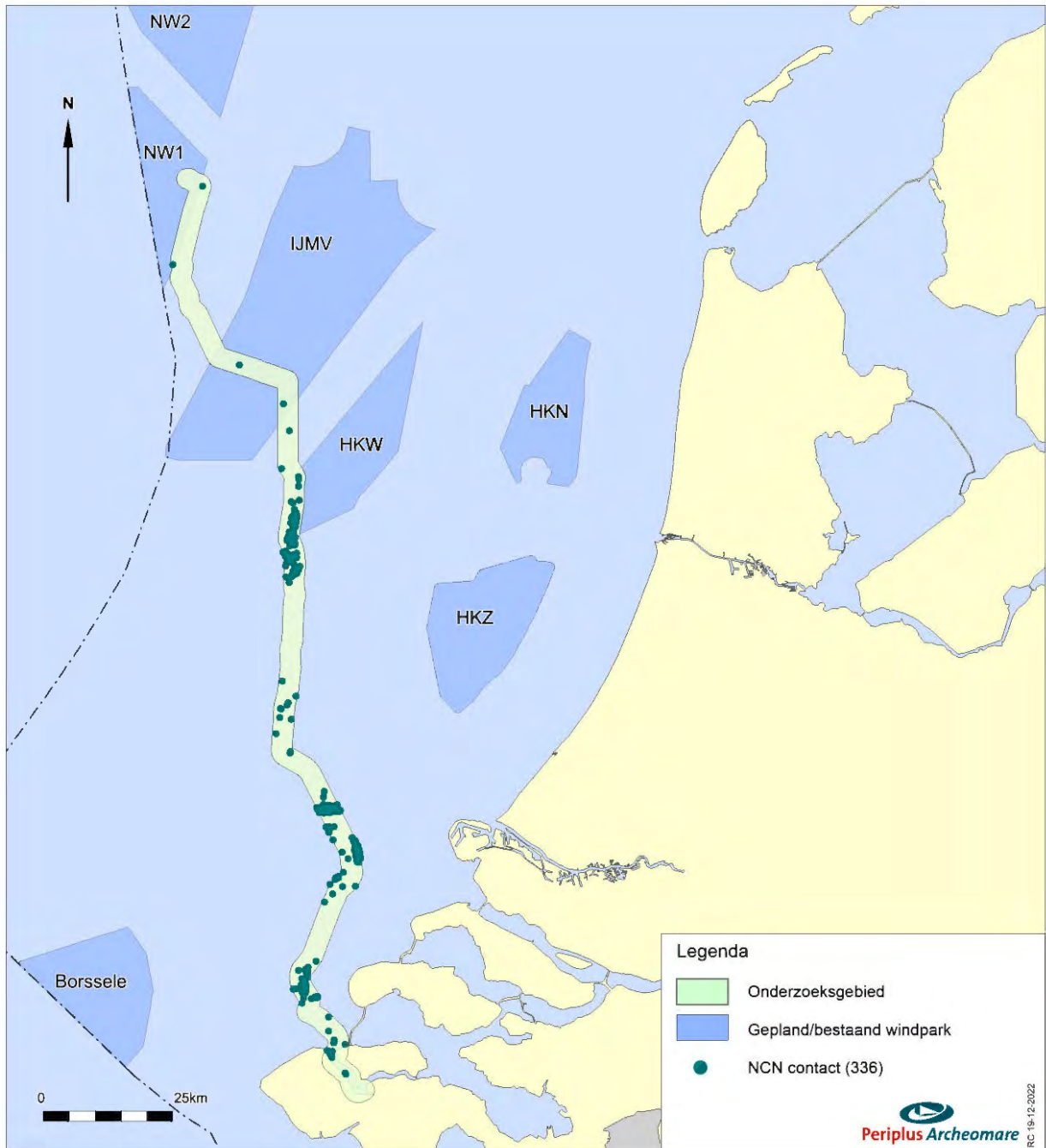
Type contact	Aantal
Anker met ketting	16
Archeologische vondst	9
Bodemverstoring	12
Kabel / ketting	41
Onbekend object	142
Schelpenbank	2
Steen met ketting	3
Stenen	59
Wrak	43
Wrakresten	9
<b>Totaal</b>	<b>336</b>

Tabel 12. Overige NCN-objecten afkomstig uit de SonarReg-database

Onder de archeologische vondsten bevinden zich de vindplaatsen Hompels (zaakidentificatie 4022398100; 3 vondsten) en Geul Van De Banjaard 1 Ncp Blok S5 (zaakidentificatie 3174911100; 1 vondst). Op beide vindplaatsen zijn artefacten uit de Romeinse tijd aangetroffen (zie tabel 11). Het gaat hier om handgevormd Romeins aardewerk, botmateriaal en een scheepsonderdeel (datering Romeinse tijd - Nieuwe tijd). De vindplaats Hompels lag volgens paleogeografische kaarten in de Late IJzertijd op een strandwal<sup>42</sup>. Deze strandwal ging in de Romeinse tijd door de stijgende zeespiegel ten onder. Het is daarom niet uit te sluiten dat het bij deze vindplaats om (verspoelde?) bewoningsresten gaat. Bij de vindplaats Geul Van De Banjaard gaat het om de vondst van Romeins vaatwerk. Deze vondst is ver uit de kust; de herkomst is niet duidelijk.

De vondsten met zaaknr. 3259865100 betreffen diverse fragmenten 18<sup>de</sup> eeuws aardewerk op de locatie die bekend staat als de Rede van Veere, waar zeegaande schepen zich in de 17<sup>de</sup> en 18<sup>de</sup> eeuw verzamelden.

<sup>42</sup> Vos 2018; paleogeografische kaart van Nederland 250 v. Chr.



Afbeelding 35. Overzicht van de overige NCN contacten

## MARIAD

De volgende afbeelding toont de locaties binnen het onderzoeksgebied uit de Maritiem Archeologische Database (MARIAD). Dit is een verzameling van wrakgegevens uit diverse bronnen (archieven, sportduikers) die nog niet geverifieerd zijn en daarom (nog) niet zijn opgenomen in de formele SonarReg database van Rijkswaterstaat of de ARCHIS3 database van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed.



Afbeelding 36. Overzicht van de locaties uit de Maritiem Archeologische Database (MARIAD)

Onderstaand een voorbeeld van één van de meldingen uit MARIAD. Deze locatie bevindt zich buiten het onderzoeksgebied op 10 km ten oosten van de parallelle sectie.

Klass. nr. 262 351		Nr. A 189		
<h2><u>Wrakkenregister</u></h2>				
<u>Wrak Nr.</u>	A 189			
<u>Naam</u>	:			
<u>Nationaliteit</u>	:			
<u>Tonnage</u>	:			
<u>Lading</u>	:			
<u>Soort schip</u>	: <b>Wissersvaartuig</b>			
<u>Gestrand dd.</u>	:			
<u>Gezonken dd.</u>	:			
<u>Plaatsbepaling</u>	: <b>91° 58' 32"</b>			
in °	: <b>03° 49' 03"</b>			
t.o.v. kmr	-			
in decca coördinaten (Delta Chain)				
<u>Afmetingen in m.</u>	: L.	Br.	Holte	Diepgang
<u>Eigenaar</u>	:			
<u>Nr. Wrakkenregister</u>	: <b>159349</b>			
<u>Hydrografie</u>	:			
<u>Verdere gegevens</u>				
Betreffende zinken <b>162/1266-96 Verbeterde positie zeilboom zichtbaar.</b>			Betreffende opruiming	

Afbeelding 37. Voorbeeld van een melding in de Maritiem Archeologische Database (MARIAD)

### Vliegtuigwrakken

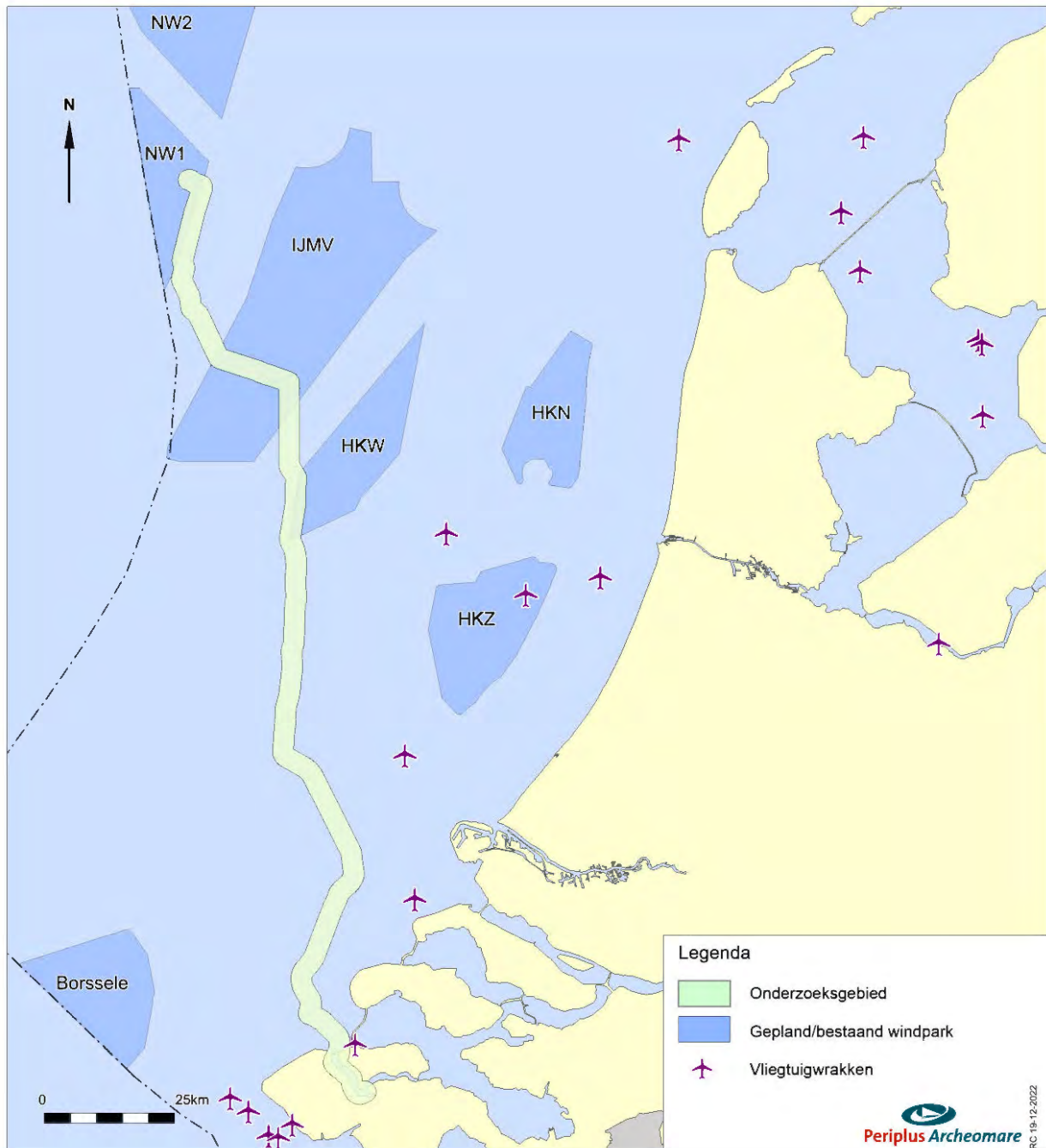
In totaal stortten tijdens de oorlogsjaren meer dan 5000 vliegtuigen neer in Nederland<sup>43</sup>. Verschillende bronnen zijn niet eenduidig over het aantal vliegtuigen uit de Eerste en Tweede Wereldoorlog dat nog in het Noordzeegebied vermist wordt. Het gaat in ieder geval om honderden<sup>44</sup>.

Gezien de oorlogshandelingen die boven het Kanaal hebben plaatsgevonden kunnen ook in het plangebied vliegtuigwrakken voorkomen. Tijdens de impact kunnen zware onderdelen van het vliegtuig (zoals de motor) diep in de bodem doordringen. Op land en in het Waddengebied zijn dergelijke onderdelen meters onder het maaiveld teruggevonden. Door de grote waterdiepte (meer dan 10 meter) in het grootste deel van het onderzoeksgebied mag worden aangenomen dat een gevechtsvliegtuig tijdens zijn crash sterk door het water wordt afgeremd, waardoor het op, en niet in de waterbodem beland. Migrerende zandgolven kunnen een wrak later afdekken. Door de geringe dikte van de zandige toplaag in het plangebied wordt verwacht dat eventuele grotere onderdelen op de bodem liggen of uit de bodem steken.

<sup>43</sup> Bron: NOS Journaal, 01-05-2016.

<sup>44</sup> Nederlandse Federatie voor Luchtvaart Archeologie, NFLA.

Voor het IJsselmeergebied bezit Rijkswaterstaat een overzichtskaart waarop vondsten en vermissingen zijn weergegeven. Een vergelijkbare kaart van de Noordzee bestaat (nog) niet<sup>45</sup>. Afbeelding 38 toont een overzicht van bekende vliegtuigwrakken in de omgeving van het onderzoeksgebied uit de SonarReg database van Rijkswaterstaat. Geen van de bekende vliegtuigwrakken ligt binnen het onderzoeksgebied.



Afbeelding 38. Bekende waarnemingen van vliegtuigwrakken in de omgeving van het onderzoeksgebied

<sup>45</sup> Persoonlijk commentaar voormalig bergingsofficier Koninklijke Luchtmacht.

## 2.6. Gespecificeerde verwachting (LS05)

### Bewoningsresten

In de ondergrond van het tracé kunnen bewoningsresten uit alle perioden voorkomen.

De top van het *pleistocene* landschap, dat tijdens verschillende perioden in het verleden is gevormd, vormt het archeologische niveau voor kampplaatsen, begravingsresten en verloren of gedumpte jachtattributen uit de Vroege Prehistorie. Resten uit deze perioden kunnen ook aan de basis van de vroeg-*holocene* afzettingen voorkomen. De correlatie tussen archeologische niveaus en lithostratigrafische eenheden is in onderstaande tabel samengevat.

Formatie	Laagpakket   Laag	Lithologie	Ouderdom	Archeologische Verwachting*	Periode
Southern Bight	Bligh bank	zand	Holoceen	I, IV	ME – NT
Naaldwijk	Zandvoort	zand	Holoceen	I, IV	ME – NT
	Walcheren	zand en klei	Holoceen	I, IV	ME – NT
	Wormer	klei en zand	Holoceen	I, IV	VMESO – NT
	Velsen	humeuze klei	Holoceen	II, mogelijk III	VMESO
Echteld	Terbregge	klei	Holoceen	II en IV, mogelijk III	LPALEO – NT
Nieuwkoop	Basisveen	veen	Vroeg Holoceen	II, mogelijk III	VMESO
Boxtel	Delwijnen	fijn zand	Weichselien tot Vroeg Holoceen	III	LPALEO – VMESO
	Wierden	fijn zand		III	LPALEO – VMESO
	Singraven	zand, leem, klei en veen		II en III	LPALEO – VMESO
Kreftenheye	Wijchen	stugge siltige klei; soms met paleosol	Laat Glaciaal (Allerød) tot Vroeg Holoceen	II en III	LPALEO – VMESO
	-	grof zand	Weichselien	II en IV	LPALEO
Eem	Brown Bank	klei	Eemien tot Vroeg Weichselien	II en III	MPALEO
	-	zand en klei	<i>Eemien</i>	IV	MPALEO
Egmond Ground	-	zand en klei	Holsteinien	IV	PALEO
<b>* Archeologische verwachting</b>					
I	Scheepswrakken en scheepvaart gerelateerde objecten; vliegtuigwrakken				
II	Verloren of gedumpte objecten, waaronder vuurstenen en benen jachtattributen, visweren, visfuiken en boomstamboten				
III	Nederzettingen en begravingsresten				
IV	Verspoelde artefacten				

Tabel 13. Archeologische verwachting gerelateerd aan de lithostratigrafie

In tabel 13 is te zien dat sporen van prehistorische nederzettingen (III) in dekzand van het *Laagpakket van Wierden* en beekafzettingen van het *Laagpakket van Singraven* worden verwacht. De locaties waar intacte dekzandruggen en -kopjes of randen van beekdalen binnen het tracé voorkomen is niet bekend. In het Maasmond-gebied kunnen in de context van zoet- en brakwatergetijdenafzettingen van de *Formatie van Echteld* verloren en gedumpte objecten en/of verspoelde artefacten voorkomen.

De formaties die zijn opgebouwd uit afzettingen die voor het *Eemien* zijn afgezet, zijn niet opgenomen in het overzicht. De kans op *in situ* resten wordt binnen deze eenheden klein geacht.

Onder de *Formatie van Naaldwijk* kan het *pleistocene* landschap intact bewaard zijn gebleven. De kans hierop is vooral groot in zones waar geen erosie door getijdengeulen is opgetreden en waar de basis van de *holocene* opeenvolging wordt gemarkeerd door de Basisveen Laag en/of de Laag van Velsen.

De aanwezigheid van kampplaatsen (III) wordt gemarkeerd door vuurstenen en benen artefacten, botresten, houtskool en/ of verbrande zaden en noten (hazelnootdoppen). De grootte van de kampplaatsen kan variëren van klein (eenmalig kortstondig gebruikte jachtkampen) tot groot (herhaald intensief gebruik en seizoensbewoning).

Het is onbekend in hoeverre het *vroeg-holocene* landschap, en daarmee de gaafheid van de verwachte prehistorische nederzettingen, ter plaatse van het kabeltracé door erosie is aangetast. Gezien de zeer snelle 'verdrinking' van het *pleistocene* landschap in het Vroeg Holoceen en de afdekking van archeologische niveaus door veen en klei kunnen prehistorische resten (zeer) goed geconserveerd zijn. Deze verwachting geldt zowel voor organische als anorganische resten. Indien de archeologische niveaus niet door menselijk handelen (denk bijvoorbeeld aan zandwinning) of natuurlijke processen (erosie) zijn aangetast, kunnen daarom prehistorische resten met een zeer hoge fysieke kwaliteit worden verwacht. Dit in tegenstelling tot de *vroeg-mesolithische* vindplaatsen die in de hooggelegen zandgebieden van Nederland zijn aangetroffen. Bij deze vindplaatsen is de vondstlaag vaak opgenomen in de bouwvoor en bevinden de grondsporen zich direct onder de bouwvoor en boven de grondwaterspiegel. De fysieke kwaliteit van deze vindplaatsen is altijd in meer of mindere mate aangetast.

Een ander punt waarop de verwachte nederzettingen langs het kabeltracé zich onderscheiden van de bekende vindplaatsen op het vasteland is hun lage ligging in het Noordzeegebied. Van de *vroeg-holocene* bewoners van het Noordzeegebied, van hun nederzettingen en van de wijze waarop zij zich handhaafden in het snel veranderende landschap is weinig bekend. De informatiewaarde van de verwachte nederzettingen in het gebied is daarom groot. Dit wordt ook gesteld in de Nationale onderzoeksagenda voor de Vroege Prehistorie: *Vindplaatsen en eventuele omringende fenomenen die zich bevinden in paleolandschappelijke contexten die nog niet of nauwelijks zijn onderzocht, hebben per definitie een grote informatiewaarde*<sup>46</sup>.

Indien (delen) van het *pleistocene* en/of *vroeg-holocene* landschap geconserveerd in de bodem aanwezig zijn dan kunnen daar (o.a. in geulen of in andere afgedekte contexten) resten van dit landschap, de vegetatie, de dierenwereld en van bewoning en gebruik door de mens en zijn voorgangers voorkomen. Deze resten van dit totale geheel dienen integraal te worden bekeken en te worden onderzocht in hoeverre dit voorkomt en in hoeverre dat dit 'verstoorde' kan gaan worden als gevolg van geplande ontwikkelingen.

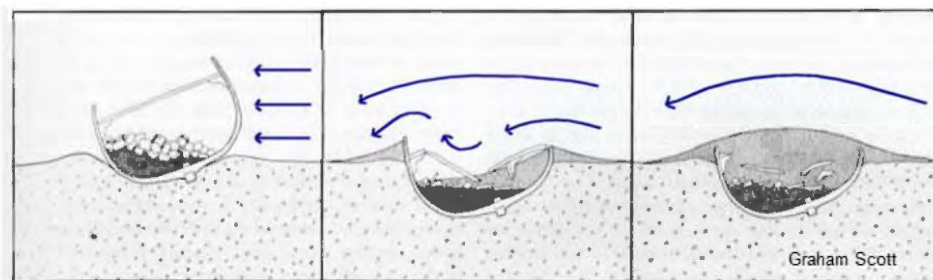
---

<sup>46</sup> Nationale onderzoeksagenda, hoofdstuk 11: De Vroege Prehistorie.

### Historische scheepswrakken

Binnen het onderzoeksgebied zijn 43 scheepswrakken bekend in de NCN-database. Van de meeste van deze wrakken zijn weinig details bekend; de herkomst en ouderdom zijn nog niet vastgesteld. Deze wrakken kunnen dus van archeologische waarde zijn. Binnen het onderzoeksgebied kunnen ook onontdekte wrakken voorkomen, die zijn afgedekt door migrerende zandgolven.

Indien een schip zinkt en uiteindelijk op de zeebodem terecht komt, zal door de getijdenstroming het casco zich snel in een losse, zachte bodem inslijpen tot op het niveau van een harde bodem. Hoe dikker de laag met los materiaal, hoe meer van het schip hierin wordt verpakt en bewaard blijft. Vooral in gebieden waar de losse laag bestaat uit materiaal met een hoger kleigehalte zal die afdichting een sterke conserverende werking hebben. In meer zandige gebieden zal dit effect door de grotere zandfractie veel minder groot zijn.



Afbeelding 39. Voorbeeld van een wrakvormingsproces (Graham Scott).

Op het moment dat wrakken door erosie of andere oorzaken aan het oppervlak van de zeebodem komen te liggen, kunnen zij worden aangetast door voortgaande erosie en zeeorganismen zoals de paalworm. Het hout van scheepswrakken wordt door de paalworm opgevreten wat leidt tot een sterke aantasting van de gaafheid en conservering van het wrak.

### Vliegtuigwrakken

Verschillende bronnen zijn niet eenduidig over het aantal vliegtuigen dat nog in het Noordzeegebied vermist wordt. Het gaat in ieder geval om honderden. In de omgeving van het onderzoeksgebied zijn meerdere meldingen van vliegtuigwrakken bekend. Het is denkbaar dat zich nog onontdekte resten bevinden langs het beoogde tracé.



### 3. Beantwoording onderzoeksvragen

Op basis van de resultaten van het bureauonderzoek worden de onderzoeksvragen beantwoord.

*Zijn er archeologische waarden in het plangebied bekend? Zo ja: Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van deze vindplaatsen?*

Binnen het onderzoeksgebied zijn 43 scheepswrakken bekend in de NCN database. Deze database omvat objecten, waaronder wrakken, uit de databases van de Dienst Hydrografie (NLhono), Rijkswaterstaat (SonarReg) en de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (ARCHIS).

Vier wrakken vormen de overblijfselen van schepen en een caisson, die na 1950 gezonken zijn. Deze recente scheepswrakken en het caisson hebben geen archeologische waarde, al moet hierbij worden aangetekend dat het caisson zeker een herinneringswaarde heeft, omdat de caissons gebruikt werden voor het dichten van de gaten die tijdens de watersnoodramp van 1953 in de dijken waren geslagen.

Van de overige wrakken is de archeologische waarde nog niet bepaald. Behalve scheepswrakken zijn in ARCHIS 3 meerdere vindplaatsen bekend. Het gaat om vondsten van handgevormd aardewerk, vaatwerk en botresten uit de Romeinse tijd. Daarnaast zijn diverse vondsten uit andere perioden bekend, zoals vuursteen- en benen artefacten uit de Prehistorie.

*Kunnen in het plangebied, naast eventuele bekende waarden, archeologische resten verwacht worden? Zo ja: Wat is de aard, omvang, (diepte)ligging en datering van de verwachte archeologische resten?*

Ja, in het onderzoeksgebied kunnen naast de bekende scheepswrakken nog onontdekte scheeps- en vliegtuigwrakken en overblijfselen van prehistorische nederzettingen verwacht worden.

#### a) scheeps- en vliegtuigwrakken

De verwachting betreft vooral scheepswrakken uit de Middeleeuwen tot en met de Nieuwe tijd, hoewel ook het voorkomen van vaartuigen uit de Prehistorie en Romeinse tijd, zoals boomstamboten, niet kan worden uitgesloten. Het gaat om geïsoleerde vindplaatsen met in de omgeving mogelijk objecten die aan het wrak gerelateerd zijn, zoals verloren lading of door erosie verspoelde delen van het wrak of de lading. Scheepswrakken kunnen overal in het gebied voorkomen; locaties zijn moeilijk te voorspellen. Resten worden vooral binnen het *Bligh Bank Laagpakket* en de *Formatie van Naaldwijk* verwacht. De dikte van deze laag varieert langs het tracé van 0 tot 28 meter. De gaafheid en conservering van wrakken is sterk afhankelijk van het materiaal (hout of staal) en de context van de resten. Schepen die kort na het vergaan zijn afgedekt door sediment en ingebed in sediment bewaard zijn gebleven kunnen gaaf en goed geconserveerd zijn. Wrakken die aan het oppervlak liggen staan bloot aan erosie, sleepnetten van vissers en aantasting door mariene organismen zoals de paalworm.

De verwachting voor vliegtuigwrakken betreft overblijfselen van gevechtsvliegtuigen uit WOII. Door de grote impact tijdens een crash kunnen resten over een groot gebied verspreid voorkomen. Dit betekent dat de fysieke kwaliteit (gaafheid en conservering) laag is. De informatiewaarde en herinneringswaarde van deze vindplaatsen is daarentegen hoog.

#### b) prehistorische nederzettingen

De verwachting betreft kampplaatsen uit het Midden *Paleolithicum*, het Laat *Paleolithicum* en het Vroeg *Mesolithicum*. De grootte van de kampplaatsen kan variëren van klein (eenmalig kortstondig gebruikte jachtkampen) tot groot (herhaald intensief gebruik en seizoenbewoning).

*In situ* resten worden verwacht in gebieden waar het *pleistocene* landschap intact is. Dit is mogelijk het geval waar het *pleistocene* landschap is afgedekt door de *Laag van Wijchen*, de *Basisveen Laag* en/of de *Laag van Velsen*. De *lithostratigrafische* context wordt gevormd door de *Formatie van Boxtel*. Het gaat om dekzandafzettingen van het *Laagpakket van Wierden*, rivierduinen van het *Laagpakket van Delwijnen* en beekafzettingen van het *Laagpakket van Singraven*. Deze eenheden liggen *offshore* en *nearshore* op een diepte van meer dan 20 m LAT<sup>47</sup>. In het Veenmeer kunnen dekzandkopjes en -ruggen op geringere diepte voorkomen.

Naast kampplaatsen kunnen in de *laat-glaciale (Allerød interstadiaal)* en *vroeg-holocene* afzettingen van de *Laag van Wijchen*, en de *vroeg-holocene* afzettingen van de *Basisveen Laag* en de *Laag van Velsen*, verloren of gedumpte objecten, waaronder vuurstenen en benen jachtattributen, visweren, visfinken en boomstamboten verwacht worden. De mariene zanden en getijdenafzettingen van de *Eem Formatie*, de *Formatie van Naaldwijk* en het *Bligh Bank Laagpakket* kunnen verspoelde artefacten bevatten.

Verspoelde artefacten worden ook verwacht in de *Formatie van Kreftenheye*. Recente vondsten wijzen er op dat in de *Formatie van Kreftenheye* ook *in situ* resten kunnen voorkomen. Daarbij moet vooral gedacht worden aan verloren of gedumpte objecten die in de context van opgevulde geultjes bewaard zijn gebleven.

De oevers van lagunes en meren zijn op de overgang van het *Eemien* naar het *Weichselien* (circa 115.000 jaar geleden) gebruikt voor de inrichting van kampplaatsen van Neanderthalers. De kleiige afzettingen van het *Brown Bank Laagpakket* vormen de context voor *in situ* resten uit het Midden *Paleolithicum*. Indien het *pleistocene* landschap intact aanwezig is worden nederzettingen van hoge fysieke kwaliteit verwacht. De informatiewaarde van overblijfselen is groot.

*Vormt de aanleg van de kabel een bedreiging voor bekende of verwachte archeologische waarden? Zo ja: Kan een aantasting van archeologische waarden door planaanpassing worden voorkomen of beperkt?*

Egalisatie (pre-lay sweep), baggeren en in het in de zeebodem begraven van de kabel kan een bedreiging vormen voor de verwachte archeologische resten. Vervolgonderzoek in de vorm van *side scan sonar*, *magnetometer* en *subbottom profiler* (inventariserend veldonderzoek opwaterfase) kan een indicatie geven over de aanwezigheid van deze resten. In hoeverre aanleg van de kabel een bedreiging vormt voor *in situ* prehistorische resten is op dit moment lastig in te schatten, omdat de aard, diepteligging en intactheid van het *pleistocene* landschap op detailniveau niet bekend zijn.

Indien de archeologische waarden niet kunnen worden behouden:

*Welke vorm van nader onderzoek is nodig om de aanwezigheid van archeologische waarden en hun omvang, ligging, aard en datering voldoende te kunnen bepalen om te komen tot een selectiebesluit?*

Om de aanwezigheid van archeologische waarden en hun omvang, ligging, aard en datering te kunnen bepalen wordt een vervolg onderzoek in de vorm van een geofysisch onderzoek (opwaterfase) geadviseerd.

Met geofysische technieken (*sidescan sonar*, *multibeam* en *magnetometer*) kan meer informatie verkregen worden over de aanwezigheid van bekende en onbekende archeologische resten in het

---

<sup>47</sup> LAT = Lowest Astronomical Tide: het referentievlak ten opzichte waarvan dieptes worden gemeten in het Noordzeegebied. Het LAT referentievlak ligt lager dan het NAP referentievlak dat op land wordt gebruikt; de verschilwaarden variëren van 0,5 m op de Noordzee tot 2,4m bij Borsele.

plangebied. Zodoende wordt de verwachting voor scheeps- en vliegtuigwrakken getoetst en aangescherpt.

Door combinatie van seismisch onderzoek (*subbottom profiler*) en boringen (*vibrocore*; boreholes) kan inzicht worden verkregen over de aard, ontwikkeling en intactheid van de gestapelde prehistorische landschappen in de ondergrond van het onderzoeksgebied.

Indien boringen worden gezet in het kader van geotechnisch onderzoek is het van belang om de archeologische partij in de gelegenheid te stellen om:

- a) (op basis van de resultaten van het subbottom profiler onderzoek) een nader te bepalen aantal *vibrocore* locaties aan te wijzen voor geo-archeologisch onderzoek;
- b) de sedimenten die op deze *vibrocore*-locaties worden bemonsterd te beschrijven en interpreteren conform de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie;
- c) sedimenten uit de *vibrocore*-liners te bemonsteren voor specialistisch onderzoek (zoals pollen, diatomeeën, ostracoden, foraminiferen, AMS-<sup>14</sup>C en OSL-dateringen, et cetera)
- d) de punten a) tot en met c) uit voeren voordat de *vibrocore* monsters eventueel worden gebruikt voor destructief onderzoek zoals korrelgrootte-analyses en sterkteproeven.

Aan de hand van de resultaten van het bovengenoemd onderzoek kan het tracé worden aangepast binnen de grenzen van de onderzochte corridor of kunnen zones worden aangegeven waar vervolgonderzoek noodzakelijk kan zijn. Ook de resultaten van het onderzoek naar niet gesprongen explosieven kunnen aanleiding geven tot het verleggen van de kabelroutes binnen de corridor. Wanneer binnen de corridor voldoende ruimte kan worden gevonden voor het verleggen van het tracé, dan kunnen de archeologische waarden op die manier behouden blijven.

## 4. Conclusies en advies

Het bureauonderzoek wijst uit dat binnen het onderzoeksgebied van het Nederwiek 1 tracé scheeps- en vliegtuigwrakken en, indien het *pleistocene* landschap intact is, *in situ* prehistorische resten verwacht kunnen worden.

Binnen het onderzochte gebied zijn resten van 43 scheepswrakken bekend. Op vier locaties bevinden zich resten van schepen en een betonnen caisson, die na 1950 zijn vergaan. Deze recente wrakken zijn niet van archeologische waarde, al vertegenwoordigt het caisson wel een zekere herinneringswaarde, omdat het caisson met andere caissons bestemd was voor het dichten van gaten die door de watersnoodramp van 1953 in de dijken waren geslagen.

De archeologische waarde van de overige wrakken is nog niet vastgesteld, maar het kan om waardevolle wrakken gaan. Naast scheepswrakken zijn dicht voor de kust vindplaatsen bekend waar resten uit de Prehistorie, Romeinse tijd en Nieuwe Tijd zijn aangetroffen. De omvang van deze vindplaatsen, alsmede de context en waarde van deze resten is nog niet vastgesteld.

Op basis van de uitkomst van het onderzoek wordt geadviseerd om een inventariserend veldonderzoek (opwaterfase) uit te voeren om de archeologische verwachting voor de corridor van de het tracé te toetsen<sup>48</sup>. Voorafgaand aan het leggen van kabels op zee wordt standaard een geofysische en geotechnische *pre-lay route survey* uitgevoerd, gevolgd door een gedetailleerde survey voor de definitieve kabelroute. De data van deze *surveys* kunnen worden gebruikt voor de toets (zie onderstaande tabel).

Archeologische Verwachting	Methode	Doel	Opmerking
Scheeps- en vliegtuigwrakken	Side Scan Sonar	opsporen, karteren en begrenzen van wrakken	wrakken die op de bodem liggen of uit de bodem steken
	Multibeam	morfologische karakterisering van wraklocaties; opsporen van (deels) begraven wrakken waarvan de aanwezigheid wordt gemarkeerd door een slijpgeul	in aanvulling op side scan sonar
	Magnetometer	opsporen begraven objecten waaronder mogelijke scheeps- en vliegtuigwrakken	aard van het begraven object kan niet direct worden vastgesteld
Prehistorische landschappen en nederzettingen (kampplaatsen)	Subbottom Profiler	karteren pleistocene landschap; specificeren van verwachting	ondersteund door, en gevalideerd met sondeer- en boorgegevens
	Geologische Boringen	vaststellen lithostratigrafie, aard laaggrenzen (erosief of geleidelijk) en kenmerken van bodemvorming en rijping; toetsen van verwachting	selectie van boorlocaties voor archeologisch onderzoek <u>voordat</u> kernen worden gebruikt voor geotechnisch onderzoek
	Sonderingen	vaststellen lithostratigrafie	correleren met boorgegevens

Tabel 14. Toetsing van archeologische verwachting met geofysische methoden

<sup>48</sup> conform KNA waterbodems protocol 4103.

Wanneer de onderzoeksmethoden, als in de tabel beschreven, worden toegepast tijdens de *surveys* en de ingewonnen data van voldoende kwaliteit is, dan kan de benodigde archeologische beoordeling van de kabelroute(s) worden uitgevoerd.

Geadviseerd wordt de *technische Scope of Work* af te stemmen met het archeologisch team alvorens met de survey werkzaamheden te beginnen. De eisen die voor het archeologische onderzoek aan de geofysische opnamen worden gesteld dienen te worden vastgelegd in een Programma van Eisen (PvE), en dit dient, samen met de onderzoeksvragen voorafgaand aan het onderzoek te zijn ondertekend door bevoegd gezag<sup>49</sup>.

Een deel van het onderzoeksgebied is al door middel van de geofysische survey voor de Alpha, Beta en Gamma routes naar windpark IJmuiden Ver in kaart gebracht. De resultaten van deze survey kunnen gebruikt worden om de archeologische verwachting voor het Nederwiek 1 tracé te toetsen.

---

<sup>49</sup> conform KNA waterbodems protocol 4001.

## Lijst met afbeeldingen

Afbeelding 1. Ligging van het onderzoeksgebied.....	6
Afbeelding 2. Breedte kabeltracé op zee gebundelde ligging – buiten Voordelta (bron: TenneT).....	7
Afbeelding 3. Breedte kabeltracé op zee gebundelde ligging – buiten Voordelta (bron: TenneT).....	8
Afbeelding 4. Breedte kabeltracé Veerse Meer (bron: TenneT) .....	9
Afbeelding 5. Impressie van het toekomstige 2GW platform op zee. ....	16
Afbeelding 6. Diepte van de waterbodem langs het tracé.....	17
Afbeelding 7. Kruisende kabels en leidingen .....	18
Afbeelding 8. Overige infrastructuur in en rondom het onderzoeksgebied van Nederwiek 1 .....	19
Afbeelding 9. Eerder uitgevoerde archeologische onderzoeken .....	20
Afbeelding 10. Nederwiek 1 route door de diepste delen van het Veerse Meer. ....	21
Afbeelding 11. Nederwiek 1 route door het Veerse Meer op de kadastrale veldminuut uit 1857. ....	23
Afbeelding 12. Reconstructie van de historische kustlijnen in het Noordzeebekken (kaart vervaardigd door: McNulty, W.E. and J.N. Cookson in National Geographic Magazine).....	24
Afbeelding 13. Menselijke schedel in november 2019 opgevist in ‘North Sea/Doggerland’ (bron: K. Tanis) .....	25
Afbeelding 14. Voorbeelden van prehistorische werktuigen opgevist uit de Noordzee (naar: Kooijmans 1970 en Armkretz 2018).....	25
Afbeelding 15. Ligging van het onderzoeksgebied op oude kaarten (De Wit 1675 en Hulst 1852).....	27
Afbeelding 16. Oppervlaktensedimenten .....	29
Afbeelding 17. Geologische Kaart Nederland (2021) .....	31
Afbeelding 18. Dikte Holocene Laag (bron grid data: TNO, GeoTOP en DHY) .....	32
Afbeelding 19. Profiel holocene laag   top pleistocene afzettingen tracé.....	33
Afbeelding 20. Dikte holocene laag in het Veerse Meer .....	34
Afbeelding 21. Subcropkaart Top Pleistoceen (Combinatie Geologische Kaart Nederland; Top Pleistocene Map, Laban 2004 & GeoTOP) .....	35
Afbeelding 22. Detail Veerse Meer subcropkaart Top Pleistoceen (Combinatie Geologische Kaart Nederland; Top Pleistocene Map, Laban 2004 & GeoTOP) .....	36
Afbeelding 23. Profiel Veerse Meer (bron: DINO Locket).....	37
Afbeelding 24. Voorkomens van veen (Basisveen Laag) en klei (Terbregge Laagpakket) .....	39
Afbeelding 25. Landschappelijke ontwikkeling tijdens het Laat Saalien, Eemien en Vroeg Weichselien .....	41
Afbeelding 26. Landschappelijke ontwikkeling tijdens het Pleniglaciaal (77 kjaar tot 14 kjaar geleden). Permafrostlandschap met afzetting van zand tijdens piekafvoeren door vlechtende riviersystemen van Rijn en Maas.....	42
Afbeelding 27. Overzichtskaart archeologiewaarden van het Nederlands Continentaal Plat .....	44
Afbeelding 28. Archeologische potentie voor prehistorische resten.....	45
Afbeelding 29. Overzicht van de ARCHIS waarnemingen binnen het onderzoeksgebied.....	46
Afbeelding 30. Bekende wrakken (NCN) binnen het onderzoeksgebied .....	49
Afbeelding 31. Multibeamopnamen van wrak NCN 364.....	50
Afbeelding 32. Sidescan sonar opname van wrak NCN 364.....	51
Afbeelding 33. Achtergrondinformatie van het gezonken caisson AX 177 (NCN 1670) .....	51
Afbeelding 34. Multibeamopname betonnen caisson AX 177 gezonken op 10 juli 1953 (NCN 1670) .....	52
Afbeelding 35. Overzicht van de overige NCN contacten .....	54
Afbeelding 36. Overzicht van de locaties uit de Maritiem Archeologische Database (MARIAD) .....	55
Afbeelding 37. Voorbeeld van een melding in de Maritiem Archeologische Database (MARIAD).....	56

Afbeelding 38. Bekende waarnemingen van vliegtuigwrakken in de omgeving van het onderzoeksgebied .....	57
Afbeelding 39. Voorbeeld van een wrakvormingsproces (Graham Scott).....	60

## Lijst met tabellen

Tabel 1. Archeologische perioden .....	4
Tabel 2. Administratieve gegevens van het onderzoeksgebied .....	4
Tabel 3. Parallele afstanden tussen de verschillende Net op zee projecten.....	7
Tabel 4. NSPRMF – onderzoeksthema’s en onderwerpen (Peeters 2009) .....	12
Tabel 5. Kruisende kabels.....	18
Tabel 6. Kruisende pijpleidingen .....	18
Tabel 7. Eerder uitgevoerde archeologische onderzoeken.....	21
Tabel 8. Pleistocene en vroeg-holocene afzettingen die in het offshore deel van het tracé gekarteerd zijn. Deze afzettingen zijn afgedekt door holocene afzettingen van het Laagpakket van Wormer en/of het Bligh Bank Laagpakket. De kleuren in deze tabel komen overeen met die van de Geologische Kaart Nederland in afbeelding 17. ....	30
Tabel 9. Variaties in dikte van de holocene laag langs het tracé Nederwiek 1 .....	33
Tabel 10. Lithostratigrafie binnen het onderzoeksgebied .....	40
Tabel 11. Bekende waarnemingen uit ARCHIS binnen het onderzoeksgebied.....	47
Tabel 12. Overige NCN-objecten afkomstig uit de SonarReg-database.....	53
Tabel 13. Archeologische verwachting gerelateerd aan de lithostratigrafie .....	58
Tabel 14. Toetsing van archeologische verwachting met geofysische methoden .....	64

## Verklarende woordenlijst en toelichting afkortingen

<b>Term</b>	<b>Omschrijving</b>
<i>Antropogeen</i>	Door menselijk handelen
<i>Allerød</i>	Het Allerød-interstediaal is een warme en nattere periode tijdens het laatste glaciaal (IJstijd) dat duurde van 13.900 tot 12.850 jaar geleden.
<i>interstediaal</i>	
<i>ARCHIS</i>	ARCHEologisch Informatie Systeem. Het door de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed beheerde archeologische informatiesysteem
<i>Crevasse afzetting</i>	Een crevasse afzetting bestaat uit een doorbraak van een rivier die niet heeft doorgezet. Door de doorbraak is een afzetting ontstaan met sediment uit de oeverwal. Crevasse-afzettingen zijn bewaard gebleven doordat ze hoger liggen in het landschap.
<i>Discordant</i>	Hiaat tussen twee sedimentaire lagen, komt vaak tot uiting in een hoekverschil
<i>Eemien</i>	Geologische tijdperk, warme periode ( <i>interglaciaal</i> ) 130.000 tot 115.000 jaar geleden, vergelijkbaar met de huidige warme periode, het <i>Holoceen</i> .
<i>Geogenese</i>	Ontstaansgeschiedenis
<i>Geofysisch onderzoek</i>	Non-destructief onderzoek van natuurlijke en antropogene fenomenen, op, aan of onder de waterbodem door de inzet van een surveyschip dat is toegerust met specialistische meetapparatuur (side scan sonar, single/multibeam echo sounder, magnetometer, subbottom profiler, etc.)
<i>Geotechnisch onderzoek</i>	Bodempenetrerend onderzoek door middel van grondboringen of sonderingen om de samenstelling en fysieke eigenschappen van de ondergrond vast te stellen.
<i>Glaciaal</i>	IJstijd
<i>Holoceen</i>	Jongste geologisch tijdperk (vanaf de laatste IJstijd, circa 11.700 jaar geleden tot heden)
<i>In situ</i>	Ter plaatse, in de oorspronkelijke toestand
<i>Interglaciaal</i>	Warme periode tussen twee ijstijden ( <i>glacialen</i> )
<i>Klastische rivierafzettingen</i>	Klastisch wil zeggen dat een gesteente of sediment is opgebouwd of bestaat uit fragmenten van afgebroken gesteente (zogenaamde klasten)
<i>KNA</i>	Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie
<i>KP-waarde</i>	Kilometer Punt -waarde. Een waarde die per afstandseenheid aan een leiding of kabel wordt gegeven.
<i>Laat Glacial</i>	Geologische tijdperk, laatste deel van het <i>Weichselien</i> waarin warmere perioden ( <i>interstadialen</i> ) en kouder perioden elkaar afwisselen, 15.000 tot 11.700 jaar geleden
<i>LAT</i>	Lowest Astronomical Tide
<i>Lithostratigrafie</i>	Studie van de gesteentelagen binnen de stratigrafie en geologie
<i>Magnetometer</i>	Techniek om afwijkingen veroorzaakt door de aanwezigheid van ferro-magnetisch materiaal (ijzer) in het natuurlijke magnetische veld te detecteren
<i>Mesolithicum</i>	De periode (8800-4900 voor Chr.) die begint na het aflopen van de laatste ijstijd en eindigt wanneer een samenleving overschakelt op landbouw en veeteelt en tal van nieuwe technologieën ontwikkelt of overneemt (Neolithicum)
<i>Multibeam echosounder</i>	Vlakdekkend akoestisch meetinstrument dat met verschillende bundels of beams de waterdiepte onder een meetvaartuig meet, waarna een gedetailleerd topografisch model van de waterbodem kan worden gemaakt



<b>Term</b>	<b>Omschrijving</b>
<i>Nearshore</i>	Het kustnabije deel van de zee vanaf de 0m dieptecontourlijn tot 3km uit de kust, of het punt waarop de waterdiepte sterk toeneemt
<i>Offshore</i>	Diepere deel van de zee, dat verder van de kust verwijderd ligt dan het <i>nearshore</i> gedeelte
<i>Paleolithicum</i>	De oudste periode in de voorgeschiedenis van de mens en zijn materiële cultuur (300.000-8800 v. Chr.)
<i>Pleistoceen</i>	Geologisch tijdperk dat ongeveer 2 miljoen jaar geleden begon. De tijd van de IJstijden maar ook van gematigd warme perioden. Het Pleistoceen eindigt met het begin van het <i>Holoceen</i> , ca 11700 jaar geleden
<i>Pleniglaciaal</i>	Geologische tijdperk, koudste periode binnen het <i>Weichselien</i> , 115.000 tot 11.700 jaar geleden
<i>Seismiek</i>	Een methode om een beeld te krijgen van de ondergrond met behulp van kunstmatig opgewekte akoestische golven.
<i>Side scan sonar</i>	Akoestisch meetinstrument dat vlakdekkend de sterkte van reflecterende geluidsignalen van de waterbodem onder een meetvaartuig registreert. Vergelijkbaar met het maken van een zwart/wit foto van de waterbodem; wordt gebruikt om objecten op te sporen en bodemmorfologie en type te classificeren
<i>Stratigrafie</i>	De volgorde van opeenvolgende gesteentelagen. Hiermee kunnen aardlagen worden beschreven en gedateerd.
<i>Stroomribbels</i>	Asymmetrisch golfpatroon van het bodemoppervlak veroorzaakt door langsstromend water. De steile zijden van de ribbels liggen altijd aan de stroomafwaartse kant.
<i>Survey</i>	Onderzoek, standaardterm uit de offshore industrie
<i>TNO-NITG</i>	De Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
<i>UXO-DAS survey</i>	UnExploded Ordance Detection and avoidance survey
<i>Veldminuut</i>	Een ruwe afbeelding van het terrein gemaakt door militaire verkenners in de periode 1830-1850
<i>Weichselien</i>	Geologische tijdperk, laatste ijstijd 115.000 tot 12.000 jaar geleden

## Referenties

### Literatuur

- Amkreutz, L., A. Verpoorte, A. Waters-Rist, M. Niekus, V. van Heekeren, A. van der Merwe, H. van der Plicht, J. Glimmerveen, D. Stapert & L. Johansen, 2018: What lies beneath ... Late Glacial human occupation of the submerged North Sea landscape. *antiquity* 92 361 (2018): 22–37.
- Busschers, F.S., C.W. Dubelaar, J. Stafleu en D. Maljers, 2010: Lithological and sand grain-size variability in the three-dimensional GeoTOP model of Zuid-Holland, Delft.
- Cassée, R.W., van Lil R. en Mol, D., 2021. Aanleg Alpha-1 kabel naar windpark Hollandse Kust (zuid): vondst van dierlijk pleistoceen botmateriaal. Amsterdam (NL): Periplus Archeomare Rapport 20A031-01.
- De Mulder, E. e.a., 2003: De ondergrond van Nederland, Groningen.
- Deeben, J., D.P. Hallewas & Th.J. Maarleveld, 2002: Predictive modelling in Archaeological Heritage Management of the Netherlands: the Indicative Map of Archaeological Values (2nd Generation), Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek 45, 9-56.
- Gaffney, V.L., K. Thomson en S. Fitch, 2005: The Archaeology and geomorphology of the North Sea, Kirkwall.
- Helsing, W.A.M., 2005: Het Nederlandse kustgebied, in: Bechert, T en W.J.H. Willems (red.), De Romeinse rijksgrens tussen Moezel en Noordzeekust, 89-102.
- Hijma, M., 2009: From river valley to estuary, The early-mid Holocene transgression of the Rhine-Meuse valley, The Netherlands, Netherlands Geographical Studies 389, Utrecht.
- Huizer, J. en H.J.T. Weerts, 2003: Formatie van Maassluis, In: Lithostratigrafische Nomenclator van de Ondiepe Ondergrond, Geologische Dienst Nederland (DINOloket).
- IMAGO projectgroep, 2003: Eindrapportage IMAGO: Samenvatting en conclusies, RDIJ rapport 2003-13a.
- Kramer, E. e.a., 2003 (red.): Koningen van de Noordzee, 250-850, Leeuwarden / Nijmegen.
- Kruif, S. de (drs.); RAAP Archeologisch Adviesbureau; (2008): Aardgastransportleidingstracé Wijngaarden - Zelzate (A-667), gemeenten Hulst en Terneuzen; archeologisch vooronderzoek: een inventariserend veldonderzoek
- Louwe Kooijmans, L.P., 1970-1971. Mesolithic Bone and Antler Implements from the North Sea and from the Netherlands.- Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, 20-21: 69-70.
- Maarleveld, Th. J. en E.J. van Ginkel, 1990: Archeologie onder water, het verleden van een varend volk, Amsterdam.
- Maarleveld, TH.J. 1998: Archaeological heritage management in Dutch waters: exploratory studies, Almere.
- J.M. Moree & M.M. Sier (eds), 2015: *Interdisciplinary Archaeological Research Programme Maasvlakte 2, Rotterdam. Part 1 Twenty metres deep! The Mesolithic period at the Yangtze Harbour site – Rotterdam Maasvlakte, the Netherlands*. Early Holocene landscape development and habitation, Rotterdam (BOORrapporten 566), 201-221.
- Rieu, R., van Heteren, S., van der Spek, J.F., and de Boer, P.L., 2005: Development and preservation of a Mid-holocene Tidal-Channel Network Offshore the Western Netherlands. *Journal of Sedimentary Research*, 75-3, p 409-419.
- Rijdsdijk, K.F, S. Passchier, H.J.T. Weerts, C. Laban, R.J.W. van Leeuwen & J.H.J. Ebbing, 2005: Revised Upper Cenozoic stratigraphy of the Dutch sector of the North Sea Basin: towards an integrated

- lithostratigraphic, seismostratigraphic and allostratigraphic approach. Netherlands Journal of Geoscience 84-2, p 129-146
- Stulp, B., 2008. Verdwenen dorpen in Nederland. Falstaf Media
  - Van den Brenk, S., van Lil, R. en van den Oever, E.A., Amsterdam, 2016. Archaeological assessment geophysical survey Transmission stations and cable routes Windfarm Borssele. Periplus Archeomare rapport 15A028-01
  - Van den Brenk, S., van Lil, R. en van den Oever, E.A., Amsterdam, 2015. Desk Study archaeological assessment Hollandse Kust (Zuid). Periplus Archeomare rapport 15A024-01
  - Van den Brenk, S. en van Lil, R., 2017. Archaeological desk study Hollandse Kust (noord). Periplus Archeomare rapport 17A007-01
  - Van den Brenk, S. en Waldus, W.B., Amsterdam, 2008. Inventariserend veldonderzoek (opwaterfase) Waterbodems Dordtse Biesbosch. Periplus Archeomare rapport 08A020
  - Van den Brenk, S., B.E.J.M. van Mierlo en W.B. Waldus, 2008. Archeologisch bureauonderzoek Aanleg Windturbinepark Tromp-Binnen en kabelroutes naar de Nederlandse kust. Periplus Archeomare rapport 08A014
  - Van den Brenk, S., en Waldus, W.B., Amersfoort, 2006. Een vroeg 19e eeuws scheepswrak in het Hollandsch Diep, gemeente Moerdijk, MIVO3. ADC rapport 778
  - Van den Brenk, S., R. van Lil en R.W. Cassée, in voorbereiding. Archaeological desk study Windfarm zone IJmuiden (ver). Periplus Archeomare report 19A029-01
  - Van den Brenk, S., van Lil, R. en van den Oever, E.A., 2015. Desk study archaeological assessment Hollandse Kust (zuid). Periplus Archeomare rapport 15A024
  - Van den Brenk, S., van Mierlo, B.E.J. en Waldus, W.B., Amsterdam, 2008. Bureauonderzoek Aanleg Windturbinepark Tromp-Binnen en kabelroutes naar de Nederlandse kust. Periplus Archeomare rapport 08A014
  - Van Lil, R. en Muis, L.A., Amsterdam, 2015. Bureauonderzoek Fibre Optic Subsea Cable Noordzee. Periplus Archeomare rapport 15A014-01
  - Van Lil, R. en S. van den Brenk, 2014. Archeologisch bureauonderzoek windturbinepark Q4 en kabelroute naar de Nederlandse kust. Periplus Archeomare rapport 14A021-01.
  - Van Lil, R. en S. van den Brenk, 2017. Pipe lines from platform Q10-A to platform P15-D, an archaeological assessment of geophysical survey results. Periplus Archeomare rapport 17A035-02.
  - Van Lil, R. en S. van den Brenk, 2018. Net op zee Hollandse Kust (noord) en (west alpha). Offshore export kabeltracé. Periplus Archeomare rapport 18A013-01.
  - Van Lil, R. en van den Brenk, S., Amsterdam, 2014. Bureauonderzoek en Inventariserend veldonderzoek Noordzee - Zandwingebieden Goeree 1 en Schouwen 1. Periplus Archeomare rapport 14A014-03
  - Van Lil, R. en van den Brenk, S., Amsterdam, 2014. Bureauonderzoek en Inventariserend veldonderzoek Noordzee - Zandwingebied Walcheren NW. Periplus Archeomare rapport 14A014-04
  - Van Lil, R., S. van den Brenk and R.W. Cassée, 2019. Windfarm Hollandse kust (west). An Archaeological assessment of geophysical survey results. Periplus Archeomare report 19A015-01
  - Van Lil, R., van den Oever, E.A. en van den Brenk, S., Amsterdam, 2015. Bureauonderzoek Net op zee Hollandse Kust Zuid, offshore tracés. Periplus Archeomare rapport 15A036-01
  - Van Mierlo, B.E.J.M., van den Brenk, S. en Waldus, W.B., Amsterdam, 2009. Bureauonderzoek ontwikkeling Amstel & Zaan Field. Periplus Archeomare rapport 09A005
  - Vanderhoeven, T. (Arcadis); Jongh, I.M.H. de (Arcadis); Nales, T. (Arcadis) (2014): Archeologische begeleiding op het kabeltracé Geervliet-Middelharnis150 kV.

- Verhart, L., 2005: Een verdrongen land. Mesolithische vondsten uit de Noordzee, in: Louwe Kooijmans, L.P. e.a. (red.), de Prehistorie van Nederland, 157-160.
- Vonhögen-Peeters, L.M., S. van Heteren and J.H.M. Peeters, 2016. Indicatief model van het archeologische potentieel van de Noordzeebodem. Deltares rapport 209133-000
- Waasdorp, J.A., 1999: Van Romeinse soldaten en Cananefaten, Den Haag.
- Waldus, W.B., van den Brenk, S., van Mierlo, B.E.J.M., Amersfoort, 2009. Inventariserend veldonderzoek (opwaterfase) zandwingebied Maasvlakte 2. ADC rapport 1929

#### **Atlassen en Kaarten**

- Geologische kaarten *TNO-NITG*; GeoTOP-model Laag van Wijchen en Hollandveen Laagpakket
- Globale Archeologische Kaart van het Continentale Plat
- Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden (IKAW, versie 3)
- Noordzeeatlas

#### **Internetbronnen**

- Dienst der Hydrografie ([www.hydro.nl](http://www.hydro.nl))
- Dinoloket ([www.dinoloket.tno.nl](http://www.dinoloket.tno.nl))
- Noordzeeloket ([www.noordzeeloket.nl](http://www.noordzeeloket.nl))
- Olie en Gasportaal ([www.nlog.nl](http://www.nlog.nl))
- North Sea Paleolandscapes, University of Birmingham (<http://www.iaa.bham.ac.uk>)
- Stichting Aircraft recovery Group 40-45 (<http://www.arg1940-1945.nl>)

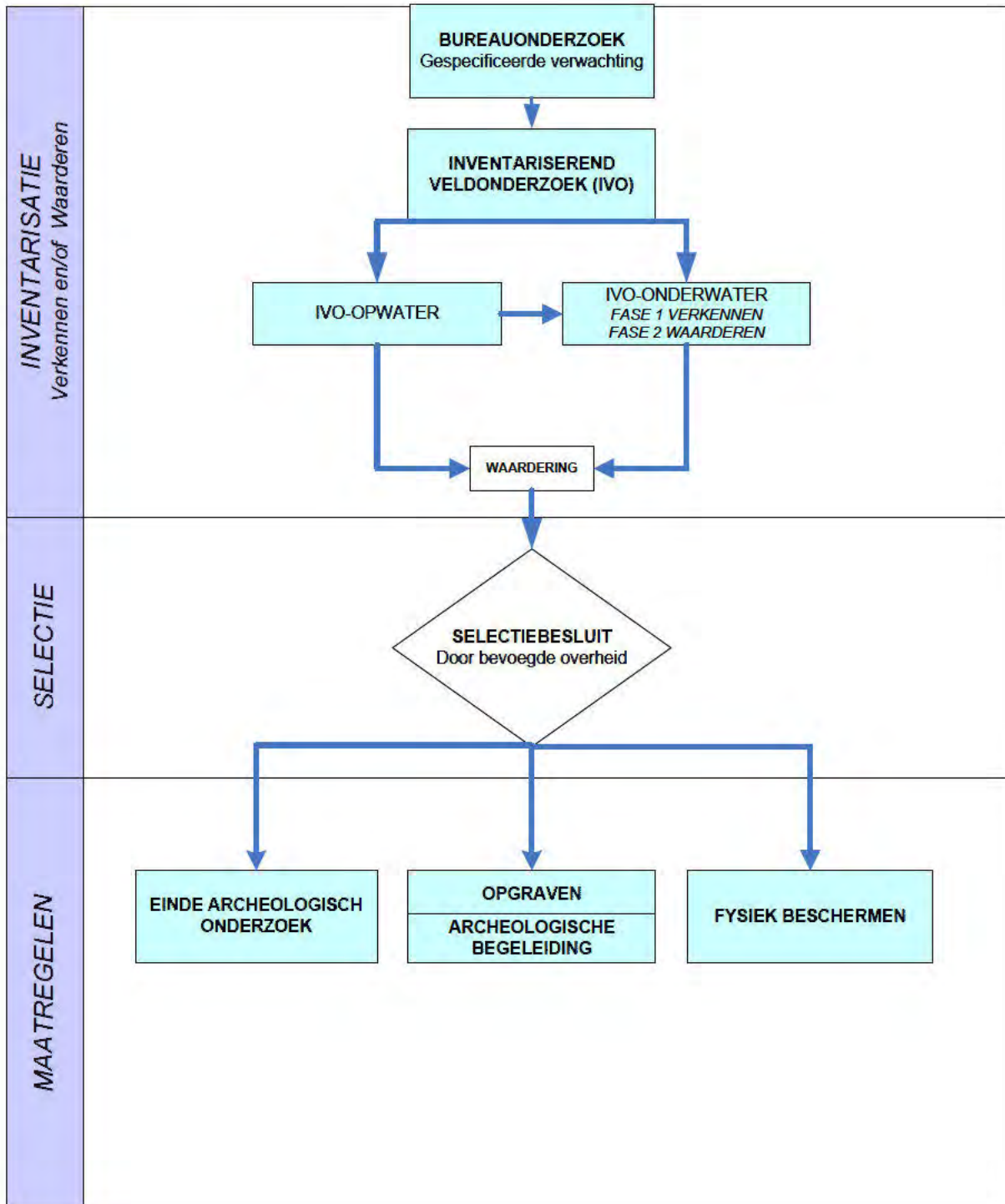
#### **Overige bronnen**

- ARCHIS III, archeologische database Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- Correspondentie en gesprekken met Majoor P. Petersen en Majoor A. Kappert, bergingsofficieren Koninklijke Luchtmacht
- Databases Periplus Archeomare
- KNA Waterbodems 4.1
- Nationale Onderzoeksagenda Archeologie 2.0
- SonarReg contacten database Rijkswaterstaat Zee en Delta

## Bijlage 1. Archeologische en geologische tijdschaal

CHRONOSTRATIGRAFIE			ARCHEOLOGISCHE PERIODE												
SERIE	ETAGE - CHRONOZONE	TIJD	TIJDPERK		DATERING										
Holocene	Laat Subatlanticum	1150 n. Chr	Nieuwe tijd	C	1850										
				B	1650										
				A	1500										
	Vroeg Subatlanticum	0	Middeleeuwen	Laat	B	1250									
					A	1050									
				Vroeg	D	900									
					C	725									
					B	525									
					A	450									
	Romeinse tijd	450 v. Chr		Laat	270										
				Midden	70 n. Chr.										
				Vroeg	15 v. Chr.										
Subboreaal	3700	Metaaltijden	IJzertijd	Laat	250										
				Midden	500										
				Vroeg	800										
		Bronstijd	Laat	1100											
			Midden	1800											
			Vroeg	2000											
Atlanticum	7300		Neolithicum	Laat	2850										
				Midden	4200										
				Vroeg	4900/5300										
Boreaal	8700		Mesolithicum	Laat	6450										
				Midden	8640										
Pleistoceen	Preboreaal	9700	Steentijd	Paleolithicum	Vroeg	9700									
					Laat	B	12.500								
							Jong	A	16.000						
									35.000						
					Midden	250.000	Oud								
										Weichselien	Vroeg Glaciaal	Ouderderade	74.000		
													Laat Glaciaal	Jonge Dryas	11.000
															Allerød
										Weichselien	Midden Glaciaal	Denekamp	34.000		
													L	Late Glacial Max	20.000
															31.500
													M	Hengelo	41.500
															45.000
													V	Moershoofd	50.000
					71.000										
Weichselien	Vroeg Glaciaal	Brørup	114.000												
			Eemien	Saalien	126.000										
					236.000										
			Oostermeer	onbenoemd	241.000										
					322.000										
			Belvédère	onbenoemd	336.000										
					384.000										
			Holsteinien	Elsterien	416.000										
					463.000										

## Bijlage 2. Protocol KNA 4.1 Waterbodems



### Bijlage 3. Overzicht van bekende scheepswrakken in het onderzoeksgebied

NCN	DHY	RCE	Easting	Northing	R95	Omschrijving
24	2461	46661	542312	5765500	100	Houten delen van een wrak
82	607	-	543107	5761781	20	Onbekende wrakresten in Eurogeul
186	1709	49387	543190	5722144	20	SS "BAIDAR", spot bij punt 16. Brits vrachtschip van 1010 grt gebouwd in 1871 bij Humphrys Pearson te Hull, vergaan 29-11-1897
190	1728	49376	536429	5727479	500	Duitse Kof Anna Maria gestrand met lading lijnzaad 22-12-1849
192	1732	52726	538417	5728764	1	Werknaam GEUL VAN DE BANJAARD 3 (ijzeren of houten schip?).
193	1734	46848	538753.9	5731345	-	HONDENGAT 1
250	2045	46612	533077.4	5776564	1	Vrachtschip Kof Durward, gezonken 1915
312	2715	-	543508.4	5747638	20	Wrak Friblo TH-25, gezonken 12-12-1954
364	2939	46668	546967	5752539	10	Wrak van groot oud stoomschip. 20-07-1986. Wrak van oud groot stoomschip.
382	3136	48566	544219.4	5758727	1	Mededeling over een houten schip. 2e MELDER: D.van Weenen, houten driemaster
475	-	50789	543817	5714410	-	Landingsvaartuig Veerse Meer. MFP F920 type DM
1211	908	-	518976.6	5881630	-	Onbekend wrak 908
1665	-	-	542973.3	5715715	-	Wreck silted up with sand.
1670	1698	-	544227	5717796	20	Wrak HY1698, betonnen caisson. Gestrand 15-09-1953
1687	1733	-	539211.1	5731750	-	Onbekend wrak 908
1722	1780	-	542398.2	5744207	-	Wrak lengte 70m
1733	1792	-	543979.4	5745817	-	Onbekend wrak
1734	1794	-	548327	5747278	-	Onbekend wrak
1828	1941	-	544862.8	5762448	-	Onbekend wrak
1829	1942	-	544367.1	5762443	-	Onbekend wrak
1905	2055	-	536007.9	5779308	-	Onbekend wrak
1910	2062	-	534094	5781303	-	Onbekend wrak
1911	2063	-	535228.1	5782083	-	Onbekend wrak
1915	2067	-	536893.1	5783726	-	Onbekend wrak
1977	2144	-	535328	5810665	20	Houten wrak
2055	2246	-	534136	5827438	2	Werknaam Poppetjeswrak; Wrak Poppetjeswrak HY2246 Geïdentificeerd door Noordeeduikers als SS Anglia
2081	2274	-	535655.8	5834712	5	Wrak Anna Graebe, vergaan 12-01-1978
2810	-	-	535978	5821107	1	Uiteengevallen wrak.
2869	3574	-	533773	5779675	12	Wrak onverkend melding Dennis de Rooij
8681	-	-	543811	5714416	1000	Wrak HY3559, Binnenvaartuig. Ontdekt in 1991. Dit was voorheen RWS_nr 545
9213	-	46847	539106.2	5730438	-	Werknaam Banjaard

NCN	DHY	RCE	Easting	Northing	R95	Omschrijving
9272	-	47903	543530.9	5714933	-	Werknaam Veerse Meer 1; vondst scheepshout
9316	-	48498	538790	5727671	1	Werknaam Schouwen Banjaard 1; Groot wrak met grote kaapstander met 2 verhaalkammen ca. 2 m.B. Geladen met broodjes ijzer van 60-70 cm.
9317	-	48499	538368.7	5725845	-	Zeilschip, afm. ca. 30 m. L x 6 m. B x 1,5 m. uit de bodem. Datering: 18e/19e eeuw.
9339	-	49358	538047.2	5727080	-	NOORDZEE MONDING OOSTERSCHELDE
9511	1921	-	543587	5761978	20	ss. Port G. Warra, verwijderd uit de DHY lijst
14084	-	-	536846	5727562	500	Wrak maria
15302	-	-	546356	5711440	20	Wrak zeilbootje. Dit was voorheen RWS_nr 3004
9213	-	46847	539106.2	5730438	-	Gezonken 6 juni 2001 Onderzocht door duikers op 13-6-2001
15329	-	-	544344	5717643	100	Wrak Christel, geheel uit elkaar geslagen. Dit was voorheen RWS_nr 539
18200	-	-	544594	5748691	1	Wrak
18756	-	-	513273	5866589	20	Wrakresten
28280	-	-	541107	5761988	10	Onbekend wrak
31074	-	-	538614	5728959	5	SS Lotte (+1905) was a German iron hulled cargo steamer on route from Danzig for Antwerp carrying a general cargo when she ran aground and was wrecked on the Banjaard Bank on the 16th April 1905.



# Net op Zee – Nederwiek 1

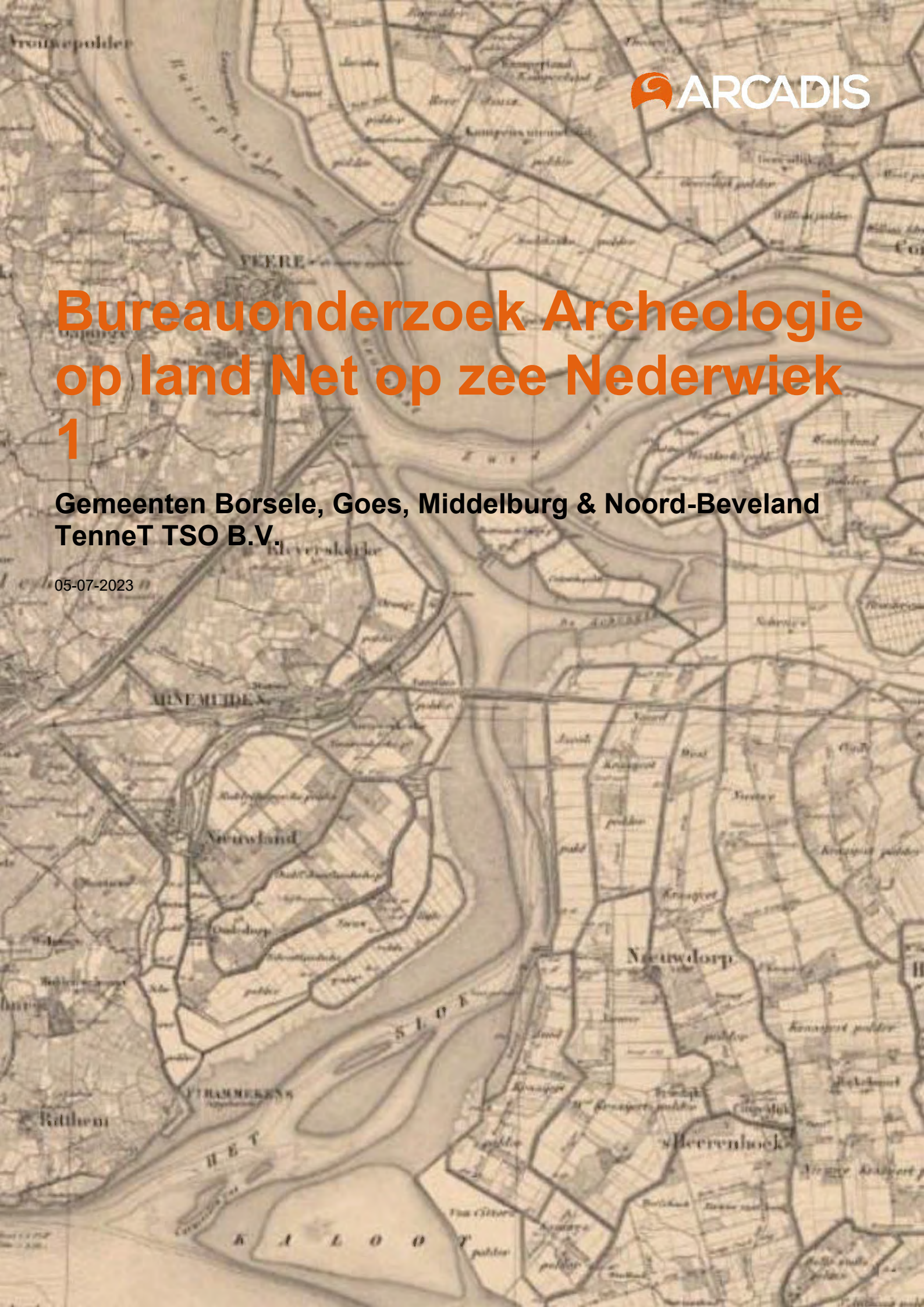
## **Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat**

Bijlage 11b: Archeologisch bureauonderzoek op land

# Bureauonderzoek Archeologie op land Net op zee Nederwiek 1

Gemeenten Borsele, Goes, Middelburg & Noord-Beveland  
TenneT TSO B.V.

05-07-2023



# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Aanleiding van het onderzoek	5
1.2 Plangebied en onderzoeksgebied	5
1.3 Administratieve gegevens	8
1.4 Huidige en toekomstige situatie plangebied	9
1.5 Doel van het bureauonderzoek	17
1.6 Normen en werkwijze	17
1.6.1 Werkwijze archeologie	18
1.7 Juridisch- en beleidskader	19
1.7.1 Europees: Verdrag van Malta (1992)	19
1.7.2 Nationaal: Erfgoedwet (2016) en Monumentenwet (1988)	19
1.7.3 Gemeentelijk: beleidskaart en bestemmingsplan	20
<b>2 Landschap</b>	<b>29</b>
2.1 Inleiding	29
2.2 Landschap	29
2.2.1 Paleogeografische ontwikkeling	29
2.2.2 Geologische opbouw en diepteligging	33
2.2.3 Geomorfologie en bodem	35
2.3 Hoogtebestand AHN	38
2.4 Verstoringen	41
<b>3 Historie</b>	<b>44</b>
3.1 Inleiding	44
3.2 Historische informatie	44
<b>4 Archeologische informatie</b>	<b>54</b>
4.1 Inleiding	54
4.2 Gemeentelijke archeologische verwachtingskaart	54
4.3 Vindplaatsen	58
4.3.1 AMK-terreinen	60
4.3.2 Vondstlocaties en waarnemingen	60
4.4 Eerder uitgevoerd onderzoek	60
4.4.1 Eerder uitgevoerd veldwerk	61
<b>5 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>63</b>
5.1 Conclusie	63
5.2 Gespecificeerd verwachtingsmodel	64

5.3	Advies	68
	<b>Bronnen</b>	<b>70</b>
	<b>Colofon</b>	<b>71</b>

## Samenvatting

<Volgt na Review.>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding van het onderzoek

In opdracht van TenneT TSO B.V. (hierna: TenneT) heeft Arcadis Nederland B.V. een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd voor het kabeltracé op land van Net op zee Nederwiek 1. Parallel aan dit onderzoek is door Periplus een archeologisch bureauonderzoek voor het kabeltracé op zee en de waterbodem van het Veerse Meer uitgevoerd. Beide onderzoeken worden uitgevoerd in het kader van de milieueffectrapportage (hierna: MER). De bureauonderzoeken worden uitgevoerd conform de vigerende KNA-regeling, versie 4.1, en conform aanvullende archeologische richtlijnen van de provincies en gemeenten waarbinnen het plangebied zich bevindt. Het project Net op zee Nederwiek 1 bestaat uit de volgende hoofdonderdelen:

- Een platform op zee voor de aansluiting van de windturbines en het omzetten van wisselstroom (afkomstig van de windturbines) naar 525kV-gelijkstroom;
- Een kabeltracé voor transport van 525kV-gelijkstroom op zee en in het Veerse Meer;
- Een ondergronds kabeltracé op land voor transport van 525kV-gelijkstroom naar een converterstation;
- Een converterstation op land voor het omzetten van 525kV-gelijkstroom naar 380kV-wisselstroom.

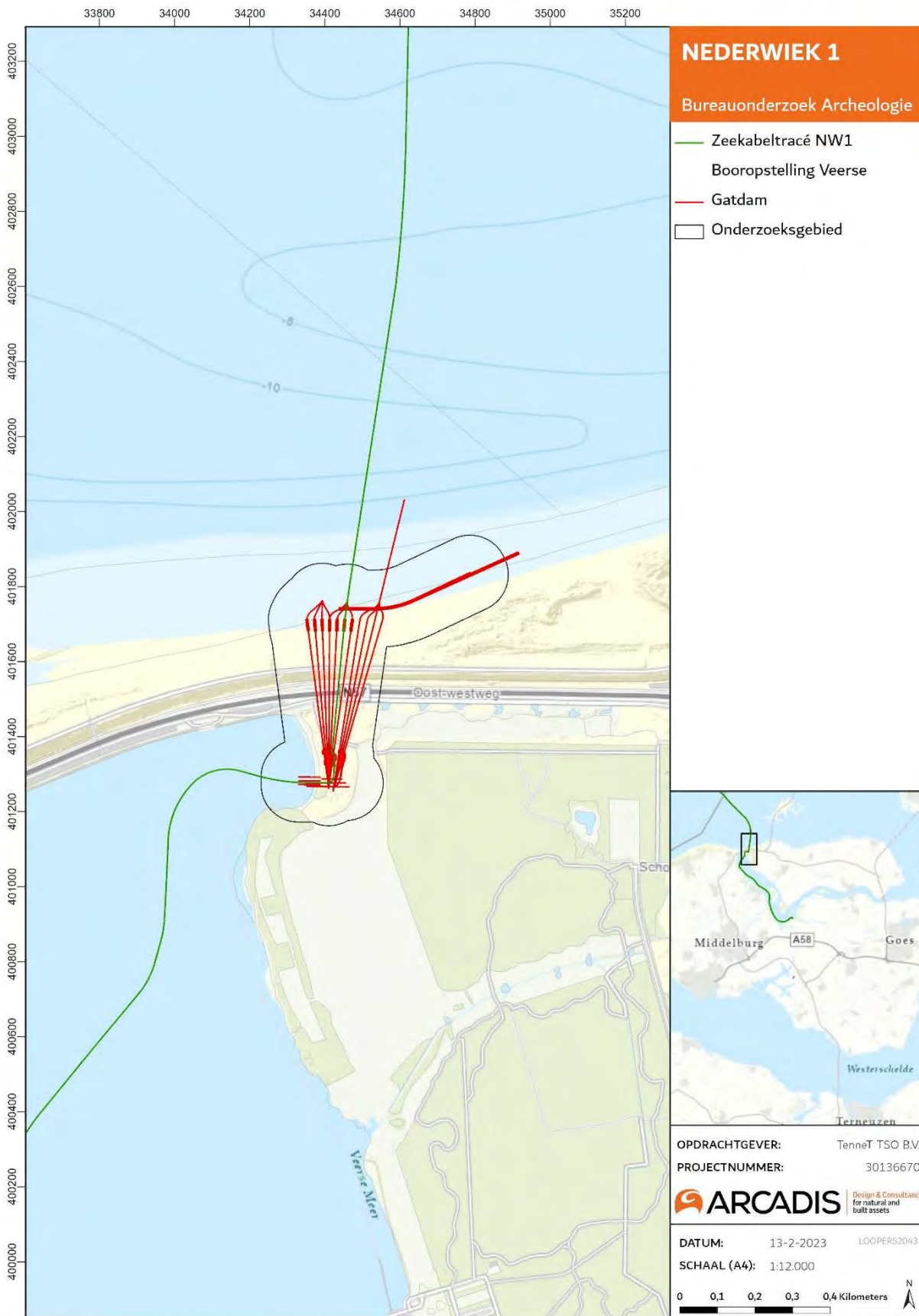
Dit rapport gaat over de effecten van de laatste twee onderdelen op land. Het kabeltracé op zee en het Veerse Meer wordt in een apart bureauonderzoek behandeld (Periplus 2023). Bij de uitvoering van de voorgenomen ontwikkelingen kunnen mogelijk archeologische waarden worden verstoord. Het bureauonderzoek heeft als doel inzicht te verschaffen in de archeologische waarden die zich in het plangebied (kunnen) bevinden.

## 1.2 Plangebied en onderzoeksgebied

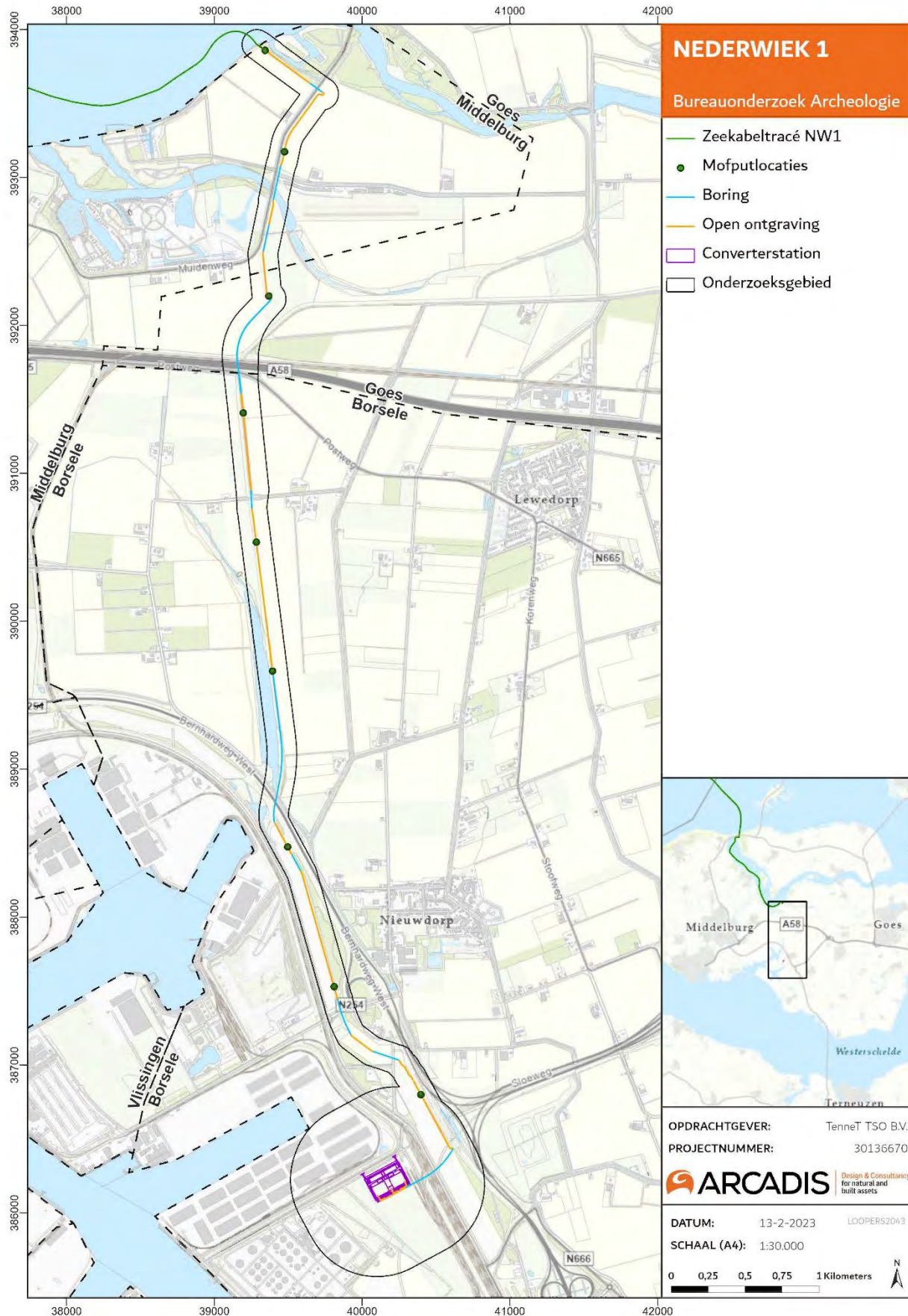
Voor het bureauonderzoek is uitgegaan van een onderzoeksgebied dat bestaat uit het plangebied en een buffer van 100m rondom het kabeltracé en 500m om de converterstationslocatie (Figuur 2). Hierdoor wordt een completer beeld verkregen van de aanwezige archeologische waarden in en rondom het plangebied en kunnen resultaten uit de omgeving worden geëxtrapoleerd.

Voor het plangebied op land kan grofweg onderscheid gemaakt worden tussen twee deelgebieden, namelijk de booropstelling bij de Veerse Gatdam én het tracé ten zuiden van het Veerse Meer inclusief de locatie van het converterstation (zie (Figuur 1 en Figuur 2). Het plangebied bij de Veerse Gatdam bevindt zich in de gemeente Noord-Beveland. Het plangebied Net op zee Nederwiek 1 voor het kabeltracé op land ten zuiden van het Veerse Meer bevindt zich binnen de gemeenten Borsele, Middelburg en Goes. Het kabeltracé dat zich tussen deze twee plangebieden in het Veerse Meer bevindt wordt in een apart bureauonderzoek voor de waterbodem behandeld (Periplus 2023). Voorliggend bureauonderzoek zal zich dan ook met name richten op de het tracé ten zuiden van het Veerse Meer, en indien relevant ook de passage bij de Veerse Gatdam behandelen.

Voor het grootste gedeelte van het kabeltracé Net op Zee Nederwiek 1 ligt hieraan parallel het kabeltracé Net op zee IJmuiden Ver Alpha. Voor dit kabeltracé is reeds een archeologisch bureauonderzoek uitgevoerd (Arcadis, 2021). Gezien de parallelligging tussen de twee kabeltracés is voorliggend bureauonderzoek grotendeels gebaseerd op dit voorgaande onderzoek. Met name voor de algemene archeologische, landschappelijke en historische informatie is gebruikt gemaakt van het eerdere onderzoek. Waar nodig is in dit bureauonderzoek op verschillende onderwerpen gespecificeerd met betrekking tot de ligging van het kabeltracé Net op zee Nederwiek 1. Naar aanleiding van het eerdere bureauonderzoek is ook verkennend veldonderzoek uitgevoerd op een tracégedeelte dat parallel ligt aan het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 1 (Antea 2021). In Hoofdstuk 4.4.1 wordt nader ingegaan op dit onderzoek. De resultaten van dit onderzoek worden meegenomen in het gespecificeerde verwachtingsmodel en het advies.



Figuur 1: Plangebied booropstelling parallelligging Net op zee Nederwiek 1 met Net op zee IJmuiden Ver Alpha t.p.v. Veerse Gatdam.



Figuur 2: Plan- en onderzoeksgedebied kabeltracé en converterstation ten zuiden van het Veerse Meer, met voorgenomen wijze van aanleg.



## 1.3 Administratieve gegevens

Tabel 1: Objectgegevens onderzoek

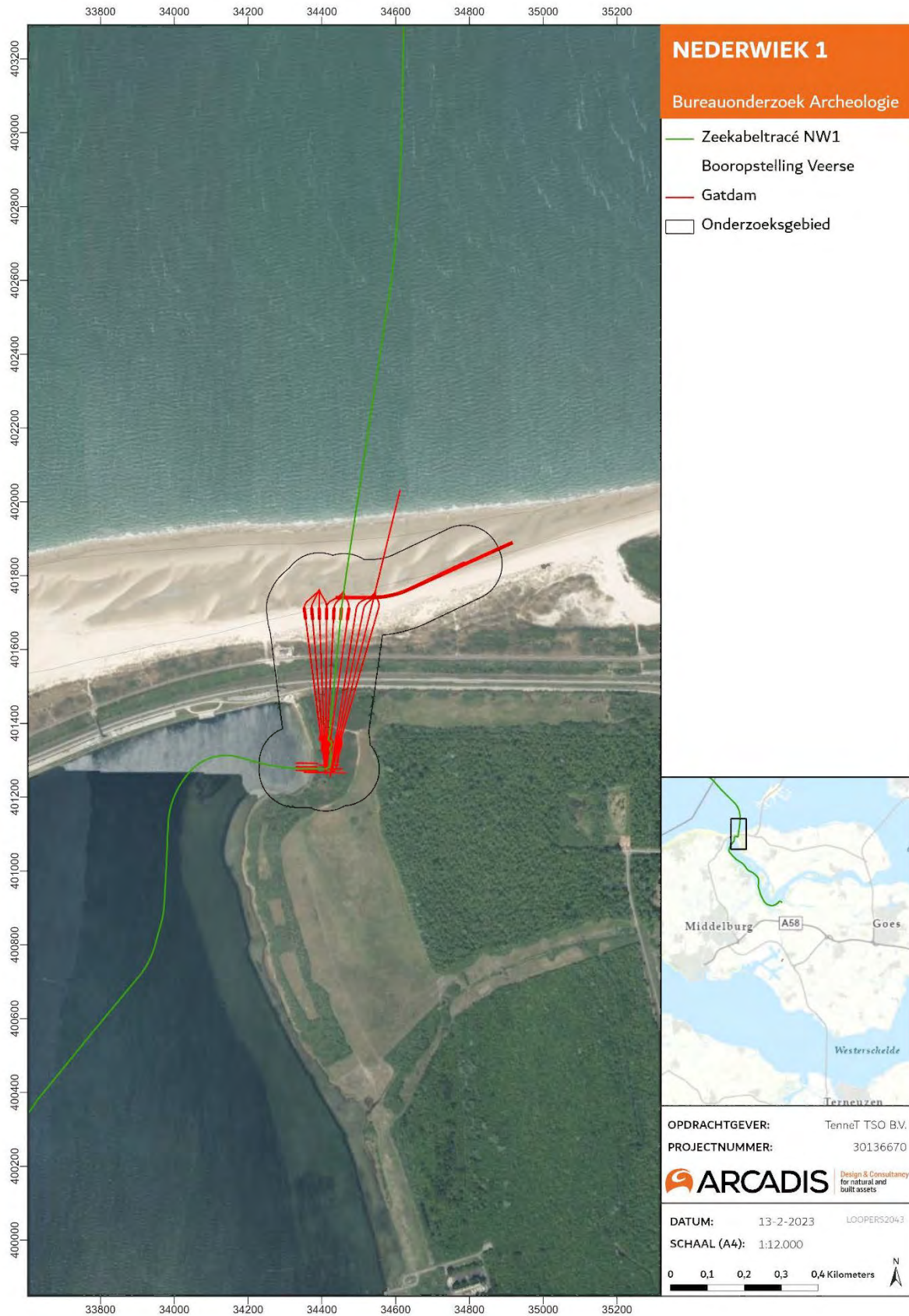
<b>Objectgegevens onderzoek</b>	
<b>Arcadis Projectnummer</b>	30136670
<b>ISSN-nummer</b>	2666-8718
<b>Projectnaam</b>	Net op zee Nederwiek 1
<b>Plaats</b>	Omgeving Borssele, Nieuwdorp, Lewedorp, Oranjeplaat
<b>Gemeente</b>	Gemeente Borssele Gemeente Goes Gemeente Middelburg Gemeente Noord-Beveland
<b>Provincie</b>	Zeeland
<b>Coördinaten (X,Y)</b>	40491.25, 386725.55
<b>Lengte tracé /Oppervlakte plangebied</b>	Circa 7 km
<b>Onderzoeksmelding Archis3</b>	5280952100
<b>Uitvoerder</b>	Arcadis Nederland BV
<b>Opdrachtgever</b>	TenneT TSO B.V.
<b>Bevoegd Gezag</b>	Provincie Zeeland Gemeente Borssele Gemeente Goes Gemeente Middelburg Gemeente Noord-Beveland
<b>Uitvoeringsperiode onderzoek</b>	Juli 2022 – April 2023
<b>Beheerder en plaats documentatie</b>	Arcadis Nederland BV, locatie Arnhem

## 1.4 Huidige en toekomstige situatie plangebied

Het plangebied bevindt zich binnen de provincie Zeeland. Het bureauonderzoek voor het plangebied wordt uitgevoerd conform de vigerende KNA-regeling, versie 4.1, en conform de aanvullende archeologische richtlijnen van de Provincie Zeeland. Het plangebied Borsele ligt in de gemeenten Borsele, Goes, Middelburg en Noord-Beveland.

In het noorden van het plangebied kruist het kabeltracé de oostzijde van de Veerse Gatdam (zie Figuur 1 en Figuur 5). Bij de kruising van de Veerse Gatdam wordt de 525kV-gelijkstroomkabel (DC) door middel van drie aparte boringen aangelegd. De kabels lopen vervolgens door het Veerse Meer en komen weer aan land in de gemeente Middelburg ten zuiden van de haven De Piet. Deze 525kV-gelijkstroomkabel loopt over land door de gemeente Goes en wordt in de gemeente Borsele aangesloten op het converterstation bij de Liechtensteinweg (Figuur 4). Hier wordt in de toekomst de 525kV-gelijkstroom omgezet naar 380kV-wisselstroom (AC).

De aanleg van de kabels gebeurt grotendeels door middel van open ontgravingen en tevens enkele (gestuurde) boringen (Figuur 2). De 525kV-gelijkstroomkabel wordt op land grotendeels tijdens open ontgravingen aangelegd. Hieronder worden de geplande ingrepen kort toegelicht. De focus ligt daarbij op de ingrepen waarbij mogelijk archeologische waarden worden verstoord.



Figuur 3: Plangeied Veerse Gatdam op de luchtfoto.

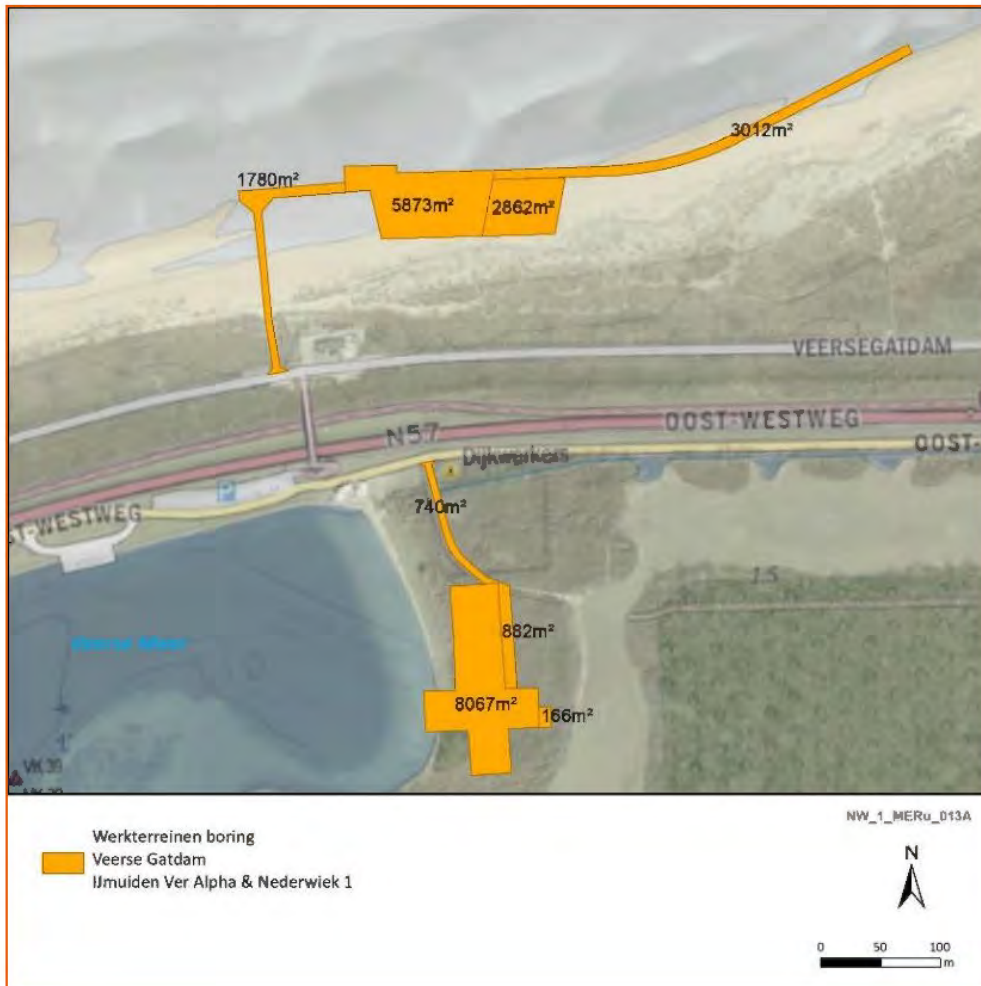


Figuur 4: Plangebied ten zuiden van het Veerse Meer op de luchtfoto.

### Kruising Veerse Gatdam

De Veerse Gatdam wordt gekruist door middel van drie boringen onder de oostzijde van de Veerse Gatdam door. Tijdens de realisatie van de boringen wordt een boorput en een ontvangstput gegraven. Het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 1 loopt na de kruising van de Veerse Gatdam door het Veerse Meer.

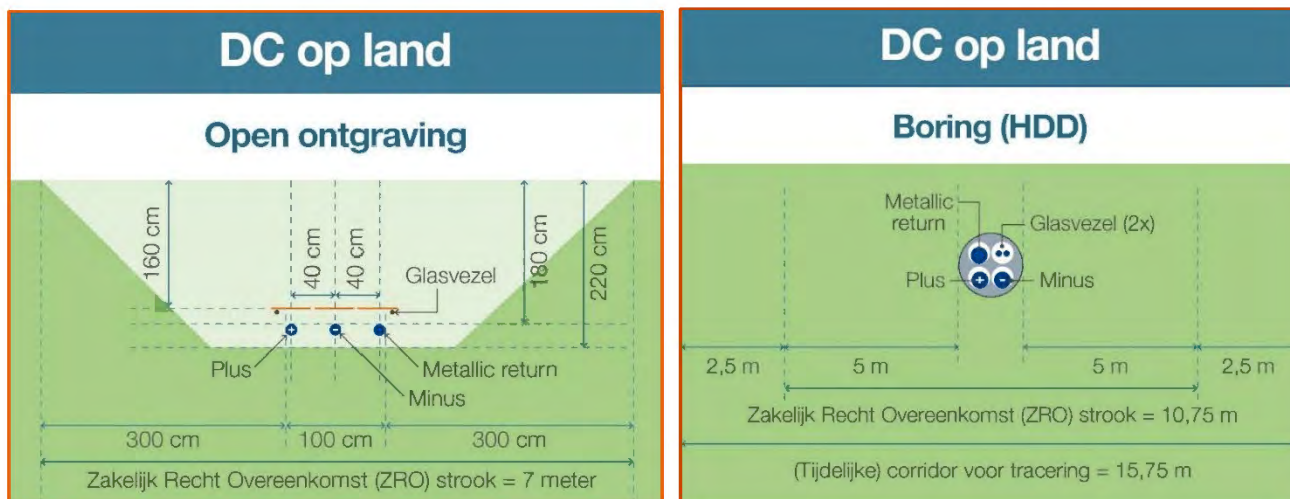
De impact van ingrepen op zee en het Veerse Meer worden behandeld in het archeologisch bureauonderzoek op zee en het Veerse Meer Net op zee Nederwiek 1. Hieronder vallen ook het werkterrein en de ontvangstput ten noorden van de Veerse Gatdam.



Figuur 5: Oppervlaktes werkterreinen kruising Veerse Gatdam (TenneT 2022).

### Kabeltracé op land (525kV-gelijkstroomkabels)

Het kabeltracé op land ten zuiden van het Veerse Meer loopt van de aanlanding in de gemeente Middelburg, door de gemeenten Goes en Borsele, richting het converterstation aan de Liechtensteinweg. De kabels worden aangelegd in een open ontgraving, waarbij de kabelligging zich op 180 cm -mv bevindt, en de ontgravingsssleuf een maximale diepte van 220 cm -mv heeft. Gedeeltelijk, grofweg vanaf het zuiden van de Sloekreek tot ter hoogte van de Luxemburgweg, wordt de kabel op maximaal 120 cm -mv gelegd. De kabelconfiguraties voor het gelijkstroomkabeltracé (DC) op land, voor open ontgraving en een gestuurde boring, wordt weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 6: Kabelconfiguratie open ontgraving en boring Net op zee Nederwiek 1 (TenneT 2022).

Op grote delen van het kabeltracé liggen de Netten op zee Nederwiek 1 en IJmuiden Ver Alpha parallel aan elkaar. Bij parallelligging worden de kabels gelijktijdig aangelegd door middel van een open ontgraving. De kabelconfiguratie van de Netten op Zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1 bij parallelligging is weergegeven in onderstaande figuur:



Figuur 7: Schematische weergave kabelconfiguratie open ontgraving inclusief werkterreinen op land bij parallelligging Netten op zee Nederwiek 1 en IJmuiden Ver Alpha ((TenneT 2022).

### Mofputten en aardputten

Op land is er om de circa 800 tot 1.200 m een verbindingsmof nodig om landkabels te verbinden. De breedte van een ondergrondse mofput is circa 5 m. Om de 3 tot 5 km wordt er een aardput aangelegd. Dit zijn ondergronds gelegen afgedichte putten met putdeksel op het maaiveld. Een aardput heeft een oppervlakte van circa 1 m<sup>2</sup> (1 m x 1 m). De aardputten en mofputten hebben een diepte van circa 220 cm -Mv.



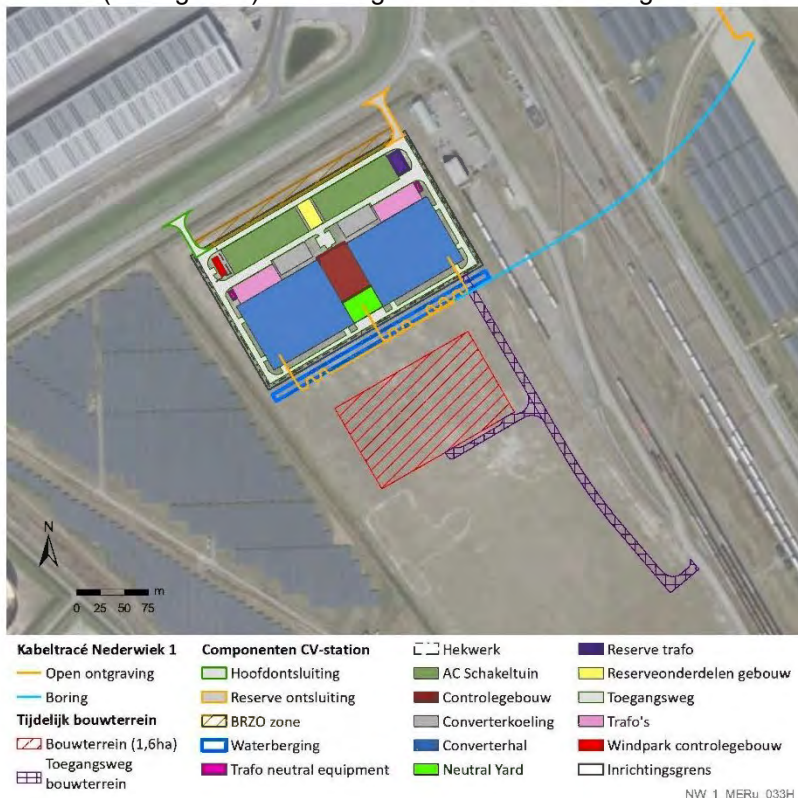
### Converterstation (Lichtensteinweg) en werkterrein

De locatie voor het converterstation is gelegen aan de Lichtensteinweg en Luxemburgweg (zie Figuur 8). Op basis van het voorlopige ontwerp zijn de verwachte afmetingen van het converterstation minimaal circa 157m x 250 m (circa 3,9 hectare) en met een maximale hoogte van 25 m (gemeten vanaf het opgehoogde maaiveld). De central service building in het midden van het plot is circa 56 x 35 x 16,5 m (lengte x breedte x hoogte). Onder de control building wordt een kelder aangelegd. Deze gaat de grond in tot maximaal 3,5 m (gemeten vanaf het opgehoogde niveau) en heeft een oppervlakte van circa 2.000 m<sup>2</sup> (56 m x 35 m). Daarnaast komt er mogelijk ook een kelder onder het third party building tot maximaal 3,5 m diep (gemeten vanaf het opgehoogde niveau) met een oppervlakte van 20 m x 7 m. Het terrein wordt voor aanvang van de werkzaamheden geëgaliseerd. Hiertoe wordt de bovenste 50cm van het terrein vanaf het huidige maaiveld afgegraven en wordt er vervolgens 80cm zandgrond terug op aan gebracht.

Voor de bouw van het converterstation worden er heipalen<sup>1</sup> 30m diep de bodem in gebracht. De heipalen hebben in de worst case situatie<sup>2</sup> een oppervlakte per heipaal van circa 0,25m<sup>2</sup> per stuk. In totaal dienen er circa 2600 palen geplaatst te worden voor de fundering.

Voor de bouw van het converterstation wordt tevens een tijdelijk werkterrein met toegangsweg ingericht aan de zuidkant van de stationslocatie (rood/paars gearceerd terrein, zie Figuur 8). Dit werkterrein inclusief toegangsweg wordt gebruikt voor de aanleg van het converterstation. Ontgravingen voor het werkterrein bestaan uit het ontgraven van de bouwvoor (30 cm -mv) ten behoeve van de opbouw van de bouwweg en bouwplaats en daarnaast het plaatselijk aanleggen van drainagesleuven met een maximale diepte van 0,5 m -mv, waardoor de maximale bodemverstoring tot 0,8 m -mv (0,3 + 0,5) reikt.

In onderstaande figuur is een voorlopige indicatie voor de ligging van het werkterrein weergegeven, de exacte ligging is echter nog niet vastgesteld en mogelijk kan het gehele perceel gebruikt worden voor de inrichting van het werkterrein. Aangezien de exacte indeling van het werkterrein nog niet definitief is vastgesteld, wordt in dit bureauonderzoek een zoekgebied gehanteerd dat bestaat uit een gedeelte van het perceel waarbinnen het werkterrein aangelegd zal worden (zie Figuur 9). Dit zoekgebied valt binnen het grotere onderzoeksgebied zoals beschreven in paragraaf 1.2.

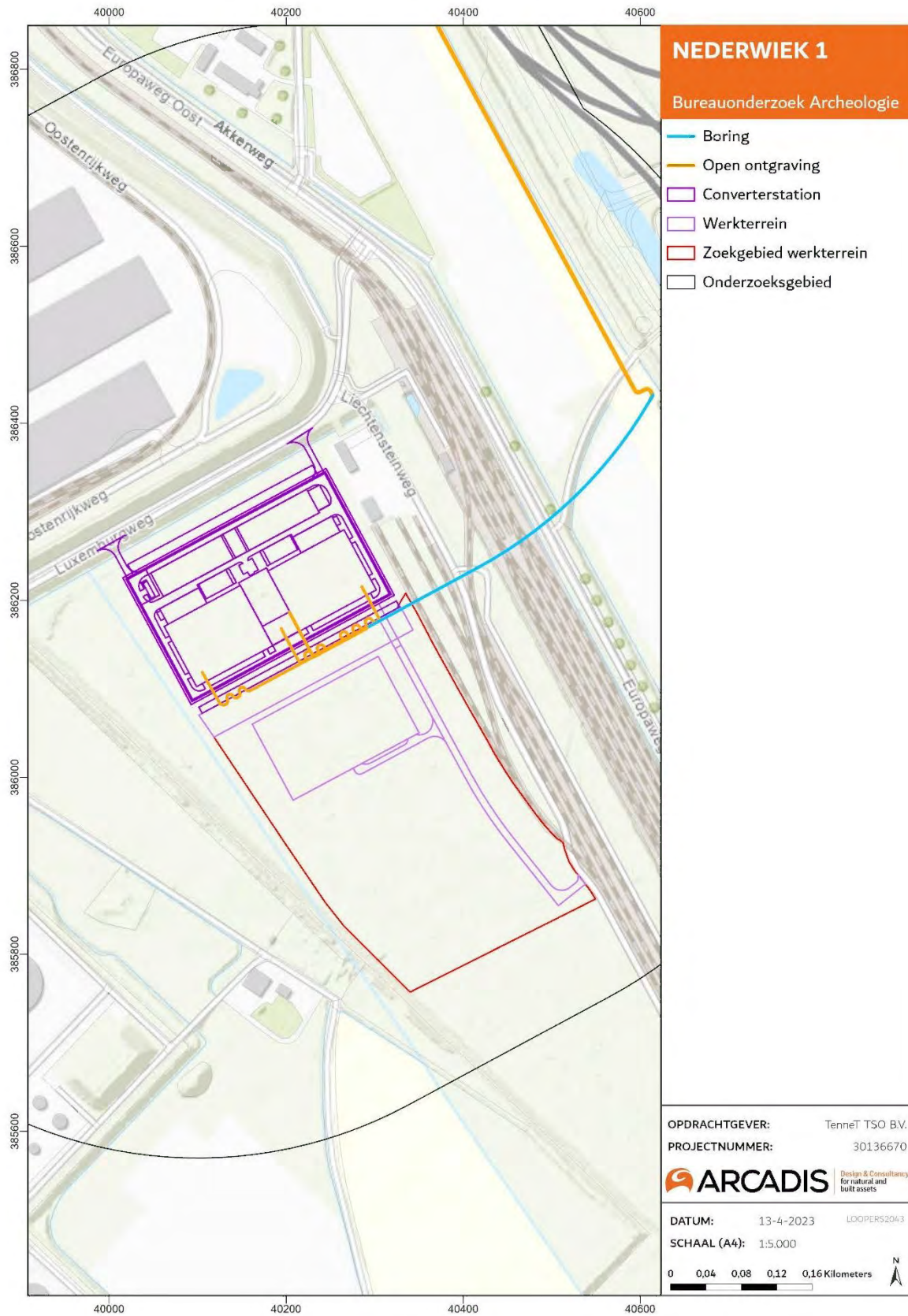


Figuur 8: Overzichtstekening converterstation Nederwiek 1 inclusief voorlopig ontwerp werkterrein (TenneT 2023).

<sup>1</sup> Grondverdringende palen

<sup>2</sup> 50x50mm palen





Figuur 9: Converterstation en voorlopig ontwerp werkterrein binnen het zoekgebied van het werkterrein.

## 1.5 Doel van het bureauonderzoek

Het doel van het bureauonderzoek is drieledig:

1. Inzicht verschaffen in de archeologische en historische resten die zich in het plangebied bevinden of verwacht worden.
2. Opstellen van een gespecificeerd archeologisch verwachtingsmodel conform KNA 4.1.
3. Advies opstellen over of en waar er archeologisch vervolgonderzoek nodig is, en indien nodig, uit welke onderzoeksmethode het vervolgonderzoek moet bestaan.

## 1.6 Normen en werkwijze

Arcadis streeft naar een integrale aanpak van erfgoed. Erfgoed bevat zes pijlers (Figuur 10): archeologie, historische gebouwen, historisch landschap, natuurlijk erfgoed, collecties & objecten en immaterieel erfgoed. Deze aspecten vertonen een grote verbondenheid en onderlinge samenhang. Een integrale benadering van deze aspecten heeft een meerwaarde voor het project waarbinnen het wordt uitgevoerd. Het zorgt ervoor dat er een gedegen inventarisatie beschikbaar is en dat er een integrale erfgoedwaardering kan worden uitgevoerd.

In dit bureauonderzoek ligt de hoofdfocus op archeologie. Van collecties & objecten en immaterieel erfgoed is geen sprake in het plangebied. Deze worden buiten beschouwing gelaten. De overige pijlers laten zich omschrijven als:

- **Archeologie:** Deze pijler omvat alle bekende en onbekende, in en op het bodemarchief aanwezige resten van menselijke activiteiten, die wel of niet verstoord zullen gaan worden. Archeologie zal worden uitgevoerd volgens de KNA 4.1, protocol bureauonderzoek 4002. Het rapport bevat waar mogelijk gegevens over de te verwachten aanwezigheid, aard, omvang, ouderdom, gaafheid, conservering en (relatieve) kwaliteit van archeologische waarden.
- **Historisch landschap:** In deze pijler worden de elementen die behoren tot de historische geografie beschreven. Dit zijn cultuurhistorische punten, lijnen en vlakken, zoals cultuurhistorische landschappen, historisch groen, historische paden, sloten, dijken, beplantingen etc. als ook historische zichtlijnen en historische wegen-, verkavelings- en beplantingspatronen etc.
- **Gebouwd Erfgoed:** Deze pijler bestaat uit elementen die behoren tot de historische (steden)bouwkunde. Hieronder vallen beschermde stads- en dorpsgezichten, Rijksmonumenten, en waardevolle bouwkundige objecten (molens, boerderijen, sluizen, etc.) en ensembles (erven, dorpen, linten, landgoederen, etc.).
- **Natuurlijk Erfgoed:** Onderdeel van deze pijler zijn bijzondere elementen van het landschap die door natuurlijke processen zijn gevormd, zoals bijvoorbeeld een steilrand of een stuwwal. Ook aardkundige waarden vallen onder deze pijler.



Figuur 10: Zes pijlers van het cultureel erfgoed.

### 1.6.1 Werkwijze archeologie

De landschappelijke en archeologische situatie wordt beschreven op basis van een aantal bronnen. De landschappelijke opbouw en ontwikkeling van het onderzoeksgebied zegt veel over de mogelijke aanwezigheid van archeologische waarden in het plangebied. In combinatie met gegevens over bekende archeologische vondsten en historische gegevens wordt een verwachting opgesteld voor de kans op het aantreffen van archeologische resten. Het rapport bevat waar mogelijk gegevens over de verwachte aan- of afwezigheid, aard, omvang, ouderdom, gaafheid, conservering en (relatieve) kwaliteit van archeologische waarden.

De doelstellingen vermeld bij 1.5 worden bereikt door het beantwoorden van de volgende vragen in de conclusie:

1. Hoe ziet de geo(morfo)logische en bodemkundige opbouw van het plangebied eruit?
2. Welke archeologische gegevens in en rond het plangebied zijn bekend?
3. Welke historische gegevens (complexen en landgebruik) in en rond het plangebied zijn bekend?
4. Wat is, op basis van bovenstaande gegevens, de gespecificeerde archeologische verwachting van het plangebied? Wat zijn de prospectiekenmerken van de te verwachte vindplaatsen?
5. In welke mate worden de bekende en/of verwachte archeologische vindplaatsen bedreigd door de geplande ontwikkeling?
6. Is archeologisch vervolgonderzoek nodig en zo ja, welke onderzoeksmethode wordt geadviseerd?

Voor het bureauonderzoek archeologie worden de volgende bronnen geraadpleegd:

- Archeologische Monumenten Kaart (AMK);
- Cultuurhistorische Hoofdstructuur Zeeland;
- Gemeentelijke archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart;
- Relevante publicaties van reeds uitgevoerd archeologisch onderzoek;
- Bodemkaarten, geomorfologische kaarten, het AHN;
- Informatie uit Archis 3;
- Historische topografische kaarten;
- Informatie over de Tweede Wereldoorlog.

## 1.7 Juridisch- en beleidskader

### 1.7.1 Europees: Verdrag van Malta (1992)

Op 16 januari 1992 is door de Raad van Europa het Europese verdrag van Malta - ook wel bekend als de Conventie van Malta of het Verdrag van Valletta - gesloten. Het verdrag beoogt het cultureel erfgoed dat zich in de bodem bevindt beter te beschermen. In het verdrag zijn drie uitgangspunten ten aanzien van de omgang met archeologie geïntroduceerd:

- Het streven naar het behouden van archeologie in de bodem, het zogenaamde "behoud in situ" (artikel 4, tweede lid). De gedachte daarachter is dat er bodemarchief voor toekomstige generaties bewaard moet blijven.
- "Behoud in situ" wordt bereikt door in de planvorming tijdig rekening houden met de (mogelijke) aanwezigheid van archeologische vindplaatsen, zodat er nog ruimte is voor archeologievriendelijke alternatieven (artikel 5). Dit gebeurt door vooraf onderzoek uit te voeren naar archeologische resten. Door er vooraf rekening mee te houden, wordt vertraging in bouwprocessen voorkomen.
- Wanneer 'behoud in situ' niet mogelijk is, dienen de behoudenswaardige archeologische resten te worden veiliggesteld door middel van archeologisch onderzoek. Elke lidstaat die het Verdrag van Malta ondertekent, is verplicht maatregelen te treffen om ervoor te zorgen dat bij alle ontwikkelingsprojecten de kosten van het archeologisch onderzoek worden gedekt (artikel 6). In de Nederlandse wetgeving is dit vertaald in het 'de verstoorder betaalt'-principe (Wet op de Archeologische Monumentenzorg 2008). De initiatiefnemer is verantwoordelijk voor de kosten van het archeologisch onderzoek en de uitwerking van de resultaten.

### 1.7.2 Nationaal: Erfgoedwet (2016) en Monumentenwet (1988)

Sinds 1 juli 2016 geldt de nieuwe Erfgoedwet. Deze wet harmoniseert de bestaande wet- en regelgeving omtrent roerend en onroerend erfgoed en vormt één integrale Erfgoedwet voor het beheer en behoud van cultureel erfgoed. Een belangrijke wijziging voor archeologie is dat in de Erfgoedwet de regels voor de archeologische monumentenzorg aan de orde komen. De omgang met archeologie in de fysieke leefomgeving wordt onderdeel van de Omgevingswet. Tot dat de Omgevingswet ingaat blijven de artikelen uit de Monumentenwet 1988 die niet terugkomen in de Erfgoedwet van kracht, waaronder regelingen omtrent omgevingsvergunningen en bestemmingsplannen.

- Op grond van artikel 38a van de Monumentenwet 1988 en op grond van de Wet ruimtelijke ordening (artikel 3.1.6 Besluit ruimtelijke ordening), zijn gemeenten verplicht de belangen van de archeologische monumentenzorg in hun bestemmingsplannen te verankeren. De verankering vindt plaats door het toekennen van de bestemming of dubbelbestemming 'Waarde – Archeologie'. In een gemeentelijke verordening en in het bestemmingsplan worden regels opgenomen met betrekking tot het gebruik van de grond. Aan deze regels kan een omgevingsvergunningstelsel voor onder meer het gebruik van de grond en bodemwerkzaamheden worden gekoppeld.
- Op grond van artikel 2.22, derde lid onder d, van de Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht kunnen in het belang van de archeologische monumentenzorg, voorschriften aan de omgevingsvergunning worden verbonden. Deze voorschriften kunnen inhouden dat de aanvrager van een omgevingsvergunning een rapport overlegt, waarin de archeologische waarde wordt vastgesteld van het terrein dat volgens de aanvraag wordt verstoord.

### 1.7.3 Gemeentelijk: beleidskaart en bestemmingsplan

Zoals hierboven beschreven zijn gemeenten verplicht de belangen van de archeologische monumentenzorg in hun bestemmingsplannen te verankeren. Input hiervoor is veelal een gemeentelijke archeologische beleidskaart. Deze is gebaseerd op een archeologische verwachtingskaart, welke een actueel overzicht van de archeologische verwachtingen en bekende archeologische waarden binnen de gemeentegrenzen biedt. Het plangebied is voor het grootste gedeelte gelegen in de gemeente Borsele. De noordelijke delen van het plangebied zijn gelegen in de gemeenten Goes, Middelburg en Noord-Beveland. In dit hoofdstuk worden de beleidsregels van deze gemeenten op het gebied van archeologie nader beschreven.

De gemeenten Borsele, Goes, Kapelle, Noord-Beveland, Reimerswaal en Tholen hebben gezamenlijk opdracht gegeven tot het opstellen van een gemeentelijk archeologiebeleid. Deze gemeenten zijn aangesloten bij het Oosterschelderegio Archeologisch Samenwerkingsverband (OAS), die het beleid in 2016 hebben laten evalueren (Kerckhaert, 2016). Het beleid van de OAS is gebaseerd op de Maatregelenkaart-in-lagen. In deze maatregelenkaart zijn vier verschillende lagen opgenomen gebaseerd op de geologische laagpakketten en bijbehorende tijdsperioden die in Zeeland voorkomen. Per laag is de archeologische verwachting opgesteld, de lagen zijn weergegeven in Tabel 2. De beleidsregels van deze gemeenten zijn daardoor gebaseerd op dezelfde archeologische verwachtingsmethodologie. De beleidsregels met betrekking tot archeologie voor deze gemeenten zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 2: Geologische lagen en bijbehorende tijdsperioden van de Maatregelenkaart-in-lagen.

Laag	Laagpakket	Periode
1	Laagpakket van Walcheren (Formatie van Naaldwijk)	Late Middeleeuwen tot en met de Nieuwe tijd
2	Hollandveen Laagpakket (Formatie van Nieuwkoop)	Laat-Mesolithicum tot en met de Vroege Middeleeuwen
3	Laagpakket van Wormer (Formatie van Naaldwijk)	Vroeg Neolithicum
4	Laagpakket van Wierden (Formatie van Boxtel)	Paleolithicum tot mesolithicum

Tabel 3: Archeologiebeleid van de gemeente Borsele, Goes en Noord-Beveland (naar Alkemade et al. 2011a, b en c).

Categorie	Archeologische verwachting/ waarde	Beleid & vrijstellingsgrenzen
1	Wettelijke beschermd monument	Altijd onderzoeksplichtig
2	Terrein van archeologische waarde	50 m <sup>2</sup> , 40 cm diepte
3	Gewaardeerde stads-/dorpskern	50 m <sup>2</sup> , 40 cm diepte
4	Hoge verwachting	250 m <sup>2</sup> , 40 cm diepte
5	Gematigde verwachting	500 m <sup>2</sup> , 40 cm diepte
6	Lage verwachting	Geen onderzoeksverplichting
7	Waterbodem	Altijd overleg met RCE
8	Geen verwachting	Geen onderzoeksverplichting

## **Veerse Gatdam**

### **Gemeente Noord-Beveland**

De boorlijn die de Veerse Gatdam doorkruist bevindt zich in de gemeente Noord-Beveland. Het archeologiebeleid van de gemeente Noord-Beveland is vastgelegd in de beleidsnota archeologie (Alkemade *et al.* 2011b). De Veerse Gatdam wordt gekruist doormiddel van drie boringen onder de oostzijde van de Veerse Gatdam door.

Tijdens de realisatie van de boringen worden boorputten en ontvangstputten gegraven. De boorlijnen, de boorputten en de moflocatie raken geen zones met een archeologische verwachting (op land) voor de laagpakketten van Wierden, Wormer of Hollandveen (Lagen 2, 3 en 4). Voor deze laagpakketten geldt enkel een verwachting voor archeologie op de waterbodem. De impact van ingrepen op de waterbodem worden behandeld in het bureauonderzoek Net op zee Nederwiek 1 op zee (Periplus 2023). Hieronder vallen ook het werkterrein en de ontvangstputten ten noorden van de Veerse Gatdam die zich in de zone waterbodem bevinden.

Alleen voor het laagpakket van Walcheren (Laag 1) raakt een deel van het tracé en het werkterrein een lage archeologische verwachting (Figuur 11). De boorputten in het zuiden van het plangebied raakt geen archeologische verwachting.

## **Zuiden van het Veerse Meer**

### **Gemeente Goes**

Het archeologiebeleid van de gemeente Goes is vastgelegd in de beleidsnota (Alkemade *et al.* 2011c). De gemeente Goes maakt onderscheid tussen verschillende beleidscategorieën die gebaseerd zijn op een archeologische verwachting (Tabel 3).

Op de maatregelenkaart in lagen is te zien dat het plangebied in de gemeente Goes geen archeologische verwachting raakt voor de Laagpakketten van Wierden, Wormer en Hollandveen (Lagen 2, 3 en 4, zie Figuur 13 t/m Figuur 15). In het laagpakket van Walcheren (Laag 1, vanaf de late middeleeuwen) raakt het plangebied een zone met een lage archeologische verwachting archeologie (Figuur 12).

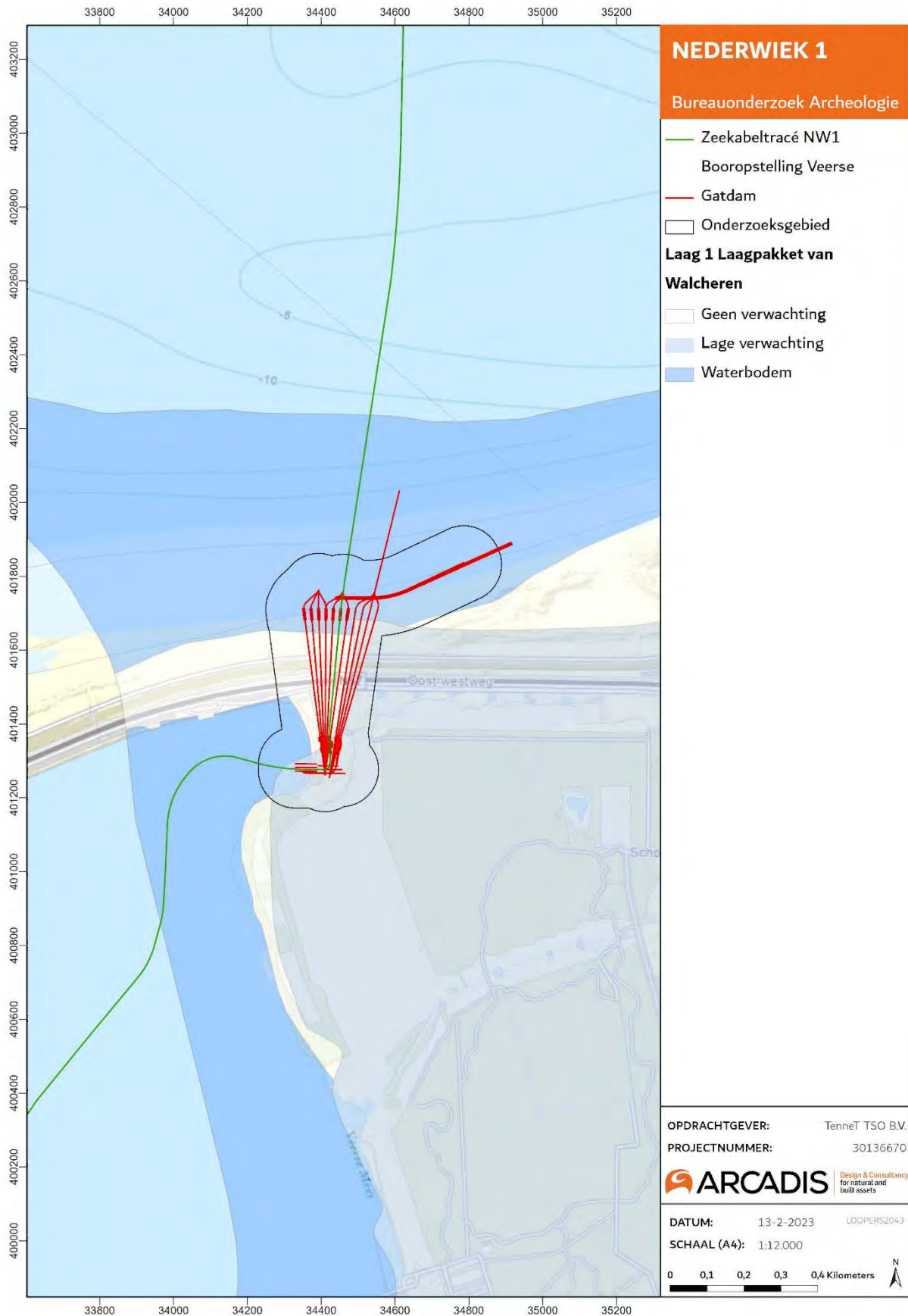
### **Gemeente Borsele**

Het archeologiebeleid van de gemeente Borsele is vastgelegd in een archeologienota (Alkemade *et al.* 2011b). De gemeente Borsele maakt net zoals de gemeente Goes onderscheid tussen de categorieën weergegeven in Tabel 3, waarbij de archeologische verwachting leidend is voor het bijbehorende beleid.

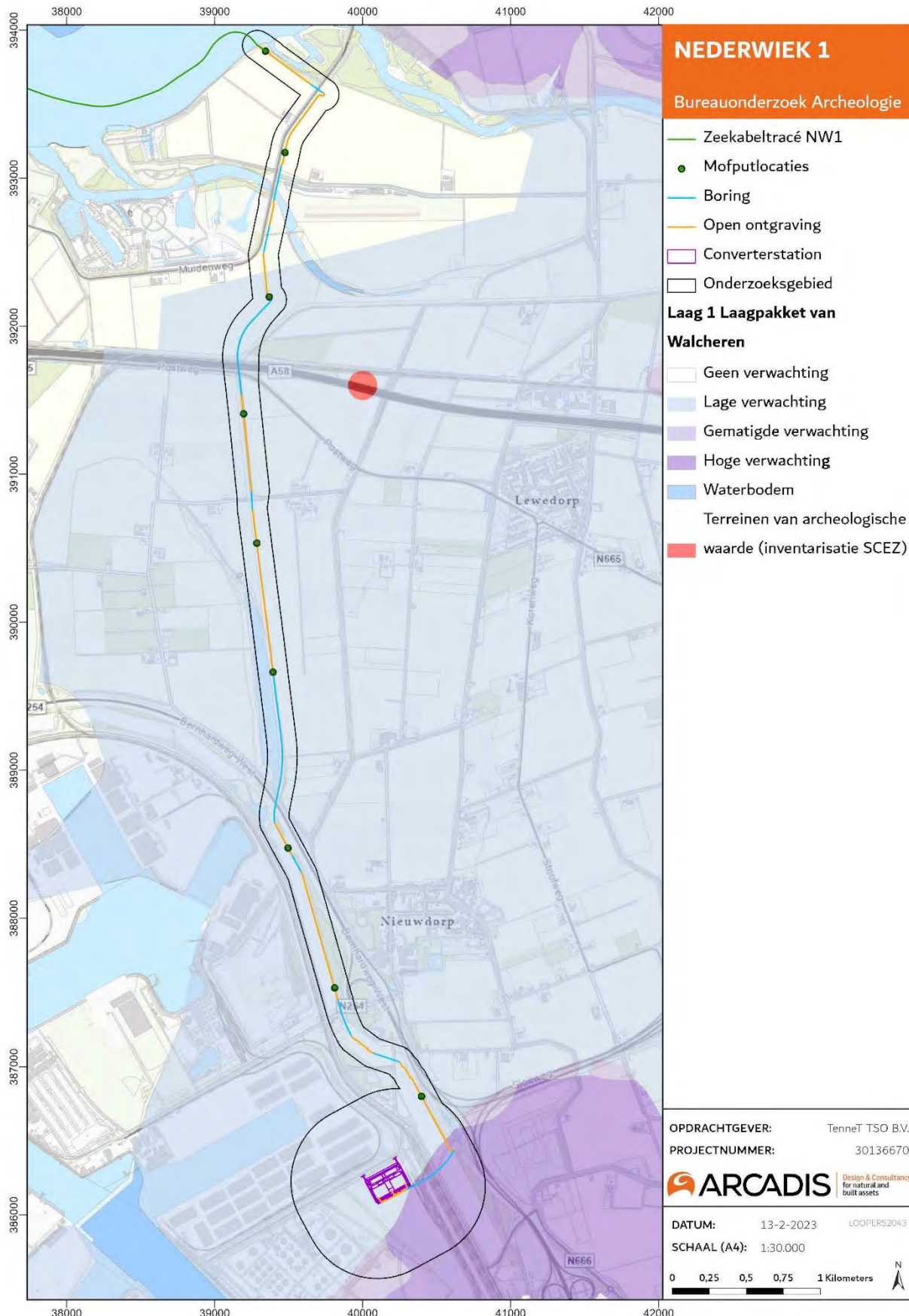
Het kabeltracé in het noordelijke deel van het plangebied binnen de gemeente Borsele raakt een lage archeologische verwachting voor het laagpakket van Walcheren (Laag 1, Figuur 12). Binnen de overige laagpakketten raakt dit deel van het plangebied geen archeologische verwachtingszones.

Op de maatregelenkaarten in lagen is te zien dat het de locatie van het converterstation zich bevindt in een zone met een lage archeologische verwachting in laag 1, en geen archeologische verwachting in de overige lagen (Figuur 12 t/m Figuur 15). Net ten zuiden van de converterstationslocatie ligt een zone met middelhoge tot hoge archeologische verwachtingen voor alle lagen/ tijdsperioden.

Voor het Sloegebied heeft de gemeente Borsele een ophogingskaart laten opstellen (zie H 2.4 en Figuur 24). Het doel van deze kaart is dat er geen aanvullend archeologisch onderzoek geëist wordt als uit een concreet initiatief blijkt dat de bodemverstoring van de voorgenomen werkzaamheden minder diep gaat dan de ophoging. Het zuidelijk deel van het plangebied doorkruist het opgehoogde Sloegebied. Omdat binnen sommige zones de ingrepen niet dieper reiken dan de ophoging kan voor deze zones afgeweken worden van de (eventuele) verplichting tot vervolgonderzoek. Een nadere toelichting volgt in Hoofdstuk 2.4.

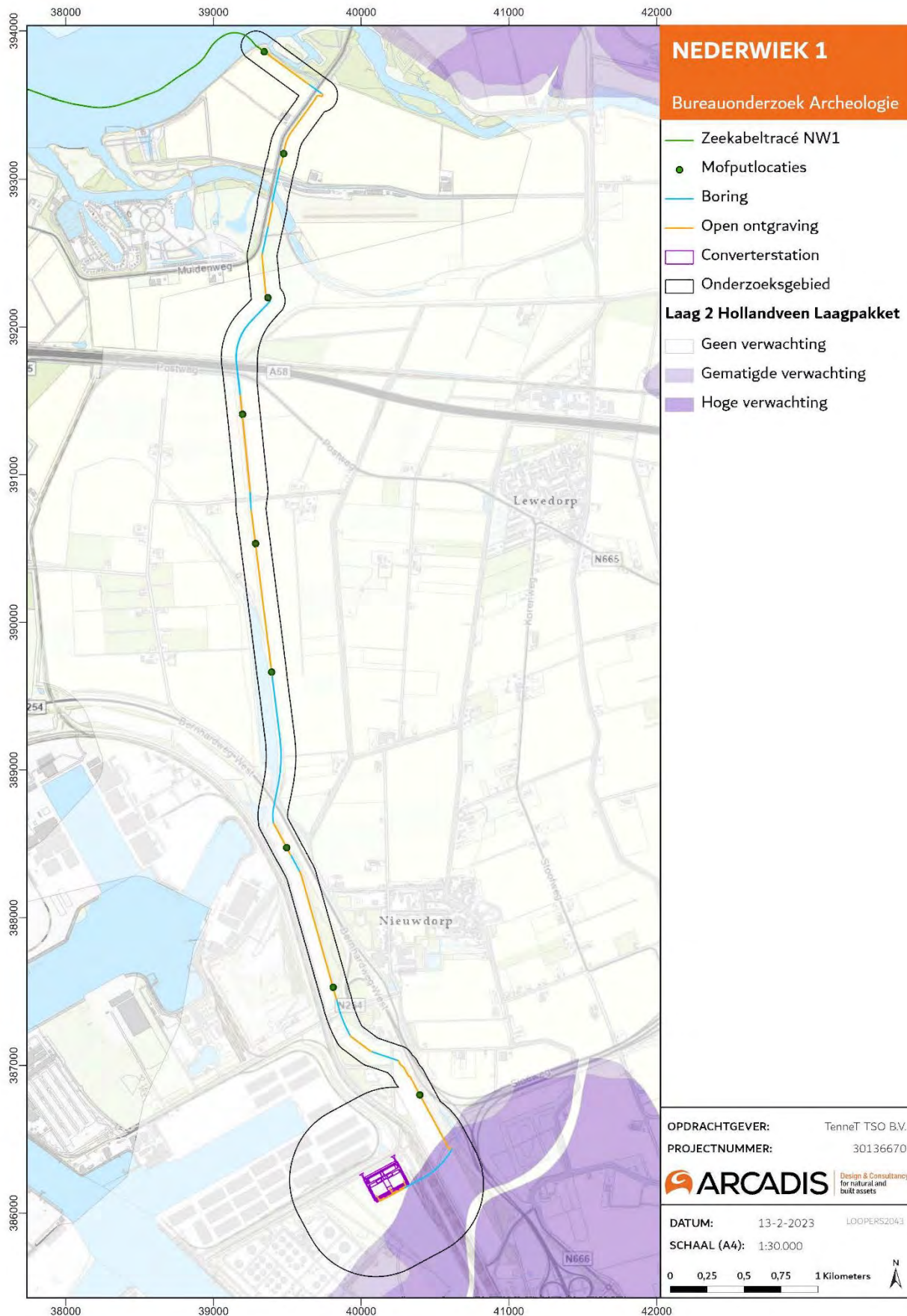


Figuur 11: Archeologische verwachting Laag 1 Veerse Gatdam.

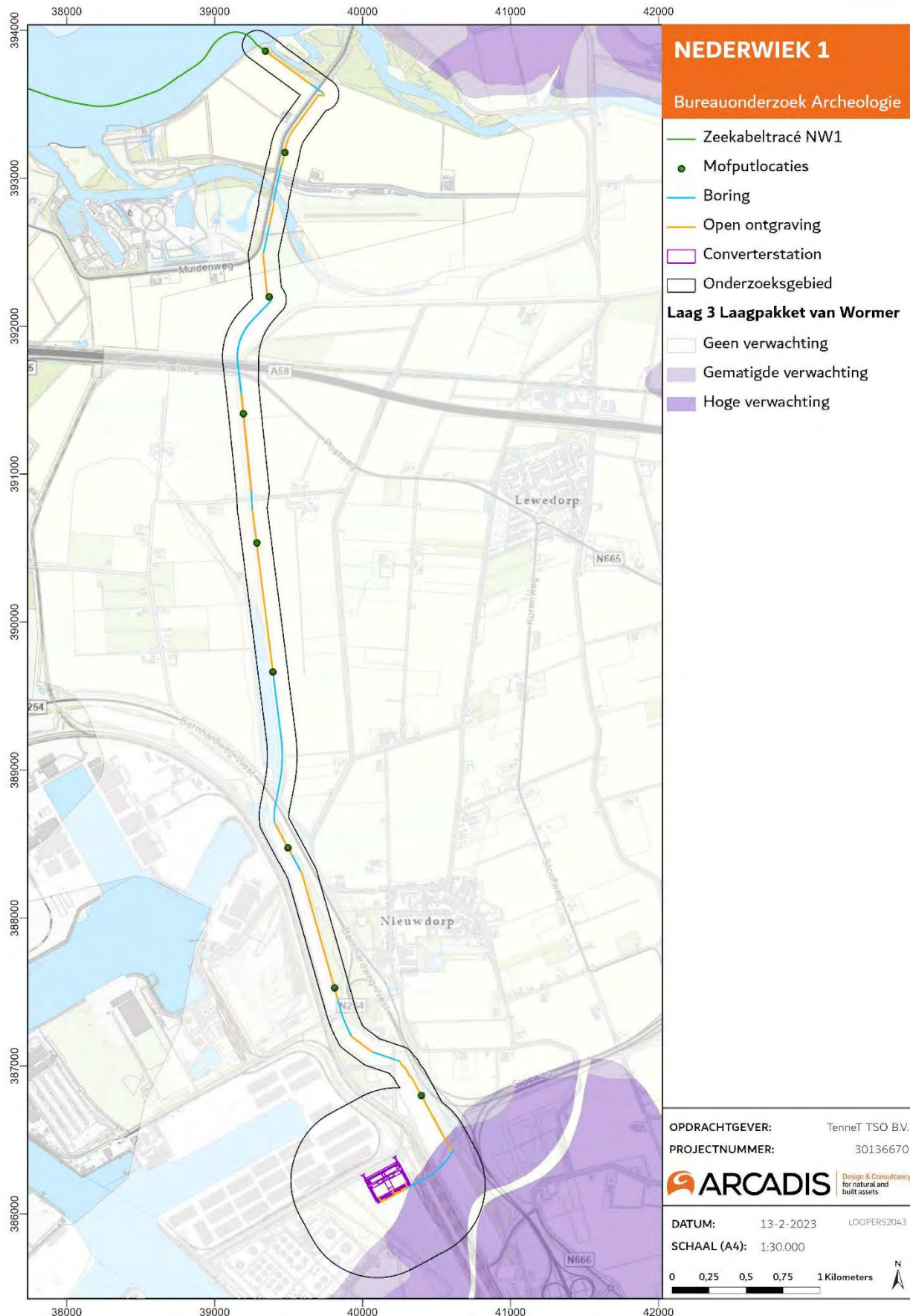


Figur 12: Plangebied op de maatregelenkaart, Laag 1 – Laagpakket van Walcheren (Late Middeleeuwen tot en met de Nieuwe tijd).

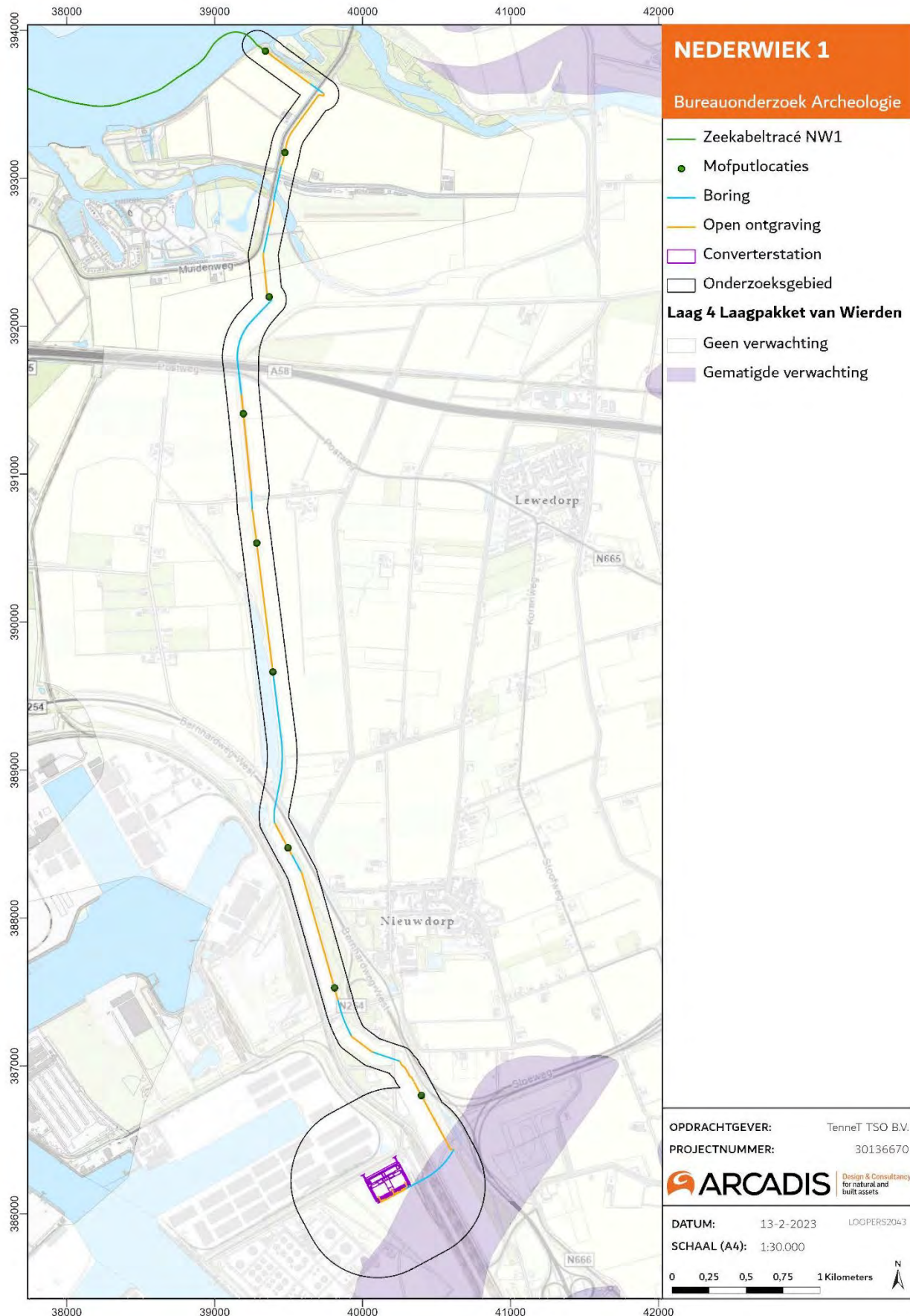




Figuur 13: Plangebied op de maatregelenkaart, Laag 2 – Hollandveen Laagpakket (Laat-Mesolithicum tot en met de Vroege Middeleeuwen).



Figuur 14: Plangebied op de maatregelenkaart, Laag 3 – Laagpakket van Wormer (vroeg Neolithicum).

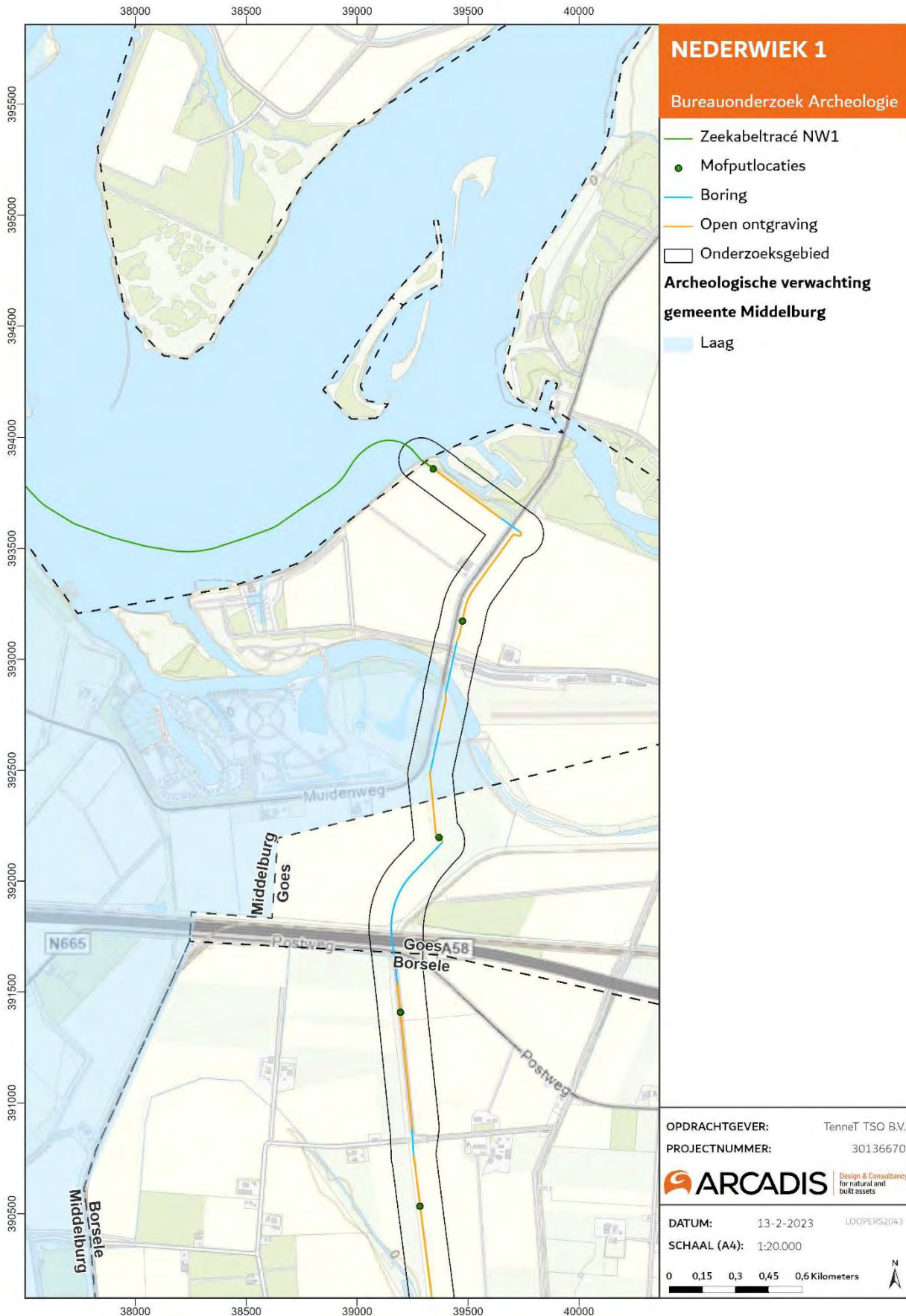


Figuur 15: Plangebied op de maatregelenkaart, Laag 4 – Laagpakket van Wierden (Paleolithicum tot mesolithicum).

### Gemeente Middelburg

In 2006 hebben de gemeenteraden van de Walcherse gemeenten Middelburg, Veere en Vlissingen een Walchers archeologiebeleid in de Nota archeologische monumentenzorg Walcheren vastgesteld en besloten tot de oprichting van de Walcherse Archeologische Dienst (WAD). In 2008 en 2016 werd het beleid geëvalueerd. De daaruit volgende nota's vormen niet alleen een actualisering van de nota uit 2006, maar tevens een evaluatie van het Walcherse archeologiebeleid (Nota AMW 2008). De onderzoeksthema's zijn vastgelegd in de Walcherse onderzoeksagenda. Het volledige beleid is vastgelegd in de Nota archeologische monumentenzorg Walcheren, evaluatie 2016. In het schema Planontwikkeling met bodemingrepen zijn de kernlijnen van het beleid overzichtelijk weergegeven. De verschillende verwachtingszones zijn ingetekend op de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart van Walcheren.

In de gemeente Middelburg ligt het plangebied grotendeels in een zone zonder archeologische verwachting. Het zuidelijke deel van het tracé dat binnen de gemeente Middelburg valt, heeft een lage archeologische verwachting (Figuur 16).



Figuur 16: Archeologische verwachting gemeente Middelburg.

## 2 Landschap

In voorliggend hoofdstuk wordt de landschappelijke ontwikkeling van het plan en onderzoeksgebied toegelicht. Hierbij zal er met name naar het plangebied ten zuiden van het Veerse Meer worden gekeken. Het plangebied ter plaatse van de Veerse Gatdam bevindt zich zoals eerder beschreven grotendeels in de waterbodem en dit aspect wordt in het bureauonderzoek op Zee nader behandeld.

### 2.1 Inleiding

De keuze voor een vestigingslocatie werd in het verleden in grote mate bepaald door de landschappelijke omgeving en de mogelijkheden die hierin geboden werden. De locatie was afhankelijk van de landschappelijke omstandigheden en voorwaarden veranderden gedurende de perioden.

Een relatief hoge plaats ten opzichte van de omgeving en beschikbaarheid van (stromend) water gold voor nagenoeg alle perioden als voorwaarde voor een vestigingslocatie. Gedurende de jager/verzamelaar periode (tot en met het Neolithicum) was echter met name de beschikbaarheid van natuurlijke voedselbronnen van belang, terwijl de landbouwers (vanaf de Bronstijd tot en met de Late Middeleeuwen) de voorkeur hadden voor de aanwezigheid van vruchtbare gronden voor akkerbouw. De geologische, geomorfologische en bodemkundige situaties zijn daarom van belang voor het opstellen van een gespecificeerde archeologische verwachting.

### 2.2 Landschap

#### 2.2.1 Paleogeografische ontwikkeling

Van belang voor de beschrijving van het landschap zijn de geologische processen die zich in Nederland hebben afgespeeld. Het huidige Nederlandse landschap is gevormd gedurende het Pleistoceen en het Holoceen. Ter hoogte van het plangebied zijn het met name de landschappelijke ontwikkelingen uit het Holoceen die het huidige landschap gevormd hebben.

Het plangebied ligt in het Zeeuws zeekeleigebied. Dit is een geologisch deelgebied dat niet alleen Zeeland maar ook Noordwest Brabant en de Zuid-Hollandse eilanden, de Biesbosch en het Westland omvat (Berendsen 2005). De geologische ontwikkeling van dit gebied is in hoge mate bepaald door de invloed van de getijden, in combinatie met de relatieve zeespiegelstijging (Figuur 17). De getijdewerking van de zeearmen in het zuidwestelijk zeekeleigebied is groot, als gevolg van stuwing van de vloedstroom. Daarnaast hebben de mondingen van de Schelde, Rijn, Maas en Waal grote invloed gehad op de vorming van het landschap.

#### Pleistocene ontwikkelingen

Het landschap van Zeeland is ontstaan als gevolg van geologische ontwikkelingen die op hun beurt weer zijn gestuurd door klimatologische processen. Aan het einde van de laatste ijstijd (het Pleistoceen) bestond het huidige westen van Nederland uit een glooiend dekzandlandschap, dat werd doorsneden door rivieren en beken (Figuur 17).

Tijdens de laatste ijstijd van het Pleistoceen, het Weichselien (circa 115.000 tot 10.000 jaar geleden), breidde het landijs zich vanuit Scandinavië sterk uit, echter werd Nederland in deze periode niet door landijs bedekt (Stouthamer, Cohen & Hoek, 2015). De zeespiegel daalde in deze periode sterk tot circa 110 m beneden de huidige zeespiegelstand en de Noordzee kwam voor grote delen droog te liggen. In Nederland ontstond een koud en droog klimaat, met een open vegetatie met struiken en kruiden, de zogenaamde toendravegetatie. In de koudste fase van het Weichselien was er zelfs sprake van een poolwoestijn, met vrijwel geen vegetatie. Er ontstonden op grote schaal zandverstuivingen als gevolg van de wind die vrij spel kreeg door de kale en droge omstandigheden. Als gevolg van deze zandverstuivingen ontstonden afzettingen van dekzanden, die behoren tot de Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden. Ook Zeeland bestond in deze periode uit dekzanden, doorsneden door enkele smeltwaterrivieren.

#### Holocene ontwikkelingen

Rond 12000 jaar geleden eindigde het Pleistoceen en begon het huidige tijdvak: het Holoceen. Het Holoceen wordt gekenmerkt door een opwarming van het klimaat. Als gevolg van de opwarming van het klimaat smolten de in de Weichselien gevormde ijskappen en vond er een relatief snelle zeespiegelstijging plaats. Ook de vegetatie veranderde in deze periode sterk, door de warmere en nattere omstandigheden kon de vegetatie zich verdichten. Door de zeespiegelstijging steeg ook het grondwater en werd de zandige ondergrond vochtig. Dit alles veroorzaakte een

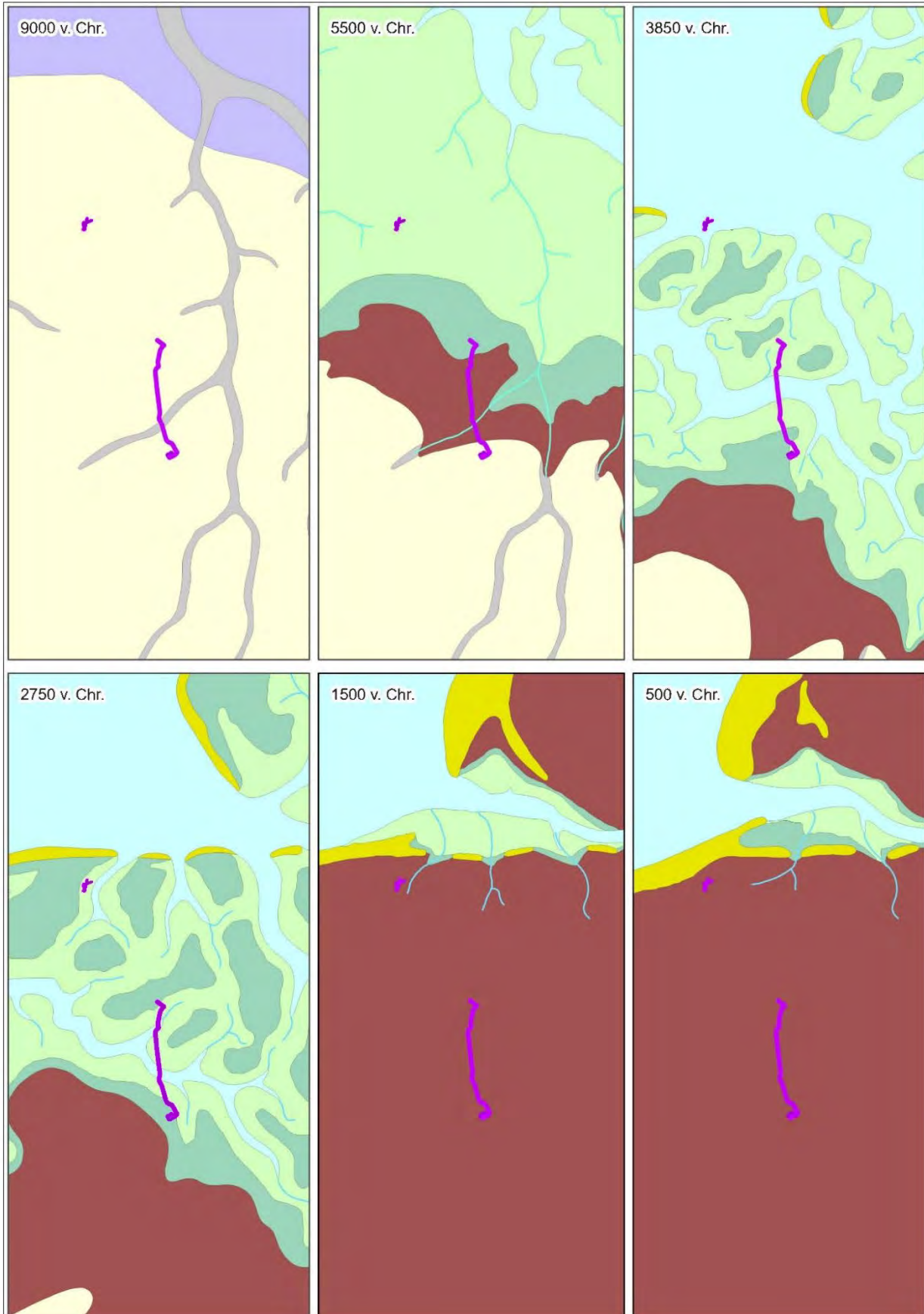
steeds tragere afwatering van de rivieren naar de zee, waardoor tussen de zee en het hogere achterland een zone met een zeer vochtig milieu ontstond.

Vanaf circa 5500 v. Chr maakt het plangebied onderdeel uit van een uitgestrekt wadden- en kweldergebied dat wordt doorsneden door vele geulen en kreken, met een veenmoeras nabij de toenmalige kustlijn (zie Figuur 17). Dit marine landschap vormt uiteindelijk het Wormer Laagpakket.

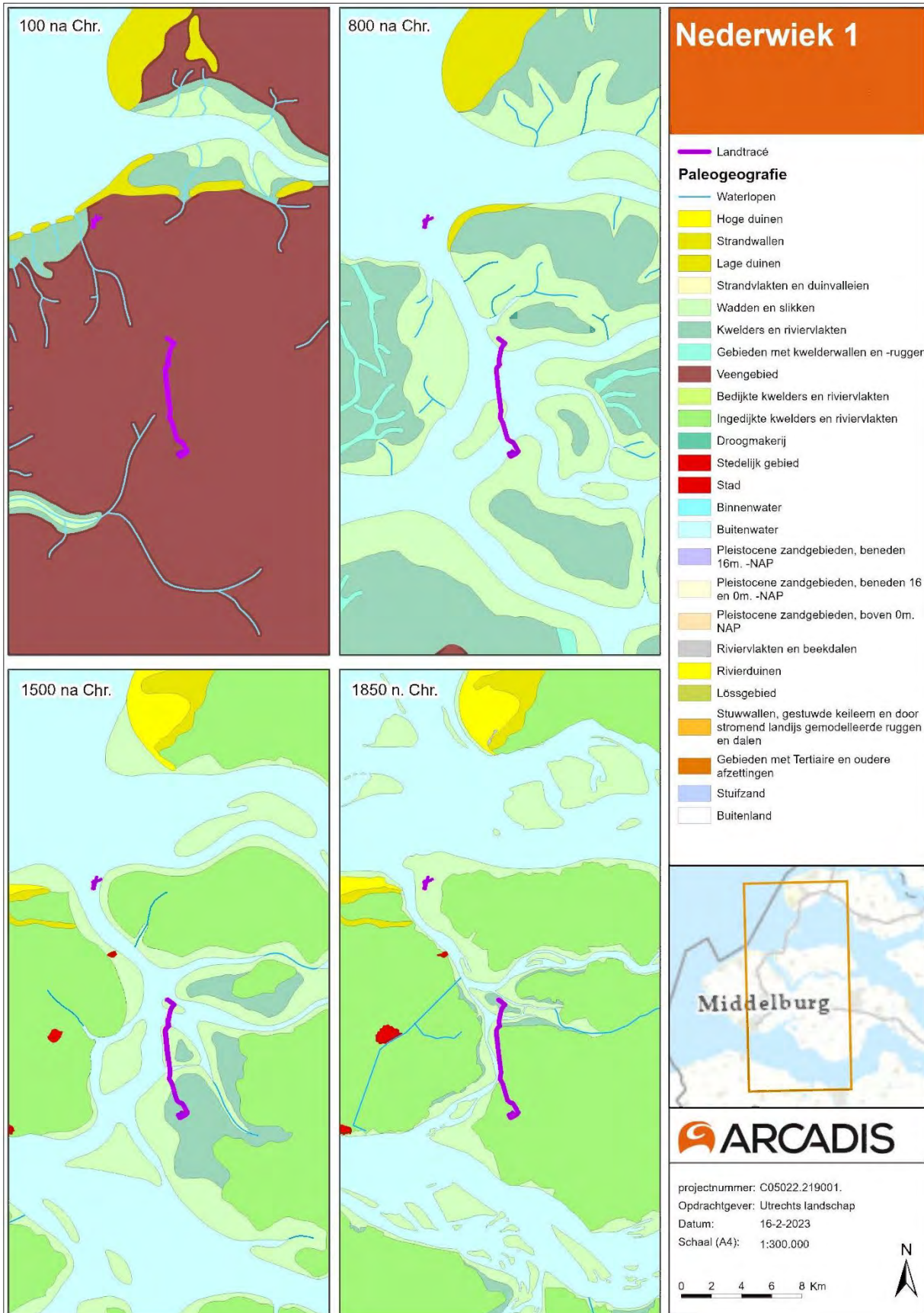
Door in de loop van het Holoceen dalende relatieve zeespiegelstijging en verdergaande sedimentatie kon de kust zich uitbouwen en ontstonden deels gesloten strandwallen. Achter de strandwallen van de huidige kustlijn lag een kwelderlandschap. Door verdergaande verdichting van de kust kwam het achterliggende landschap steeds minder onder directe invloed van de zee te staan. Het rivierwater uit de delta van de Schelde verzoette het gebied waardoor er vanuit het binnenland vegetatie tot ontwikkeling kwam en er zich een dik veenpakket kon ontwikkelen (Figuur 17). Dit pakket veen, bekend als het Hollandveen Laagpakket, werd gekenmerkt door rietveen en rietzeggeveen (De Mulder et al. 2003). Rond 3200 v.Chr. nam de stagnatie van de afwatering nog verder toe omdat zich een permanente strandwal had gevormd aan de nieuwe Noordzeekust (de Oude Duin- en Strandzanden). De omstandigheden in het onderzoeksgebied vernatten en er vormde zich een uitgestrekt veengebied op het Wormer Laagpakket: het Hollandveen. In deze periode zag het gebied eruit als een groot veenmoeras met kreken en slikken. Door de invloeden van de zee, werd zand en slib aangevoerd. Het zeewater kwam en ging via diepe geulen het gebied binnen.

Vanaf circa 1500 v.Chr. nam de invloed van de zee op het onderzoeksgebied weer toe. Als gevolg van de daarbij behorende overstromingen ontstonden de Afzettingen van Duinkerke 0-III (Walcheren Laag-pakket). Door toenemende menselijke invloeden zoals cultivering, moertering, veenwinning en ontwatering in de veengebieden oxideerde de grond en klonk het in. Ook klei klinkt in door het wegsijpelen van water tussen de kleideeltjes. De klei- en veengebieden komen daardoor lager te liggen dan de hogere zandige kreekruggen. De geulsedimenten van Duinkerke werden hierdoor zichtbaar als hooggelegen ruggen en opnieuw aantrekkelijk voor bewoning. Daarvoor woonde men ook wel op de grens tussen de klei en het veen en op huisterpen in de lageregelegen gebieden (Bult 1983; Van den Broeke en Van Londen 1995). Het veenpakket heeft tot diep in de Middeleeuwen bestaan, maar werd onder invloed van zeespiegelstijging en stormvloed en op veel plaatsen weggeslagen.

In de Middeleeuwen zijn vele kreken verland en zijn mensen deze gebieden gaan bedijken. Bewoning kwam voor op de strandwallen en langs de oevers van geulen en kreken. Tot circa 1500 zijn gebieden op kleine schaal ingepolderd door de mens. De kleinere polders zijn nog steeds in het landschap te onderscheiden van latere polders van de 17<sup>de</sup> tot 20<sup>ste</sup> eeuw (MER Sloepolder, 2007).







Figuur 17: Plangebied op de paleogeografische kaarten van Vos et al. (2018). Boven: 9.000 – 500 v. Chr. Onder: 100 – 1850 na Chr.

## 2.2.2 Geologische opbouw en diepteligging

Op de geologische overzichtskaart bestaat het plangebied grotendeels uit de zone Laagpakket van Walcheren, bestaande uit zeelei en -zand (Na6, Figuur 18). Nabij Borssele raakt het plangebied de zones Laagpakket van Walcheren/Formatie van Nieuwkoop; zeelei en -zand met inschakelingen van veen (Na7). Een klein deel van het zuidelijke onderzoeksgebied bestaat uit het Laagpakket van Walcheren op de Formatie van Nieuwkoop, dat bestaat uit zeelei op veen.

Tabel 4: Geologische eenheden

Geologische eenheid	Omschrijving
NA2	Formatie van Naaldwijk; zeelei op veen
NA6	Laagpakket van Walcheren; zeelei en -zand
NA7	Laagpakket van Walcheren/Formatie van Nieuwkoop; zeelei en -zand met inschakelingen van veen
NA8	Laagpakket van Walcheren op Formatie van Nieuwkoop; zeelei op veen

In het DINOloket staan diverse geologische boringen geregistreerd die een beter beeld van de ondergrond schetsen. In onderstaande tabel (Tabel 5) worden enkele boorpunten beschreven om een indicatie te geven van de diepteligging van de verschillende geologische lagen. De diepteligging van de geo(morfo)logische pakketten kan sterk verschillen binnen het plangebied echter geven onderstaande boringen wel een globaal beeld van de geologische opbouw.

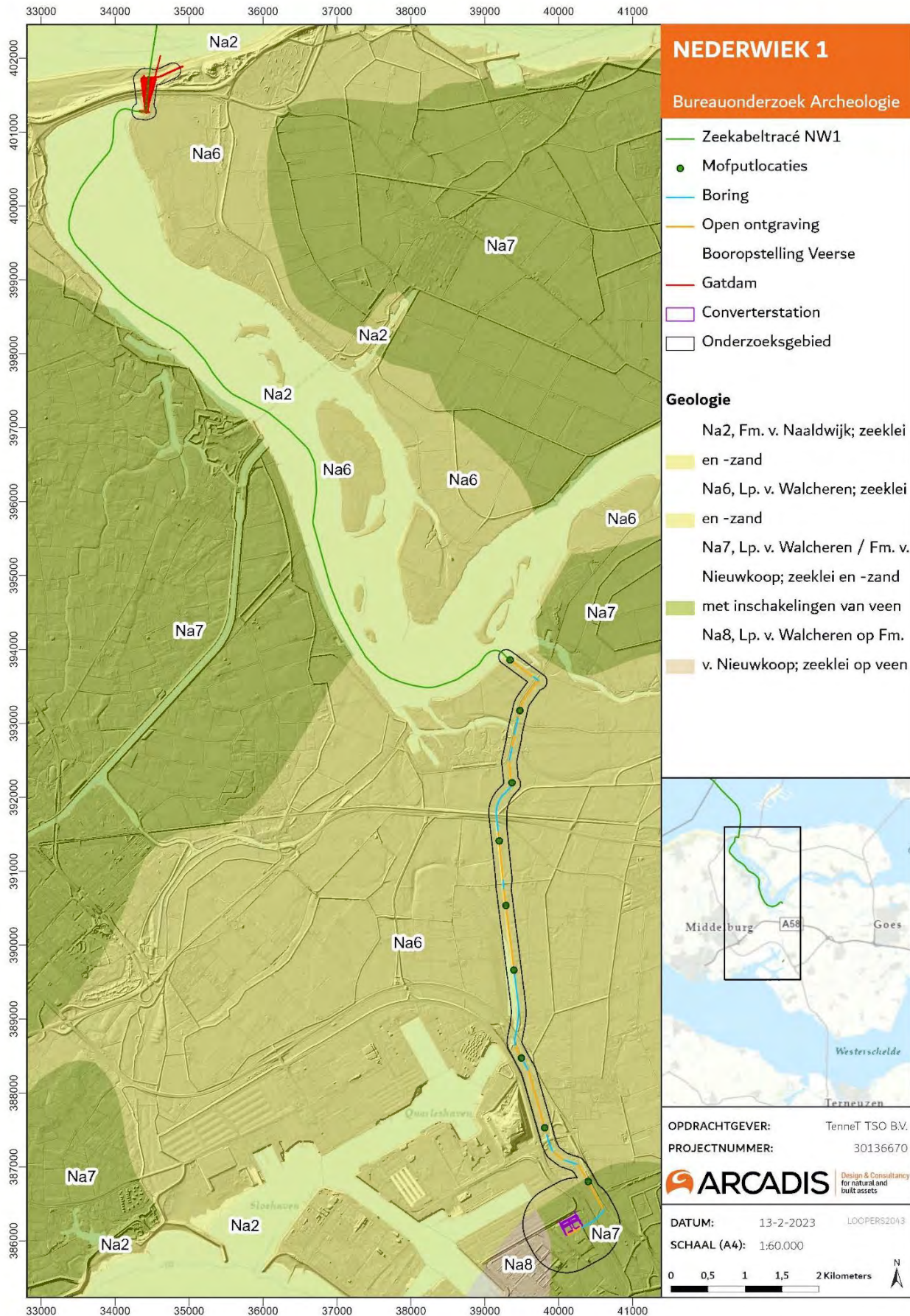
Onderstaande boringen zijn gezet ter hoogte van het perceel van het converterstation, waar op basis van de gemeentelijke beleidskaarten (middel-)hoge archeologische verwachtingen zijn.

Tabel 5: Geologische boringen met diepteligging geologische pakketten

Boornummer (maaiveldhoogte)	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren	Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen Laagpakket	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer	Formatie van Boxtel
B48G0878 (+1,2 m NAP)	0 – 3,7 m -mv	3,7 – 4,8 m -mv	4,8 – 6,5 m -mv	-
B48G0864 (+1,1 m NAP)	0 – 4,0 m -mv	-	4,0 – 7,7 m -mv	> 7,7 m -mv
B48G0873 (+ 1,3 m NAP)	0 – 4,2 m -mv	4,2 – 5,1 m -mv	5,1 – 6,2 m -mv	-
B48G0879 (+1,2 m NAP)	0 – 3,7 m -mv	3,7 – 4,6 m -mv	4,6 – 5,9 m -mv	> 5,9 m -mv
B48G0877 (+1,2 m NAP)	0 – 4,1 m -mv	4,1 – 4,4 m -mv	4,4 – 6,7 m -mv	> 6,7 m -mv

De kenmerken van deze lagen zijn:

- Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren
  - Sedimenten afgezet in een estuarien of getijbekken, ontstaan als gevolg van doorbraken in een oorspronkelijk gesloten barrièrekust. Bevindt zich stratigrafisch boven het Hollandveen.
- Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen Laagpakket
  - Veenafzettingen gevormd toen de zeespiegelstijging verminderde en er verzoeting optrad in de lagune achter de inmiddels ontstane strandwallen.
- Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer
  - Sedimenten afgezet in een estuarien of getijbekken langs een open kust, gesegmenteerd door zeegaten met getijdelta's. Bevindt zich stratigrafisch onder het Hollandveen.
- Formatie van Boxtel
  - Dekzanden afgezet in de laatste ijstijd.



Figuur 18: Geologische kaart.

### 2.2.3 Geomorfologie en bodem

De geologische ontwikkelingen en menselijke invloeden hebben in het Holoceen in geomorfologisch opzicht geleid tot de vorming van een kwelder- en veenlandschap. De zee heeft altijd grote invloed op het gebied. Na de Middeleeuwen zijn grote delen van het gebied ingepolderd. Aangezien het plangebied ter hoogte van de Veerse Gatdam gedurende lange tijd in zee heeft gelegen en de Veerse Gatdam een kunstmatig bouwwerk is, zal dit hoofdstuk zich met name richten op de landschappelijke ontwikkeling ten zuiden van het Veerse Meer.

Op de geomorfologische kaart ligt het plangebied ten zuiden van het Veerse Meer grotendeels in een gebied met een vlakte van getijafzettingen, het plangebied bij de Veerse Gatdam bestaat uit een strandvlakte en zeezandglooiing (Figuur 19). Rond de Sloekreek raakt het plangebied de langgerekte ondiepe dalvormige laagte van een getijkreekbedding, zee-erosiegeul. Deze typeringen zijn in lijn met de hierboven beschreven landschapsgenese van het plangebied. Aan de noordzijde bevinden zich twee kleine gebieden in een welving van getij-aanwassen. Het zuidelijke deel van het plangebied ligt op een plateau-achtige storthoop of opgespoten terrein, mede door de 20<sup>e</sup> -eeuwse aanleg van het havengebied.

Het plangebied ligt op een vlakte van getijafzettingen (Formatie van Naaldwijk; Laagpakket van Walcheren). Bodemkundig bestaan deze getijafzettingen uit kalkhoudende vlakvaaggronden (code Zn40A; bestaande uit zeer fijn zand) en kalkrijke poldervaaggronden (code Mn45A-IV).

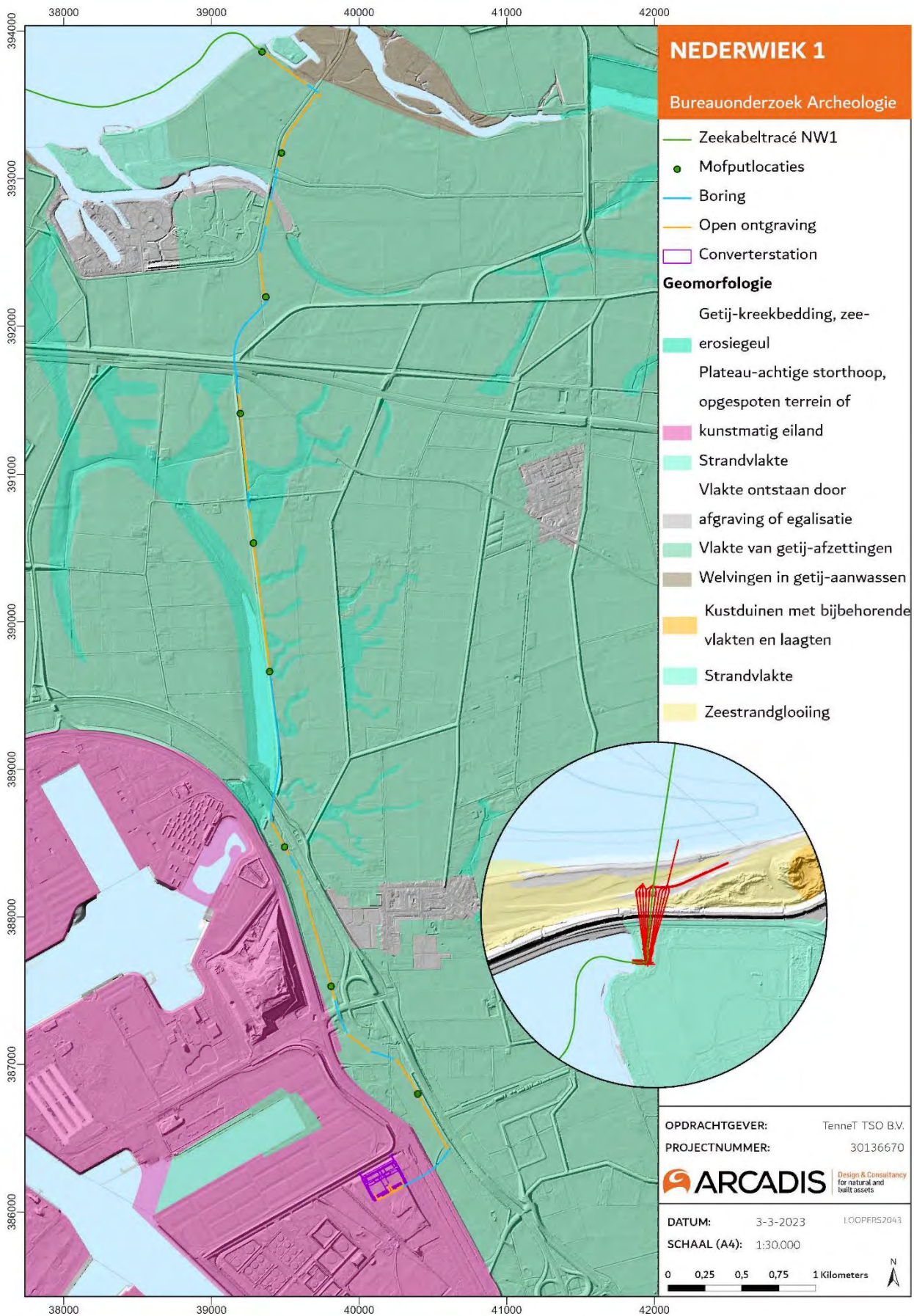
Op de bodemkaart van Borsele bevinden zich verschillende typen bodems onder de bodemfamilie kalkrijke poldervaaggronden (Mn45A, Mn35A, Mn15A, Mn22A, Mn82A of U4849) (Figuur 20). In de ene kalkrijke poldervaaggrond is het hoofdbestand lichte klei met grondwatertrap V, terwijl een andere poldervaaggrond type meer bestaat uit zavel of zware klei met een grondwatertrap IV.

Vaaggronden zijn gronden waar nog geen of weinig bodemvorming heeft plaatsgevonden en niet voldoen aan de criteria van de overige mineralen gronden. Vaaggronden bestaan vaak uit een dunne of lichtgekleurde Ah horizont op de oorspronkelijke C-horizont. Er kan humusaanrijking optreden, maar te weinig om het te classificeren als een eerdgrond. In vaaggronden kan ook humusinspoeling en uitspoeling optreden, maar niet genoeg om de bodem te classificeren als een podzolbodem (Zijverden en de Moor, 2014).

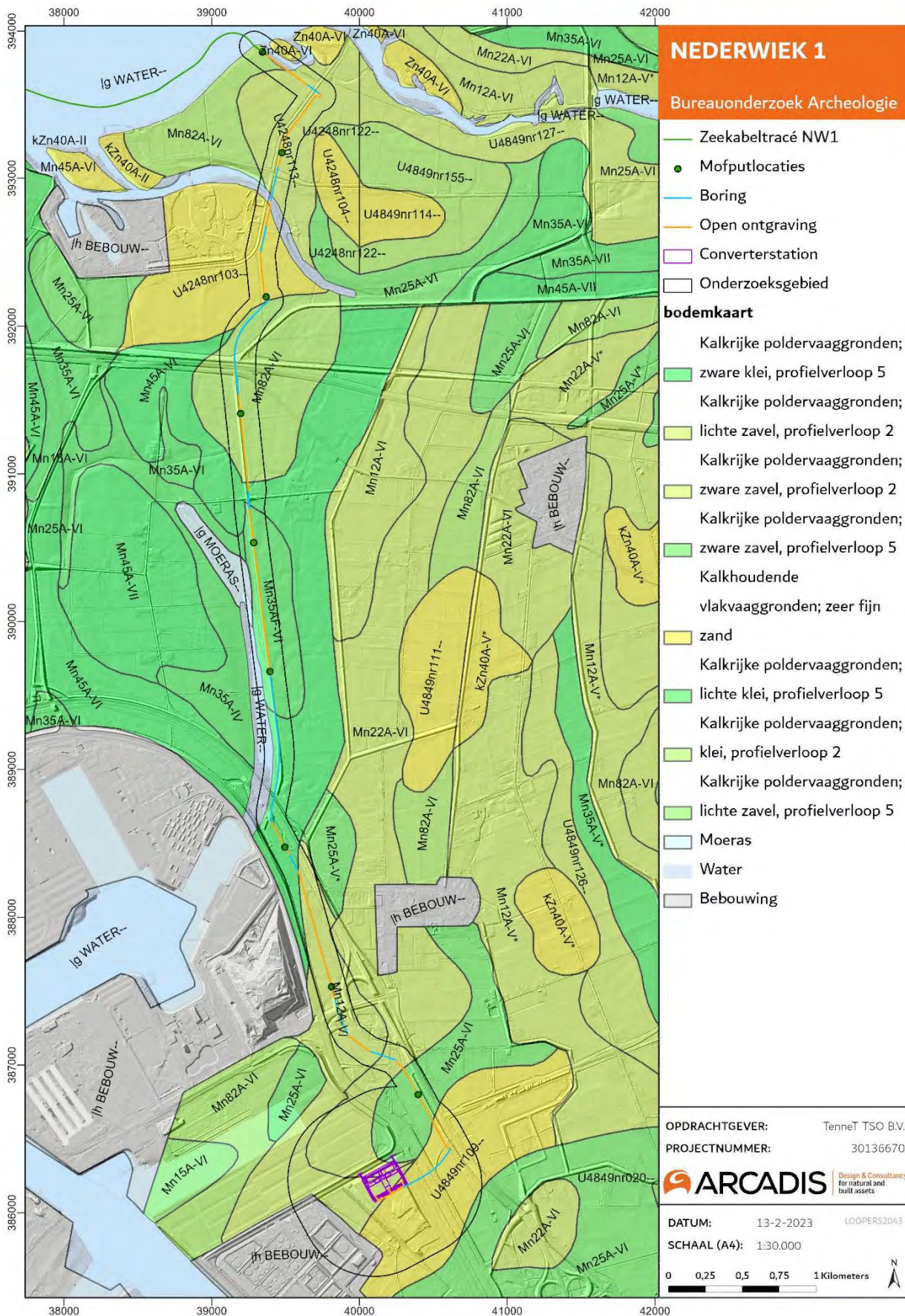
Het grondwaterpeil bepaalt voor een groot deel de mate van conservering van archeologische waarden in de bodem. Archeologische resten die zich onder de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) bevinden worden door het water tegen degradatie beschermd. Vooral organische resten blijven in een natte omgeving veelal goed geconserveerd. Resten die boven de GLG liggen raken in de loop van de tijd steeds ernstiger aangetast door verdroging en oxidatie. Wanneer de grondwaterstand door verstoringen verandert kan dat ernstige gevolgen hebben voor het in de bodem aanwezige bodemarchief. Diepte en dynamiek van de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld wordt aangeduid met de term grondwatertrappen (Gt). Grondwatertrappen worden op de bodemkaart van nat naar droog aangeduid met de Romeinse cijfers I-VII en zijn gebaseerd op de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste grondwaterstand (afgekort met GHG en GLG). Binnen het plangebied Borsele varieert de grondwaterstand tussen grondwatertrap IV en VII.<sup>3</sup> De gemiddelde hoogste grondwaterstand VII (GHG) is >80 cm -Mv en de GLG is >160 cm onder het maaiveld. Voor grondwaterstand IV is de gemiddelde hoogste grondwaterstand >40 cm -Mv en de GLG is 80 -120 cm -Mv. Natte condities zorgen ervoor dat organische resten beter geconserveerd blijven.

<sup>3</sup> Diepte en dynamiek van de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld wordt aangeduid met de term grondwatertrappen. Grondwatertrappen worden aangeduid met de Romeinse cijfers I-VII en zijn gebaseerd op de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GHG en GLG).

Grondwatertrap	I	II	III	IV	V	VI	VII
GHG in cm beneden maaiveld	(<20)	(<40)	<40	>40	<40	40-80	>80
GLG in cm beneden maaiveld	<50	50-80	80-120	80-120	>120	>120	(>160)



Figuur 19: Geomorfologische kaart



Figuur 20: Bodemkaart.

## 2.3 Hoogtebestand AHN

Het Actueel Hoogtebestand van Nederland (AHN) geeft de precieze en gedetailleerde maaiveldhoogtes van Nederland in meters ten opzichte van het Normaal Amsterdams Peil (NAP). De maaiveldhoogtes worden in een kleurschaal weergegeven. In voorliggend bureauonderzoek is gebruik gemaakt van de vernieuwde AHN4 (2022).

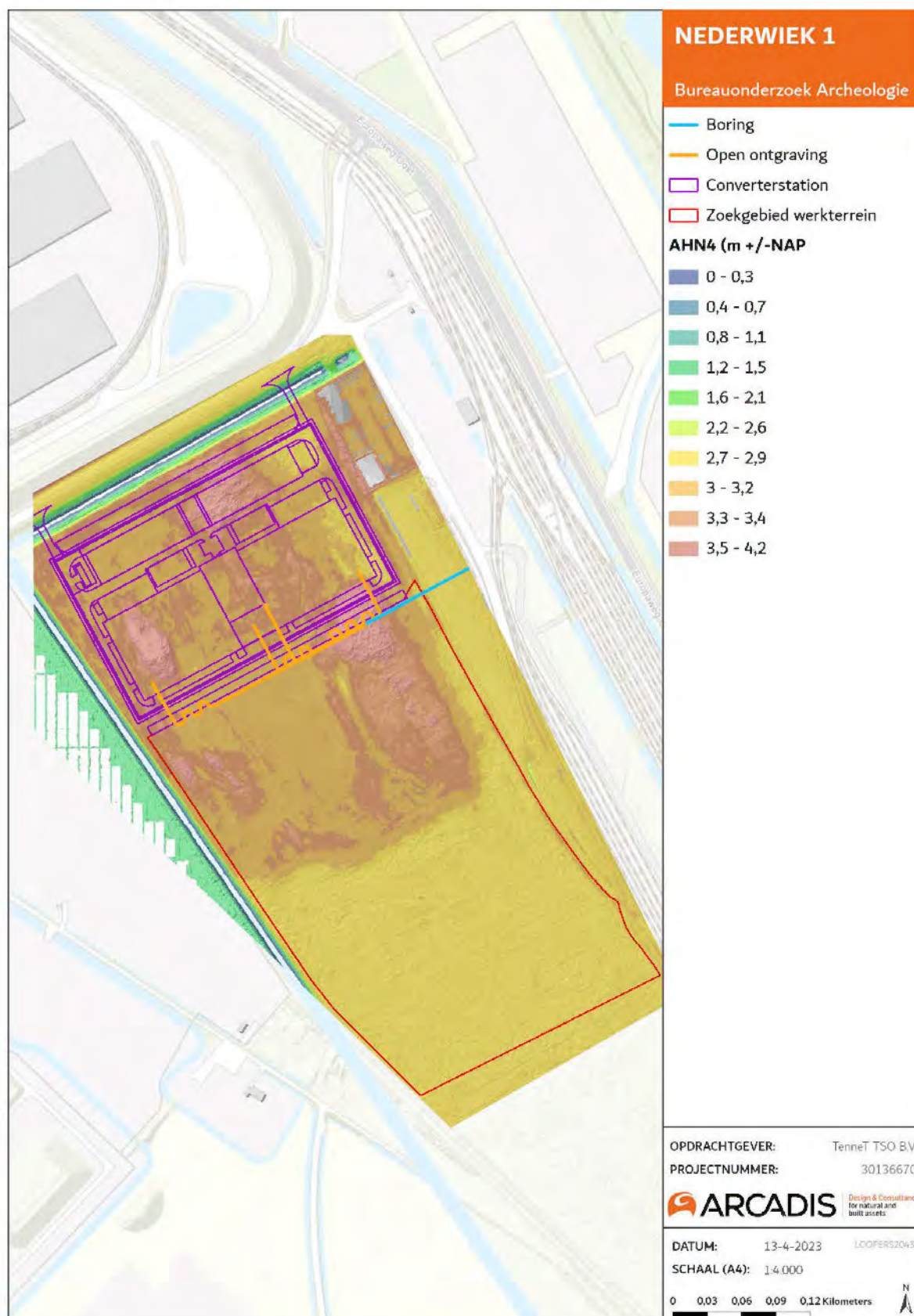
In Figuur 21 is de hoogtekaart van het gehele onderzoeksgebied weergegeven. Het noorden van het onderzoeksgebied bevindt zich op een hoogte van ca 1,50 m +NAP. Rond de Sloekreek neemt de hoogte af tot circa 1 m –NAP. Hierbij valt op dat de oostelijke oever van de Sloekreek is geëgaliseerd/vergraven met de landbouwgronden die zich daar bevinden.

Op het AHN is te zien dat het gebied rondom het havengebied bij Borsele is opgehoogd zoals ook de ophogingskaart van de gemeente Borsele laat zien (Figuur 23 en Figuur 24). Rondom het industrieterrein bij de haven is een dijk aangelegd met een hoogte tot ca. 6 m +NAP. De locatie van het converterstation bevindt zich op een perceel met een minimale hoogte van 2,7 m +NAP en een gemiddelde hoogte van circa 3 à 3,5 m +NAP (Figuur 22). Ook direct ten zuiden van het converterstation ter plaatse van het werkterrein bedraagt de hoogte ruim 3 m +NAP. Verder naar het zuidoosten neemt de hoogteligging van het perceel iets af naar circa 2,7 à 2,8 m +NAP.



Figuur 21: Plan- en onderzoeksgebied op de hoogtekaart (AHN4).





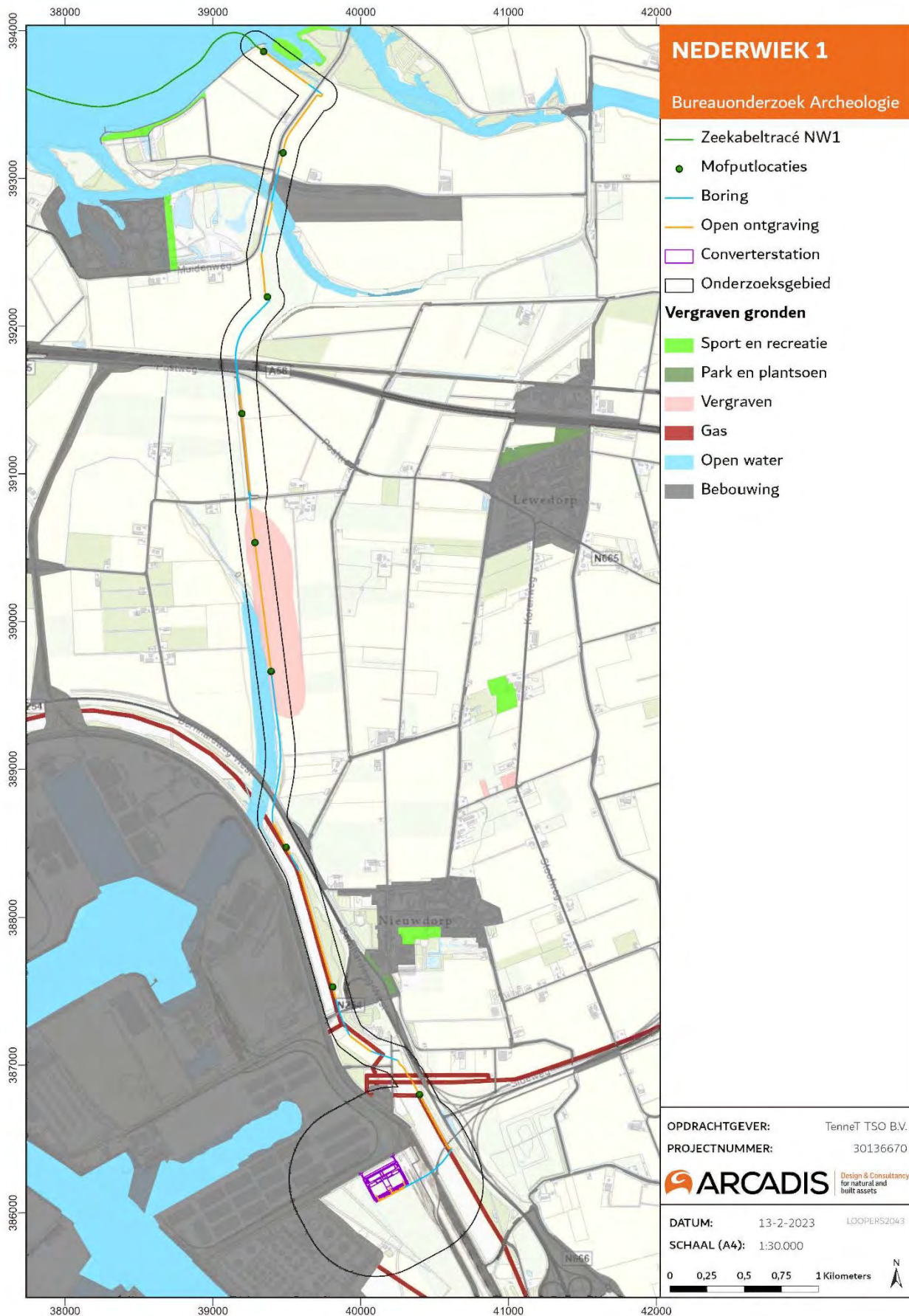
Figuur 22: Detail hoogteligging converterstation en omgeving (AHN4)

## 2.4 Verstoringen

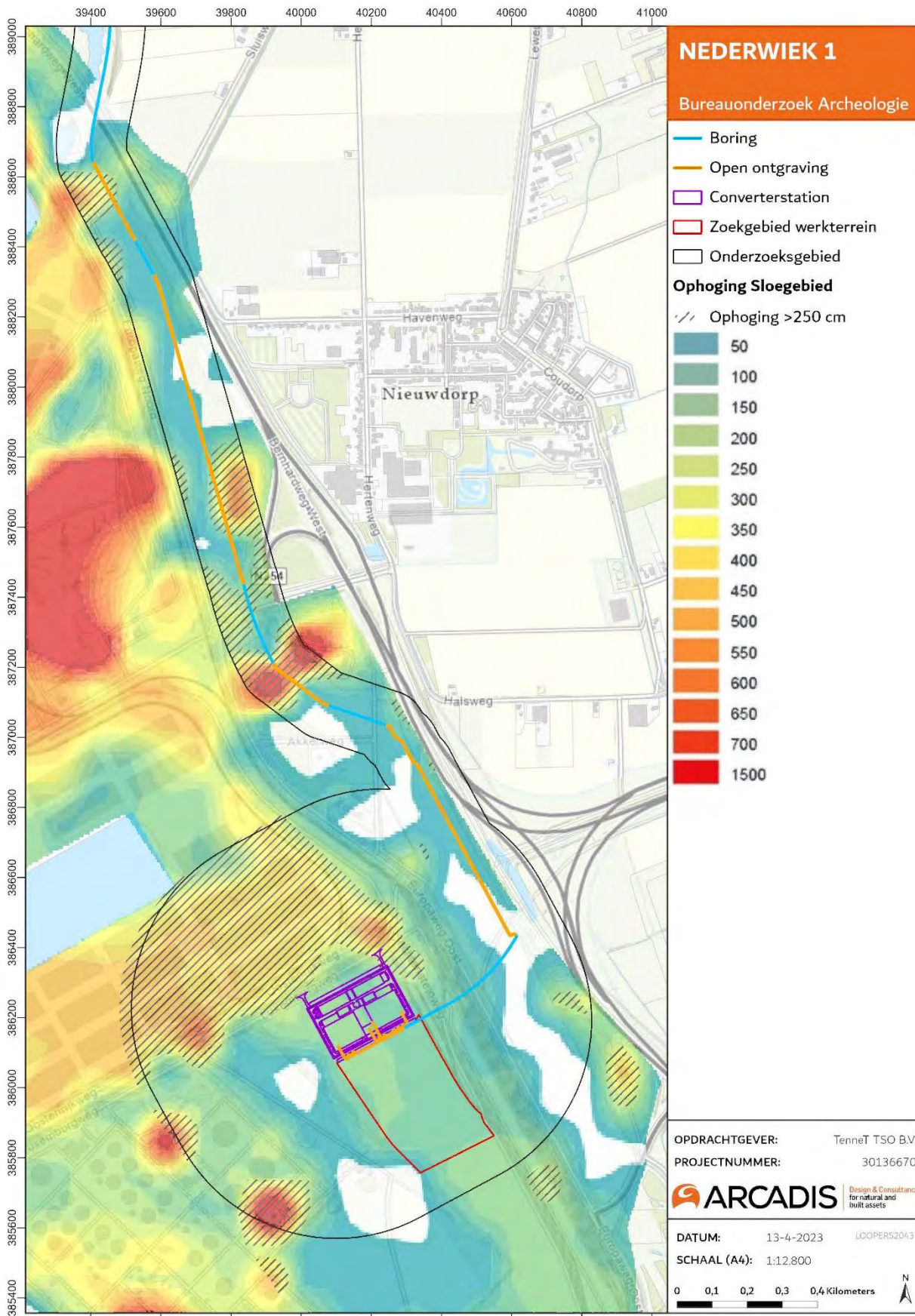
Binnen het plangebied zijn meerdere bekende verstoringen aanwezig. Op de geomorfologische kaart staat aangegeven dat het zuidelijke deel van het plangebied ter plaatse van het converterstation op een plateau-achtige storthoop of opgespoten terrein ligt, mede door de aanleg van de haven.

Op de topografische kaart en op de verstoringskaart is te zien dat het plangebied wordt doorkruist door verschillende, in de 20<sup>ste</sup> en 21<sup>ste</sup> eeuw aangelegde wegen (Figuur 1 en Figuur 4). Op de verstoringskaart is ook te zien dat er zich in het zuiden van het plangebied gastransportleidingen bevinden. Deze lopen deels parallel aan het plangebied. Voor een gedeelte komen de kabeltracés van de gasleidingen overeen met het plangebied. Aan de oostzijde van de Sloekreek wordt een zone vergraven grond weergegeven.

Voor het Sloegebied heeft de gemeente Borsele een ophogingskaart laten opstellen (Figuur 24). Op deze kaart zijn de diktes van (recente) kunstmatige ophogingen weergegeven. Indien werkzaamheden plaatsvinden binnen het ophogingspakket zullen eventuele onderliggende archeologische waarden niet worden verstoord. Aanvullend archeologisch onderzoek is in dat geval derhalve niet nodig. Een deel van het kabeltracé in de gemeente Borsele doorkruist opgehoogd gebied (Figuur 24).



Figuur 23: Kaart vergraven gronden (WUR).



Figuur 24: Ophogingskaart Sloegebied, gearceerde zones zijn met minstens 250cm opgehoogd.

## 3 Historie

### 3.1 Inleiding

De historie van een plangebied speelt een grote rol bij het bepalen van de archeologische verwachting. Historische bronnen verschaffen informatie over de ontginning en gebruik van en bewoning in het plangebied. Voor de negentiende en twintigste eeuw is deze informatie beschikbaar middels historisch kaartmateriaal te onderzoeken. Kaarten werden met een relatief grote regelmaat geproduceerd, en laten de ontwikkeling van een landschap nauwkeurig zien.

### 3.2 Historische informatie

Om een indicatie te verkrijgen van de historische ontwikkeling van het onderzoeksgebied en mogelijke historische bewoningsplaatsen zijn historische kaarten een zeer waardevolle bron.

Op de basis van de historische kaarten worden er geen historische erven doorkruist. Op de kaart Cultuurhistorische Hoofdstructuur (CHS) van de provincie Zeeland blijkt wel dat net ten zuidoosten van het tracé het verdrongen dorp Tewijk gelegen is (Figuur 12). Dit verdrongen dorp bevindt zich in de gemeente Borsele. Ten zuiden van het plangebied, buiten de scope van dit onderzoek, bevinden zich ook nog de verdrongen dorpen Sint-Katherijnekerke en Monster. Deze dorpen verdrongen tijdens de *Sint Felix quade saterdach* (de St. Felixvloed) 5 november 1530 en 2 november 1532 (Kuipers, 2004).

Op de kaart van Visscher en Roman uit circa 1650 is te zien dat het plangebied zich grotendeels bevindt in water, ter plaatse van de latere Sloegeul. De locatie van het verdrongen dorp Tewijk wordt op deze kaart weergegeven als een door stromingen doorwaadbaar gebied (Figuur 26). Het meest zuidelijke deel van het plangebied bevindt zich op land.

Op de historische kaart van 1850 is zowel het plangebied bij de Veerse Gatdam als het plangebied ten zuiden van het Veerse Meer weergegeven (Figuur 27). Op deze kaart is te zien dat de Veerse Gatdam uit een zandplaat in de zee bestaat (Schotsman en Ruitenplaat). Deze situatie houdt tot de jaren '60 van de 20<sup>e</sup> eeuw stand, pas dan wordt hier de Veerse dam aangelegd en ontstaat het Veerse Meer.

Op de historische kaart van 1850 is te zien dat er land is gewonnen in het zuidelijke plangebied, waardoor dit plangebied grotendeels 'op het droge' komt te liggen. Het plangebied ten zuiden van het Veerse Meer doorkruist daardoor verschillende polders. Van het zuiden naar het noorden zijn dit de Borssele polder, de Nieuwe West Craeyertpolder en de Jacobspolder. Het kabeltracé op land is gelegen langs de dijk van de Jacobspolder. De dijk van de Jacobspolder is aangelegd omstreeks 1856, bij de bedijking van de schorren langs de oostzijde van het Sloe (Chamuleau 2018). Het noorden van het plangebied raakt de Calandspolder en de Bastiaan de Lange Polder. Deze twee polders bevinden zich op de historische kaart van 1850 tussen de stromingen van geulen de Schengen, de Piet en de Sloe. Deze polders hebben allen een omdijking. De omdijking heeft verschillende vormen. Bijvoorbeeld bij de Jacobs Polder zijn de dijken kaarsrecht, terwijl de dijken van de Nieuw westelijke Craeyertpolder kronkeliger zijn. Binnendijs zijn rechthoekige, en soms lange strookvormige percelen aanwezig met sloten en rechte wegen.

Op historische kaarten uit de 19<sup>de</sup> tot circa de helft van de 20<sup>ste</sup> eeuw is te zien dat de geul de Sloe zich ten westen van het plangebied bevindt. Aan beide zijden van de Sloe liggen oevers van de Sloe die bij hoogwater onderlopen. Er is ook een veer over de Sloe aanwezig. Op de historische kaart van 1900 is dit veer ten noorden vervangen door een brug (Figuur 28). Op deze kaart is te zien dat ten zuidwesten van het plangebied de Van Citterspolder wordt aangelegd. Aan de vorm van de andere polders of bebouwing verandert niet veel in de eerste helft van de 20<sup>ste</sup> eeuw. Wel verandert het in der binnen de percelering van de polders de grootte van de percelen, zoals in de Nieuw West Craeyertpolder. Op de historische kaarten van 1930 en 1950, nu genaamd de Nieuw Westelijke Kraaierpolder, zijn deze veranderingen zichtbaar (zie Figuur 29 en Figuur 30).

Tijdens de Tweede Wereldoorlog vinden er in het Sloegebied gevechten plaats (Figuur 33). Ten westen van het plangebied bevond zich de Atlantikwall. Eind 1944 slaagde de Canadezen erin de Sloedam te veroveren om daarmee Walcheren in te kunnen nemen (The Battle of Walcheren Causeway). Sporen van deze slag zijn er in de vorm van enkele kazematten en munitie-artikelen. Er kunnen ook resten van stellingen, versperringen en loopgraven worden aangetroffen. Inslagen van granaten en mortieren kunnen ook worden verwacht. Het gebied rondom de Sloedam omvat tevens bunkers langs de Zeedijk van de Jacobapolder. De verdedigingswerken maakten deel uit van de Atlantikwall en het Stützpunkt Scharnhorst ter verdediging van de dam (Figuur 25).



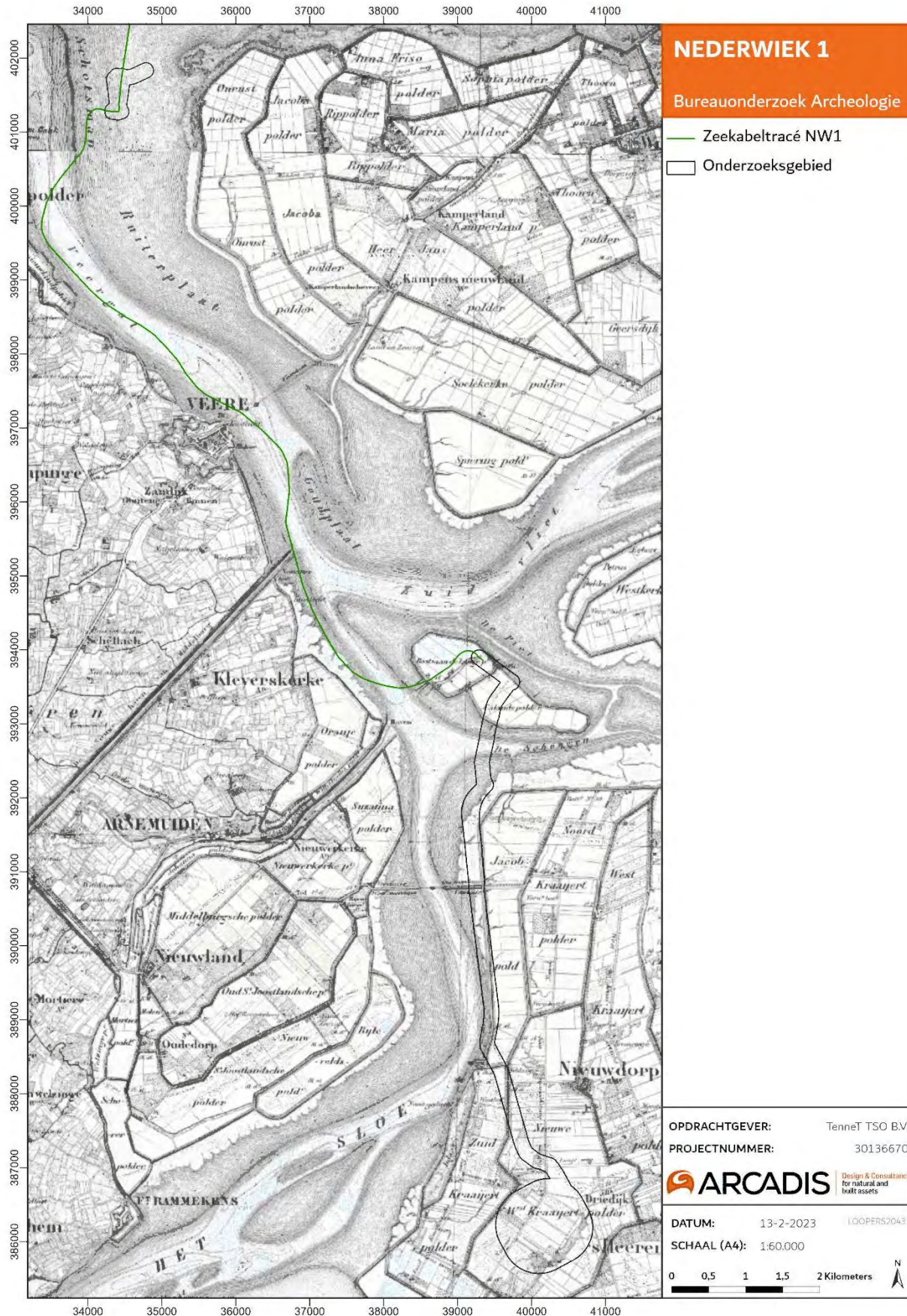
*Figuur 25: Zeedijk van de Jacobapolder met bunkers uit de Tweede Wereldoorlog*

Op de historische kaart van 1970 verandert het landschap rondom het plangebied ingrijpend (Figuur 31). De geul de Sloe verdwijnt en er is een nieuwe polder aangelegd, de Quarlespolder. Binnendijks is een weg genaamd 'de oude veerweg' verwijzend naar waar het veer een eeuw daarvoor heeft gevaren. Tussen de Quarlespolder en de Jacobapolder is een water aangelegd. Een stroom loopt door de Quarlespolder richting het noorden.

In de twee decennia daaropvolgend verandert het landschap opnieuw ingrijpend door een nieuw aangelegde rondweg rondom het nieuwe dorp en havengebied Borssele (Figuur 32). Hierdoor zijn de polders zoals de Koningspolder, de Nieuw West Kraaiertpolder en Van Citterspolder verdwenen of niet meer herkenbaar als poldervorm. Op deze terreinen is er zand gespoten voor de ontwikkeling van het huidige industrieterrein en de Sloehavens.

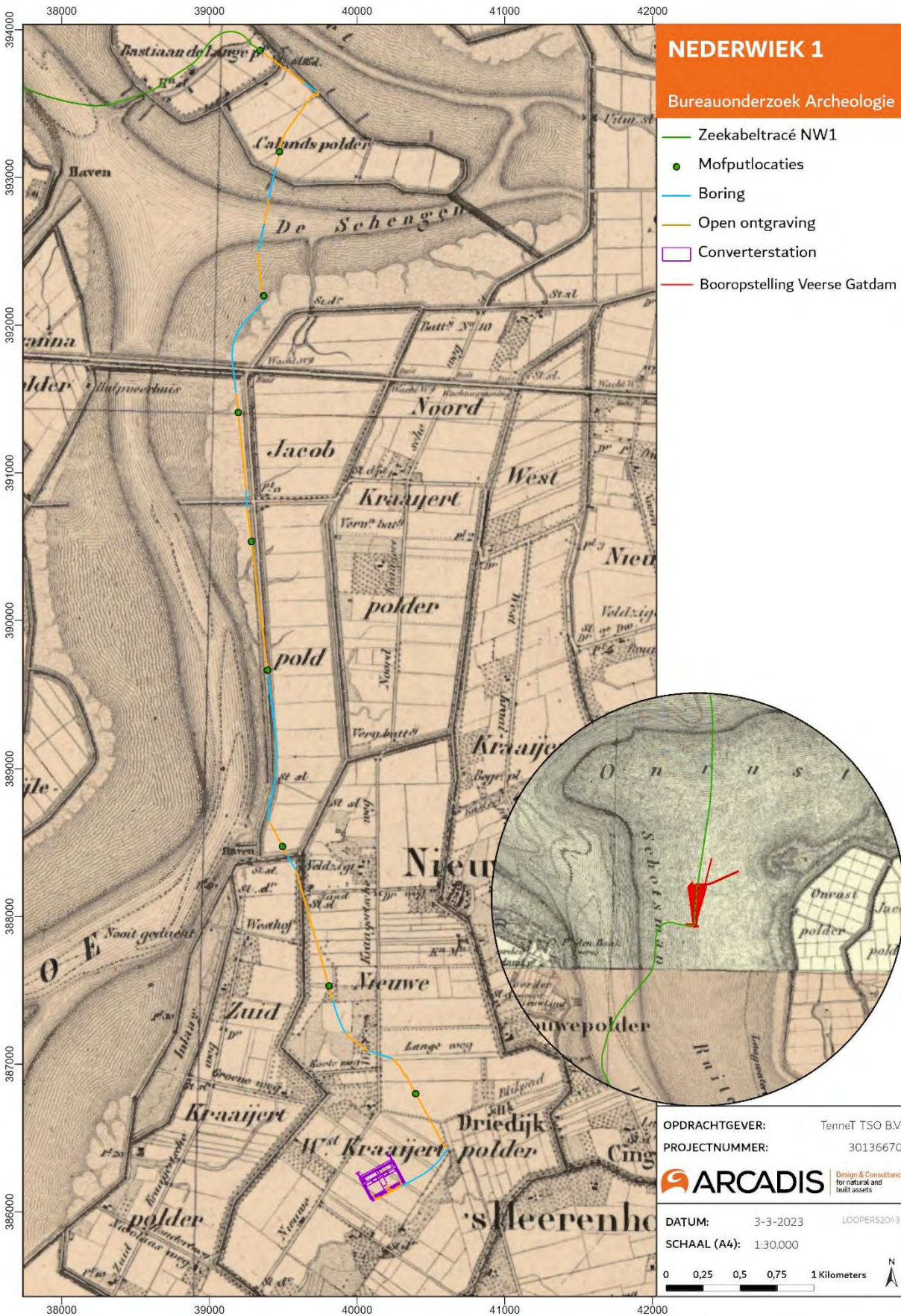


Figuur 26: Indicatieve ligging van het onderzoeksgebied ten zuiden van het Veerse Meer op een uitsnede van de kaart van Visscher en Roman uit circa 1650.



Figuur 27: Plangebied Veerse Gatdam en plangebied ten zuiden van het Veerse Meer op de historische kaart uit circa 1850 (de TMK).





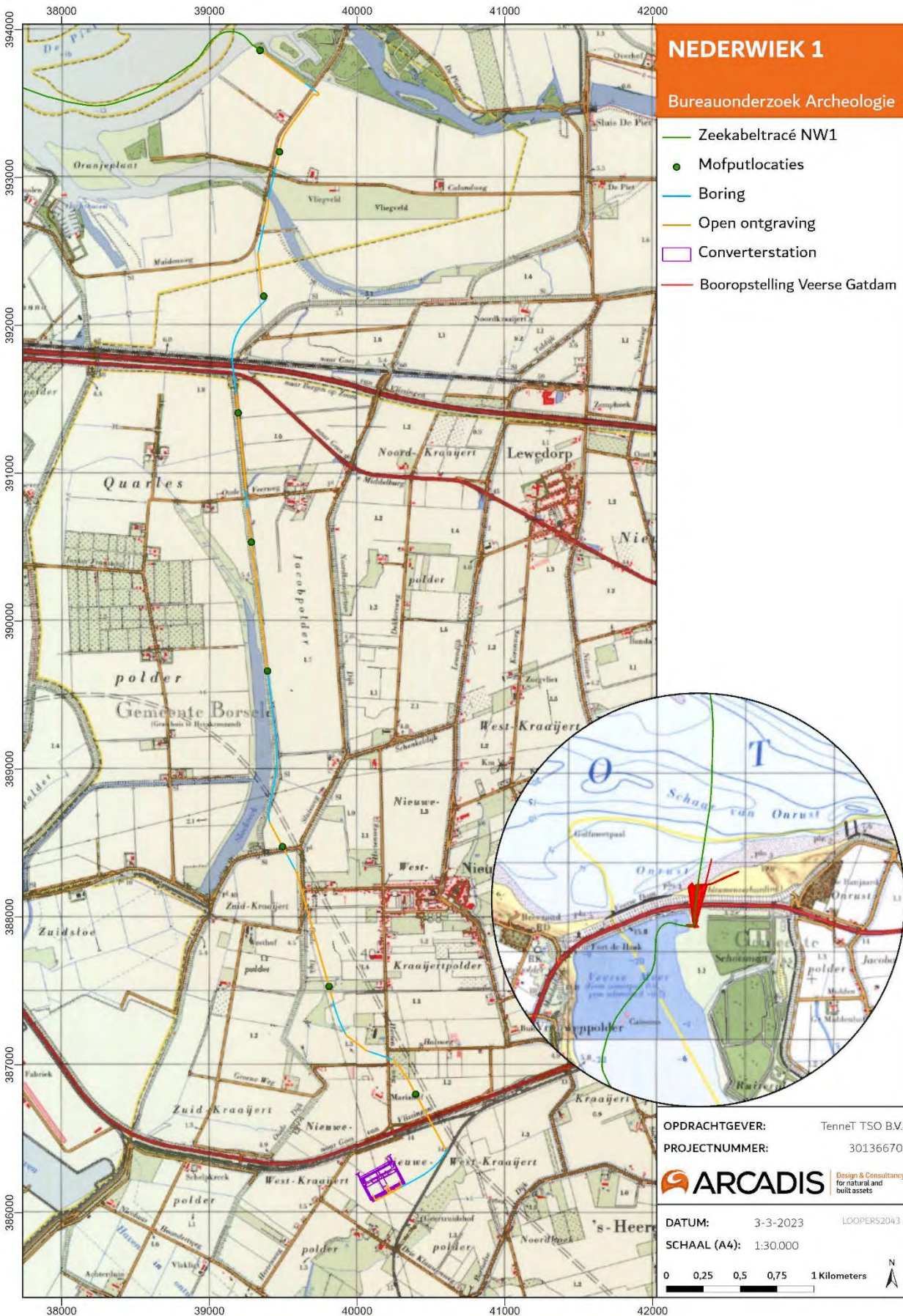
Figuur 28: Plangebied op de topografische kaart uit circa 1900.



Figuur 29: Plangebied op de topografische kaart uit circa 1930



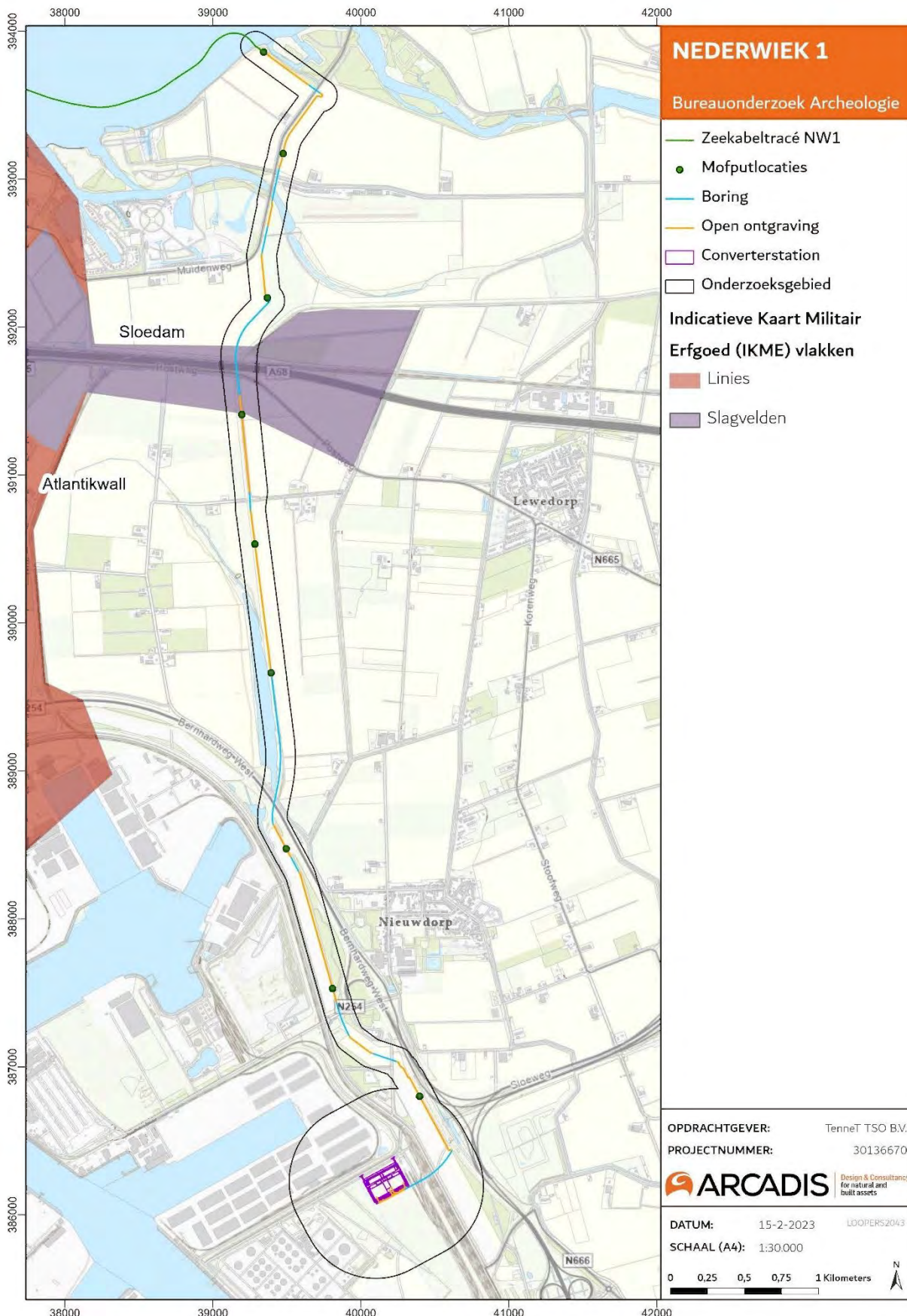
Figuur 30: Plangebied op de topografische kaart uit circa 1950.



Figuur 31: Plangebied op de topografische kaart uit circa 1970.



Figuur 32: Plangebied op de topografische kaart uit circa 1990.



Figuur 33: Plangebied op de Indicatieve Kaart Militair Erfgoed (ikme.nl).

## 4 Archeologische informatie

### 4.1 Inleiding

Om de gespecificeerde archeologische verwachting voor een gebied op te kunnen stellen, is kennis nodig van de reeds bekende archeologische gegevens van het gebied. In dit hoofdstuk worden de bekende archeologische vindplaatsen, uitgevoerde onderzoeken en verwachtingen aan de hand van verschillende bronnen beschreven.

Tabel 6 Archeologische perioden (Bron: ABR)

Periode	Begin	Einde
Nieuwe Tijd	1500	Heden
Late Middeleeuwen	1050	1500
Vroege Middeleeuwen	450	1050
Romeinse Tijd	12 v. Chr.	450
IJzertijd	800 v. Chr.	12 v. Chr.
Bronstijd	2.000 v. Chr.	800 v. Chr.
Neolithicum	5.300 v. Chr.	2.000 v. Chr.
Mesolithicum	8.800 v. Chr.	4.900 v. Chr.
Laat Paleolithicum	35.000 v. Chr.	8.800 v. Chr.
Midden Paleolithicum	300.000 v. Chr.	35.000 v. Chr.

### 4.2 Gemeentelijke archeologische verwachtingskaart

De archeologische verwachtingswaarde van een gebied geeft de kans op de aanwezigheid van een archeologische vindplaats weer. De meeste Nederlandse gemeenten hebben een archeologische verwachtingskaart.

Het kabeltracé op land bevindt zich in de gemeenten Middelburg, Goes en Borsele. De gemeenten hebben hun archeologische verwachtingskaarten gesynchroniseerd onder de Walcherse Archeologische Dienst (WAD). De gemeenten Borsele, Goes en Noord-Beveland hebben een gezamenlijk archeologiebeleid door de VZG (vereniging van Zeeuwse Gemeenten) opgesteld. Deze samenwerkingsverbanden hebben geresulteerd in gemeentelijke verwachtingskaarten. Het beleid van de OAS is gebaseerd op de Maatregelenkaart-in-lagen. Deze niveaus zijn gebaseerd op de geologische lagen die in Zeeland voorkomen.

Voor een overzicht van deze zones en de bijbehorende gemeentelijke verwachtingskaarten wordt verwezen naar Hoofdstuk 1.7.3.

#### Gemeente Noord-Beveland

De boorlijn die de Veerse Gatdam doorkruist bevindt zich in de gemeente Noord-Beveland. Het archeologiebeleid van de gemeente Noord-Beveland is vastgelegd in de beleidsnota (Alkemade et al. 2011b). De Veerse Gatdam wordt gekruist door middel van een boring onder de oostzijde van de Veerse Gatdam door. Tijdens de realisatie van de boring worden een boorput en een ontvangstput van twee keer circa 3x3 m gegraven. In Figuur 5 worden van locaties voor deze boorputten weergegeven. Er bevindt zich een moflocatie ten zuiden van de boorputten.

De boorlijn, de boorputten en de moflocatie raken geen zones met een archeologische verwachting voor de laagpakketten van Wierden, Wormer of Hollandveen. In het laagpakket van Walcheren raakt het zuiden van de boorlijn en de zuidelijk gelegen moflocatie een zone met een lage archeologische verwachting (Figuur 11). De boorputten in het zuiden van het plangebied raken geen archeologische verwachting. De te graven boorput in het noorden van het de kruising van de Veerse Gatdam bevindt zich in de zone waterbodem.

De archeologische verwachting op zee en het Veerse Meer worden behandeld in het bureauonderzoek Net op zee IJmuiden Ver Alpha. Hieronder vallen ook het werkterrein en de ontvangstput ten noorden van de Veerse Gatdam.

#### Gemeente Middelburg

Op de maatregelenkaart in lagen is te zien dat het plangebied in de gemeente Middelburg grotendeels in een zone zonder archeologische verwachting ligt. Het zuidelijke deel van het tracé dat binnen de gemeente Middelburg valt, heeft een lage archeologische verwachting (Figuur 16).

### Gemeente Goes

Op de maatregelenkaart in lagen is te zien dat het plangebied in de gemeente Goes geen archeologische verwachting raakt voor de Laagpakketten van Wierden, Wormer en Hollandveen (Figuur 13 t/m Figuur 15). In het laagpakket van Walcheren raakt het plangebied een zone met een lage archeologische verwachting archeologie (Figuur 12). Ten oosten op meer dan 500 meter afstand van het kabeltracé bevindt zich een terrein van archeologische waarde (inventarisatie SCEZ).

### Gemeente Borsele

Het noordelijke deel van het plangebied binnen de gemeente Borsele, grofweg vanaf de A58 tot de Borssesdijk, bevindt zich in zone met een lage verwachting voor het Laagpakket van Walcheren (Middeleeuwen t/m Nieuwe Tijd) en géén archeologische verwachting voor de overige lagen (Figuur 12 t/m Figuur 15). Enkel het meest zuidelijke deel van het kabeltracé én het gebied ten zuiden van de converterstationslocatie bevindt zich in een zone met gematigde tot hoge archeologische verwachtingen voor alle lagen.

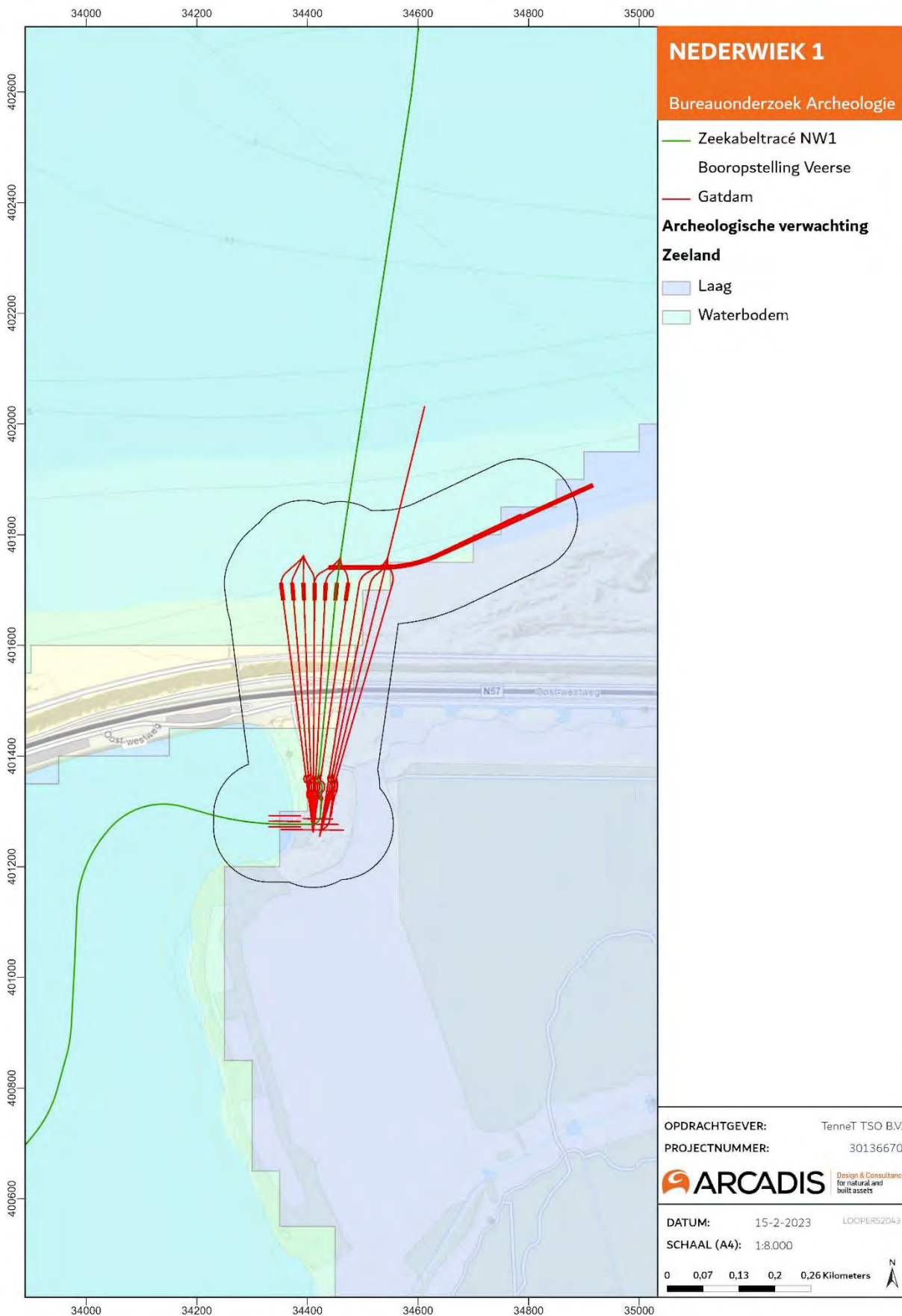
### Synchronisatie van verwachtingskaarten, provincie Zeeland

De provincie Zeeland heeft de hierboven beschreven regionale verwachtingskaarten gesynchroniseerd om tot een provincie dekkende verwachtingskaart te komen die de verschillende archeologische verwachtingskaarten samenvoegt. Op deze kaart is onderscheid gemaakt tussen bekende waarden en verwachte waarden.

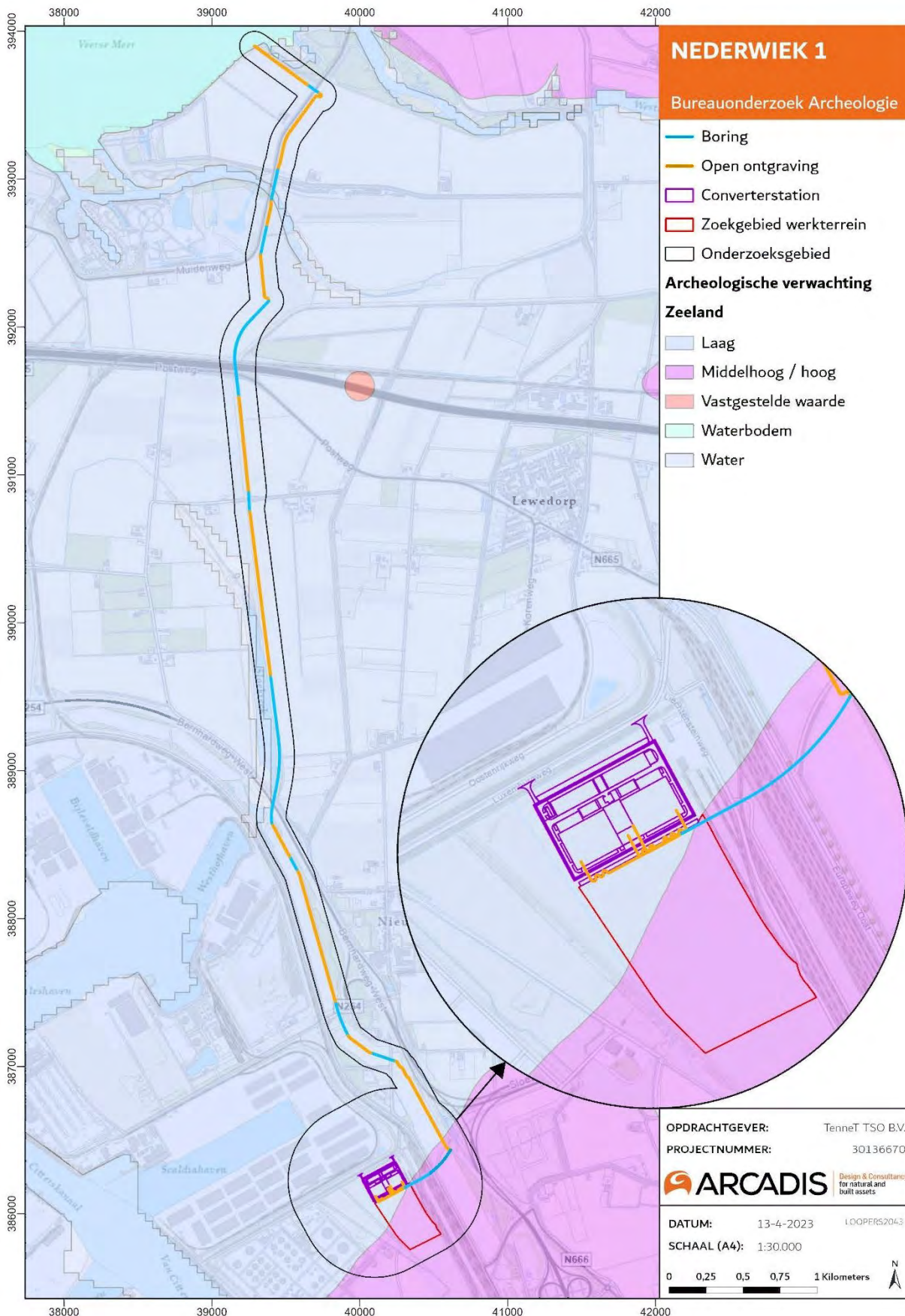
Het grootste gedeelte van het kabeltracé, zowel ter hoogte van de Veerse Gatdam als ten zuiden van het Veerse Meer, ligt in een zone met een lage archeologische verwachting (Figuur 34 en Figuur 35). In het meest zuidelijke deel van het kabeltracé wordt een zone met een gematigde/hoge archeologische verwachting doorkruist. Het converterstation bevindt zich binnen de zone met een lage archeologische verwachting, echter ligt het op de rand van de zone met een gematigde/hoge archeologische verwachting.

De hogere archeologische verwachtingen in het zuiden van het onderzoeksgebied zijn te relateren aan de hoger gelegen Pleistocene afzettingen die zich hier bevinden (laag 4, laagpakket van Wierden), met daarop de recentere lagen met archeologische verwachting uit het Laagpakket van Wormer, het Hollandveen Laagpakket en het Laagpakket van Walcheren.





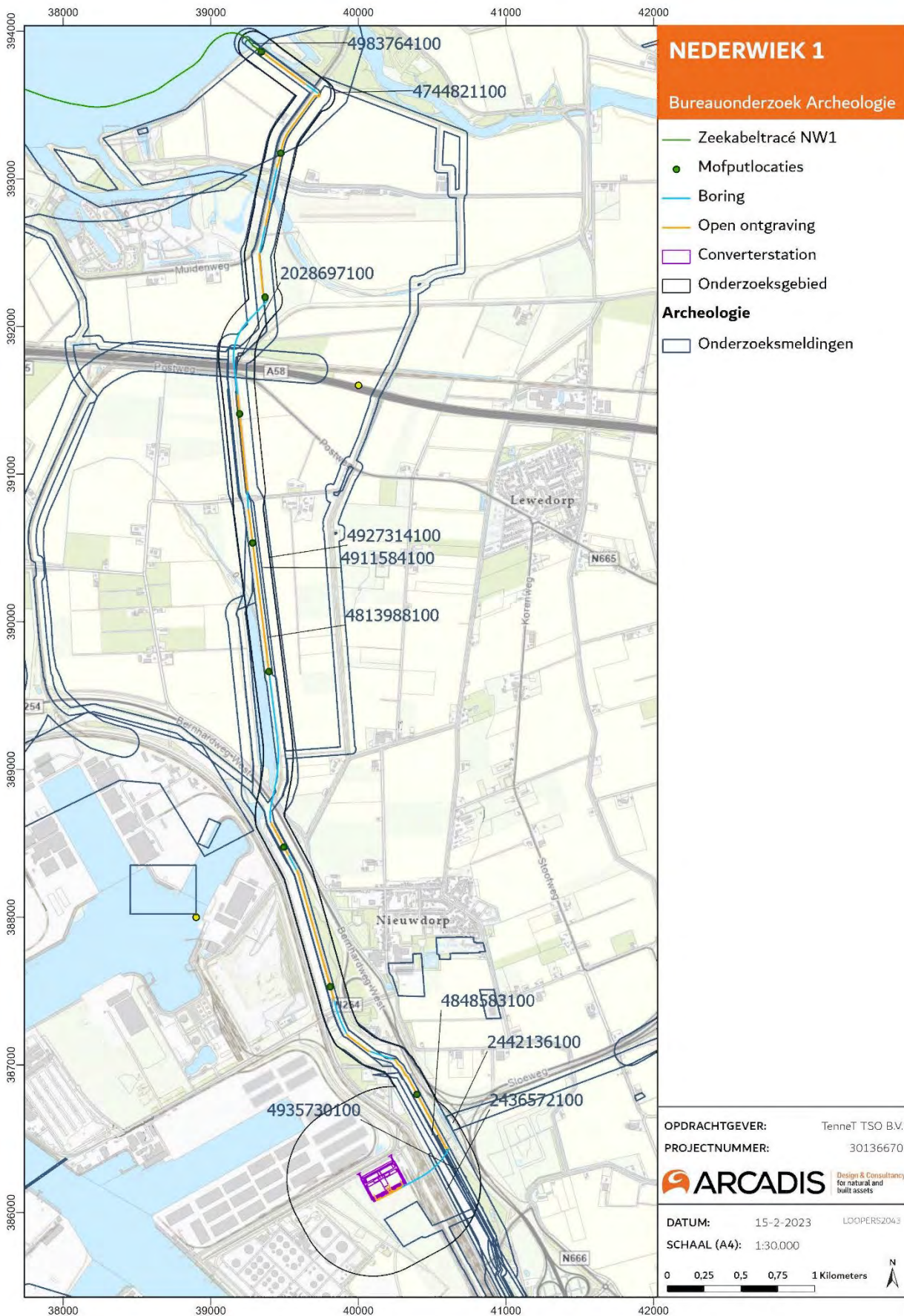
Figuur 34: Gecombineerde archeologische verwachtingskaart provincie Zeeland Veerse Gatdam.



Figuur 35: Gecombineerde archeologische verwachtingskaart provincie Zeeland ten zuiden van het Veerse Meer, met detail van het converterstation en zoekgebied werkterrein.

### **4.3 Vindplaatsen**

Om de archeologische verwachting van het gebied verder te onderzoeken wordt er gebruikt gemaakt van het Archis 3 informatiesysteem en de Archeologische Monumenten Kaart (AMK). Hierin staan alle relevante vondstmeldingen, onderzoeksmeldingen en archeologische monumenten beschreven.



Figuur 36: Onderzoeksmeldingen (Archis3).

### 4.3.1 AMK-terreinen

Op de Archeologische Monumenten Kaart (AMK) zijn bekende, gewaardeerde, archeologische vindplaatsen weergegeven. Er wordt onderscheid gemaakt tussen terreinen van waarde, hoge waarde, zeer hoge waarde, en zeer hoge waarde – beschermd. In het laatste geval is het terrein een beschermd Rijksmonument. Het uitgangspunt bij AMK-terreinen is in principe behoud van archeologische resten in situ.

Binnen het plan- en onderzoeksgebied komen geen AMK-terreinen voor.

### 4.3.2 Vondstlocaties en waarnemingen

Vondstlocaties zijn archeologische vindplaatsen die geregistreerd zijn in Archis. De vondstlocaties zijn weergegeven op de kaart in Figuur 36.

Op het strand bij de Veerse Gatdam zijn twee vondsten gedaan (4024893100 en 3160477100). Deze vondsten bevinden zich op circa 750 m afstand van de boorlijn kruising Veerse Gatdam. De vondsten betreffen beide doorboorde hertshoornenbijlen uit het Neolithicum. De bijlen zijn gemaakt van afgeworpen geweastangen van edelherten. Vermoedelijk zijn dit secundaire deposities.

Binnen het onderzoeksgebied ten zuiden van het Veerse Meer bevinden zich geen vondstlocaties.

## 4.4 Eerder uitgevoerd onderzoek

In verschillende zones binnen het onderzoeksgebied is eerder archeologisch bureau- en veldonderzoek uitgevoerd. Deze zones zijn aangegeven op de kaart in Figuur 36 en de resultaten van het onderzoek zijn beschreven in onderstaande tabel.

Tabel 7: Onderzoeksmeldingen Archis

Zaak IDnummer	Datum/ uitvoerder/ Type onderzoek	Resultaten
2028697100	1999/ RAAP Archeologisch Adviesbureau/ Booronderzoek	Zie Schutte, 1999. Niet ontsloten in Archis of DANS.
4744821100	2019/Periplus Archeomare	Dit betreft het archeologische onderzoek uitgevoerd voor MER-fase 1, Net op zee IJmuiden Ver Alpha op zee. Het onderzoek wordt meegenomen als bron in dit bureauonderzoek archeologie.
4813988100	2020 / Arcadis / Archeologisch bureauonderzoek	Dit betreft het bureauonderzoek IJmuiden Ver Alpha op Land MER fase 1.
4911584100	2020 / Antea Group Archeologie / bureauonderzoek	TenneT EU-204 - Net op Zee IJmuiden Ver Alpha (Borsele) Het betreft het bureauonderzoek Archeologie IJmuiden Ver Alpha op land inclusief het benodigde inventariserend veldonderzoek.
4848583100	2020 / Antea Group Archeologie / Archeologisch bureauonderzoek	Dit onderzoek is niet beschikbaar voor inzage.
2436572100	2014/ Artefact/ Archeologisch booronderzoek	Op basis van de resultaten van het booronderzoek kon het verwachtingsmodel worden bijgesteld. Bij de voorziene bodemingrepen wordt uitgesloten dat tot op het pleistocene dekzand (Laagpakket van Wierden) zal worden vergraven, aangezien deze afzettingen hier lager dan 5 m -NAP zullen liggen. Voor het niveau Laagpakket van Wormer (Laat-Neolithicum) geldt eveneens dat deze afzettingen niet verstoord zullen raken, gelet op de diepteligging vanaf 3,38 m -NAP (vanaf 3,7 m beneden maaiveld), evenals het niveau Hollandveen (Brons- en IJzertijd, Romeinse Tijd)

		gezien de diepteligging variërend vanaf 2,24 tot 3,14 m - NAP (2,9 tot 3,8 m beneden maaiveld) ter hoogte van de boringen 12 t/m 38. Daarbij geldt dat de top van het veen, waarop vindplaatsen uit de IJzertijd/Romeinse Tijd aanwezig kunnen zijn, binnen het onderzoeksgebied nergens meer intact zijn. Voor de Middeleeuwen en Nieuwe Tijd geldt dat bij de bodemingrepen eventueel aanwezige vindplaatsen kunnen worden bedreigd. Er wordt geen vervolgonderzoek geadviseerd. Zie Besuijen, 2014.
4935730100	2021 / Antea Group Archeologie / Archeologische boring	Het betreft het inventariserend booronderzoek dat onderdeel is van het bureauonderzoek Archeologie IJmuiden Ver Alpha op land (zie 4.4.1., voor nadere toelichting)

#### 4.4.1 Eerder uitgevoerd veldwerk

In het kader van het project Net op zee IJmuiden Ver Alpha is een bureauonderzoek opgesteld voor het kabeltracé Net op zee IJmuiden Ver Alpha (Arcadis 2021). Het landtracé van Net op zee IJmuiden Ver Alpha loopt grotendeels parallel aan het in dit bureauonderzoek behandelde tracé Net op zee Nederwiek 1.

Op basis van het bureauonderzoek IJmuiden Ver Alpha is voor de zones waar de kabel doormiddel van een open ontgraving binnen gebieden met een middelhoge en hoge archeologische verwachting wordt aangelegd, en waar het maaiveld niet al met meer dan 250 cm is opgehoogd, een verkennend booronderzoek geadviseerd. Het doel van dit booronderzoek is om de archeologische verwachting te toetsen en inzicht te verkrijgen in de aard en diepteligging van de archeologisch relevante niveaus en geomorfologische eenheden. Volgend op het bureauonderzoek is daarom een verkennend booronderzoek uitgevoerd (Antea 2021). Gezien de parallelligging van het reeds onderzochte kabeltracé van Net op zee IJmuiden Ver Alpha en het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 1 zijn de onderzoeksresultaten uit dit voorgaande onderzoek relevant voor voorliggend bureauonderzoek.

Tijdens het booronderzoek is een deels parallel met Net op zee Nederwiek 1 lopend deel van het kabeltracé, ten noorden van de Borssedijk langs de Europaweg Oost, onderzocht door middel van boringen (Figuur 37). Boringen 1 t/m 4 zijn nabij het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 1 gezet.

Tijdens het booronderzoek in het deels parallelgelegen deel ten noorden van de Borssedijk zijn geen archeologisch interessante niveaus of andere archeologische indicatoren aangetroffen. Voor dit deel van het tracé wordt door Antea derhalve geadviseerd om het vrij te geven voor de voorgenomen werkzaamheden.

Vervolgens is er verder in zuidelijke richting onderzoek uitgevoerd, ten zuiden van de Borssedijk en Assenburgweg. In dit deelgebied wordt op basis van het booronderzoek plaatselijk vervolgonderzoek geadviseerd. Het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 1 buigt echter ruim vóór de Borssedijk af richting het perceel van het converterstation door middel van een gestuurde boring. Hierbij worden de zones waar vervolgonderzoek wordt geadviseerd ten zuiden van de Borssedijk niet doorkruist.

Gezien de parallelligging met het vrijgegeven gedeelte van het kabeltracé en het niet doorkruisen van de nader te onderzoeken zones door het tracé van Net op zee Nederwiek 1, kan geconcludeerd worden dat aanvullend onderzoek voor het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 1 niet noodzakelijk is.



Figuur 37: Parallel gelegen onderzocht en vrijgegeven gebied ten noorden van de Borsseledijk (Antea 2021).

## 5 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste conclusies besproken en op basis daarvan een gespecificeerde archeologische verwachting geformuleerd. Als laatste wordt een advies gegeven voor archeologisch vervolgonderzoek.

### 5.1 Conclusie

#### 1. Hoe ziet de geo(morfo)logische en bodemkundige opbouw van het plangebied eruit?

Het plangebied is gelegen in het Zeeuwse zeekleigebied, dat zijn ontstaansgeschiedenis grotendeels aan de invloed de zee en haar getijden de danken heeft. Aan het einde van de laatste ijstijd (het Pleistoceen) bestond het huidige westen van Nederland uit een glooiend dekzandlandschap. In het Holoceen, na het einde van de laatste ijstijd kwam het gebied door zeespiegelstijging steeds meer onder invloed van de zee te staan. Vanaf circa 5500 v. Chr. is het gebied te karakteriseren als een kwelder- en moerasgebied. Door daling van de relatieve zeespiegelstijging en verdere sedimentatie ontstond een steeds meer gesloten kust met strandwallen. Achter de strandwallen verzoette het gebied door rivierwater uit de delta van de Schelde waardoor zich een dik veenpakket kon vormen.

Omstreeks 1500 v. Chr. nam de invloed van de zee weer toe. De gesloten kust werd deels doorbroken en veenpakketten werden weggeslagen of verdwenen onder het nieuwe Laagpakket van Walcheren. Door toenemende cultivering en ontwatering van de veengebieden klonken gebieden in waardoor klei- en veengebied lager kwam te liggen dan de zandige kreekruggen. De afzettingen van het Walcheren Laagpakket kwamen daardoor relatief hoger te liggen en werden aantrekkelijk voor bewoning.

Voorafgaand aan deze ontwikkeling waren de grenzen tussen de klei en het veen aantrekkelijk en woonden mensen op huisterpen in de lageregelegen gebieden. In de Middeleeuwen zijn vele kreken verland en zijn mensen gebieden gaan bedijken. Tot circa 1500 zijn gebieden op kleine schaal ingepolderd door de mens. Ter plekke van het plangebied heeft zich in de Middeleeuwen de geul het Sloe gevormd. De inpoldering van het Sloe begon kleinschalig in de Middeleeuwen. Van de 17<sup>de</sup> tot de 20<sup>ste</sup> eeuw vond grootschalige inpoldering plaats.

Geomorfologisch gezien bevindt het plangebied zich in een vlakte van getijafzettingen en rond de Sloekreek doorkruist het getij- en kreekbeddingen. Het gebied bestaat uit kalkhoudende vaaggronden en kalkrijke poldervaaggronden met grondwatertrappen variërend tussen de IV en VII.

Een deel van het plangebied, bestaande uit het zoekgebied van het converterstation, is gelegen in een grotendeels recent antropogeen opgehoogd gebied.

#### 2. Welke archeologische vindplaatsen in en rond het plangebied zijn bekend?

Het onderzoeksgebied raakt geen AMK-terreinen of overige bekende vindplaatsen. Op de CHS kaart van de provincie Zeeland wordt het verdronken dorp Tewijk gelokaliseerd. Het verdronken dorp bevindt zich echter op circa 1000 meter van het plangebied en is derhalve niet relevant voor de gespecificeerde archeologische verwachting.

#### 3. Welke historische gegevens (complexen en landgebruik) in en rond het plangebied zijn bekend?

Door verschillende stormvloedend verdwenen gebieden in zee. Op de kaart van Visscher en Roman uit circa 1650 is te zien dat het plangebied zich rond die tijd grotendeels bevindt in zee. In de 19de en 20ste eeuw werd het Sloe ingepolderd. De polders werden omdijkt, binnendijks werden rechthoekige, en soms lange percelen aangelegd met sloten en rechte wegen.

Tijdens de Tweede Wereldoorlog vinden er in het Sloegebied gevechten plaats. Eind 1944 veroverden de Canadezen hier de Sloedam waardoor Walcheren bevrijd kon worden. Gedurende de tweede helft van de 20ste eeuw werd het Sloe verder ingepolderd en zijn er havens ontwikkeld door zand op te spuiten.



## 5.2 Gespecificeerd verwachtingsmodel

### 4. Wat is, op basis van bovenstaande gegevens, de gespecificeerde archeologische verwachting van het plangebied? Wat zijn de prospectiekenmerken van de te verwachte vindplaatsen?

Het in onderstaande tabel weergegeven verwachtingsmodel heeft betrekking op het plangebied ter plaatse van de Veerse Gatdam en het kabeltracé en het converterstation ten zuiden van het Veerse meer. Daarnaast wordt aandacht besteed aan het gebied ten zuiden van het converterstation, waar het (tijdelijke) werkterrein is gelegen.

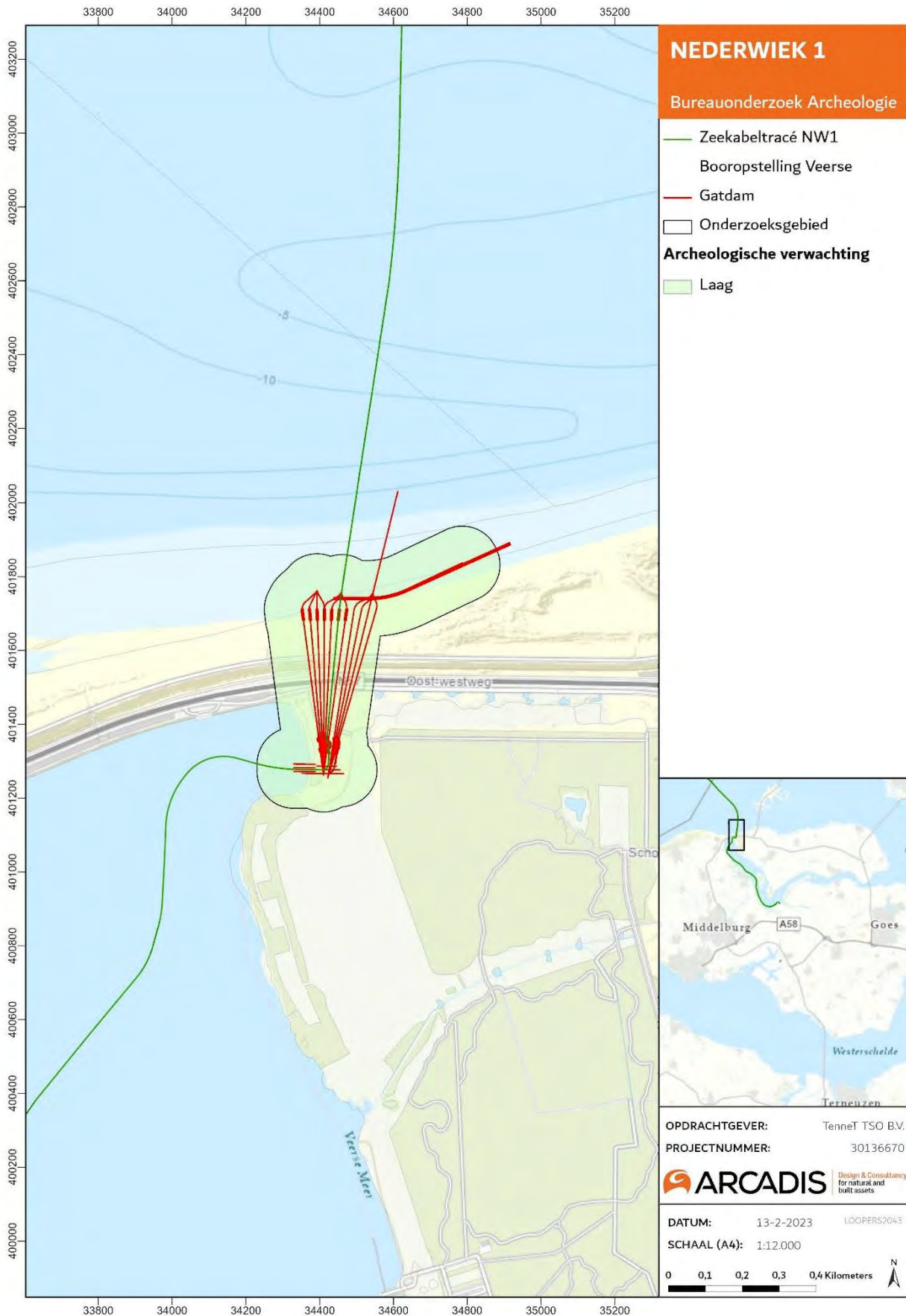
Voor het kabeltracé op land ter plaatse van de Veerse Gatdam en het kabeltracé ten zuiden van het Veerse Meer geldt grotendeels een lage archeologische verwachting (Figuur 39). De resultaten uit het voorgaande booronderzoek in het kader van het kabeltracé van Net op zee IJmuiden Ver Alpha, welke parallel ligt aan Net op zee Nederwiek 1, worden ook meegenomen in de archeologische verwachting voor het kabeltracé. Op basis van de uitkomsten van dit onderzoek, waarbij geen archeologisch relevante niveaus zijn aangetroffen binnen het parallelgelegen deel, kan voor het zuidelijke deel van het kabeltracé de hoge archeologische verwachting worden bijgesteld naar een lage verwachting

Het converterstation is ook gelegen in een zone met lage archeologische verwachting. Enkel het zoekgebied van het werkterrein is gedeeltelijk gelegen in een zone met hoge archeologische verwachting. Deze hoge archeologische verwachting heeft betrekking op het oorspronkelijke maaiveld (zie nadere toelichting Hoofdstuk 5.3).

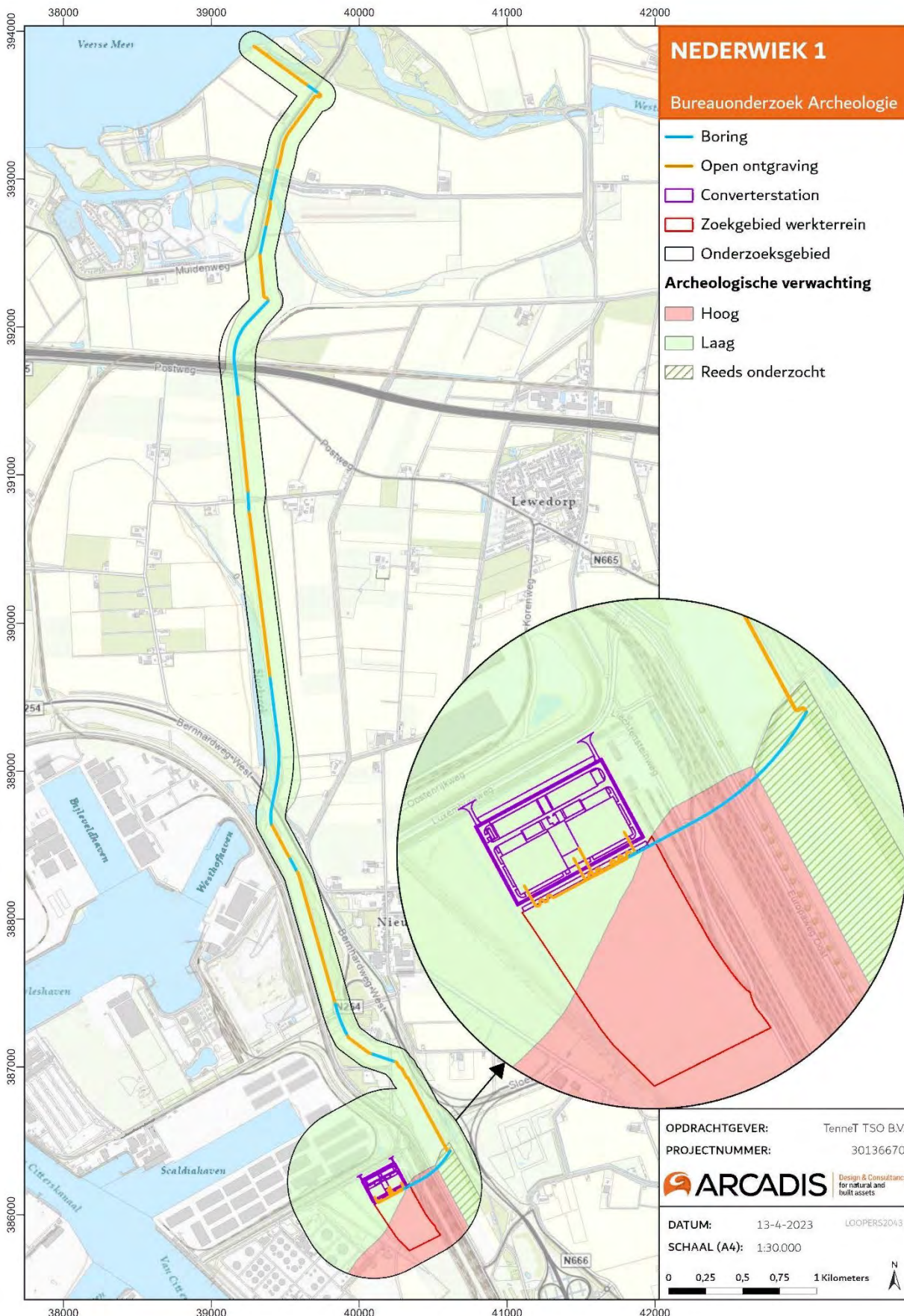
Tabel 8 Gespecificeerd archeologisch verwachtingsmodel voor het plangebied.

Archeologische periode	Verwachting	Diepteligging T.o.v. originele maaiveld onder eventuele recente ophogingen	Complextype	Kenmerken	Omvang	Gaafheid
<b>Veerse Gatdam</b>						
Paleolithicum – Nieuwe tijd	Laag	-	Losse vondsten, verspoeld	Losse vondsten, verspoeld	-	Slecht - Redelijk met kans op verspoeling
<b>Tracé ten zuiden van het Veerse Meer en Converterstation</b>						
Paleolithicum - Mesolithicum	Laag	In de (top) van het dekzand (> 6 m -mv)	Losse vondsten, nederzettingssporen	Spreiding van aardewerk/vuursteen; haardkuilen; resten van nederzettingen (paalsporen, waterputten, afvalkuilen/dumps)	50-200 m <sup>2</sup>	Slecht - Redelijk met kans op verspoeling
Neolithicum	Laag	Op de top van het Laagpakket van Wormer (> 4 m -mv)	Losse vondsten, nederzettingssporen	Losse vondsten, paalsporen, aardewerk	50-200 m <sup>2</sup>	Slecht - Redelijk met kans op verspoeling
Bronstijd - Romeinse Tijd	Laag	In de top van het veenpakket (> 4 m -mv)	Losse vondsten, nederzettingssporen	Losse vondsten, bewoningssporen, greppels, aardewerk	200-1000 m <sup>2</sup>	Slecht - Redelijk met kans op verspoeling
Vroege Middeleeuwen - Nieuwe tijd	Laag	Direct onder de bouwvoor in Laagpakket van Walcheren (0 - 4 m -mv) (Met inachtneming van opgehoogde zones)	Losse vondsten, nederzettingssporen, ontginningssporen	Losse vondsten, aardewerk, funderingsresten, greppels, inpolderingssporen	200-1000 m <sup>2</sup>	Redelijk tot goed met kans op verspoeling tot in de 17 <sup>de</sup> eeuw

Tweede Wereldoorlog	Laag	Direct onder de bouwvoor (0 - 4 m-mv) (Met inachtneming van opgehoogde zones)	Losse vondsten	Munitie-artikelen, sporen en resten van stellingen, versperringen, loopgraven, inslagen	200-1000 m <sup>2</sup>	Goed
<b>Zuiden van het Converterstation</b>						
Paleolithicum - Mesolithicum	Middelhoog	In de (top) van het dekzand (> 6 m -mv)	Losse vondsten, nederzettingssporen	Spreiding van aardewerk/vuursteen; haardkuilen; resten van nederzettingen (paalsporen, waterputten, afvalkuilen/dumps)	50-200 m <sup>2</sup>	Slecht - Redelijk met kans op verspoeling
Neolithicum	Middelhoog tot hoog	Op de top van het Laagpakket van Wormer (> 4 m -mv)	Losse vondsten, nederzettingssporen	Losse vondsten, paalsporen, aardewerk	50-200 m <sup>2</sup>	Slecht - Redelijk met kans op verspoeling
Bronstijd - Romeinse Tijd	Middelhoog tot hoog	In de top van het veenpakket (> 4 m -mv)	Losse vondsten, nederzettingssporen	Losse vondsten, bewoningssporen, greppels, aardewerk	200-1000 m <sup>2</sup>	Slecht - Redelijk met kans op verspoeling
Vroege Middeleeuwen - Nieuwe tijd	Middelhoog tot hoog	Direct onder de oorspronkelijke bouwvoor in Laagpakket van Walcheren (0 - 4 m-mv)	Losse vondsten, nederzettingssporen, ontginningssporen	Losse vondsten, aardewerk, funderingsresten, greppels, inpolderingssporen	200-1000 m <sup>2</sup>	Redelijk tot goed met kans op verspoeling tot in de 17de eeuw
Tweede Wereldoorlog	Middelhoog	Direct onder de oorspronkelijke bouwvoor (0 - 4 m-mv)	Losse vondsten	Munitie-artikelen, sporen en resten van stellingen, versperringen, loopgraven, inslagen	200-1000 m <sup>2</sup>	Goed



Figuur 38: Archeologische verwachtingskaart Veerse Gatdam



Figuur 39: Archeologische verwachtingskaart (originele maaiveld) ten zuiden van het Veerse Meer, met detail van het converterstation en werkterrein.

## 5.3 Advies

### 5. In welke mate worden de bekende en/of verwachte archeologische vindplaatsen bedreigd door de geplande ontwikkeling?

De geplande maatregelen die archeologische resten kunnen bedreigen bestaan uit ontgravingen ten behoeve van de aanleg van het kabeltracé én de bouw van het converterstation. De ontgravingsdiepte van de open ontgravingen bedraagt maximaal 2,2 m -mv. Onder het converterstation worden een kelder aangelegd welke tot een diepte van 3,5 m -mv ligt. Daarnaast worden er heipalen de grond in gebracht met een maximale diepte van 30m. De werkzaamheden voor het werkterrein bestaan uit het ontgraven van de bouwvoor (30 cm -mv) ten behoeve van de opbouw van de bouwweg en bouwplaats en daarnaast het plaatselijk aanleggen van drainagesleuven met een maximale diepte van 0,5 m -mv, waardoor de maximale bodemverstoring tot 0,8 m -mv (0,3 + 0,5) reikt.

Aangezien deze werkzaamheden echter plaatsvinden binnen zones met lage archeologische verwachtingen of binnen bestaande recente ophogingen wordt er geen bedreiging van archeologische resten verwacht.

### 6. Is archeologisch vervolgonderzoek nodig en zo ja, welke onderzoeksmethode wordt geadviseerd?

#### Kabeltracé Veerse Gatdam

Het plangebied binnen de Veerse Gatdam licht in een zone met geen tot een lage archeologische verwachting op land. Op basis van het bureauonderzoek is er geen aanleiding om de verwachting voor de zones met een lage archeologische verwachting bij te stellen. Voor deze zones wordt dan ook geen vervolgonderzoek geadviseerd.

#### Kabeltracé ten zuiden van het Veerse Meer

Het grootste gedeelte van het kabeltracé ligt in een zone met geen archeologische verwachting tot een lage archeologische verwachting (Figuur 39). Op basis van het bureauonderzoek is er geen aanleiding om de verwachting voor de zones met een lage archeologische verwachting bij te stellen. Voor deze zones wordt dan ook geen vervolgonderzoek geadviseerd.

Binnen de provincie Zeeland geldt een onderzoeksverplichting waarbij een bureauonderzoek altijd vergezeld dient te worden van een booronderzoek. Gelet op de onderzoeksresultaten en de voorgenomen ingrepen wordt voor de zones met een lage archeologische verwachting echter geadviseerd om af te zien van het verplicht uit te voeren verkennend booronderzoek. Tevens is er reeds verkennend booronderzoek uitgevoerd op een deel van het kabeltracé in het kader van Net op zee IJmuiden Ver Alpha (Antea 2021). Tijdens dit voorgaande booronderzoek zijn geen archeologische niveaus aangetroffen ter plaatse van het gedeelte van Net op zee IJmuiden Ver Alpha dat parallel loopt met Net op zee Nederwiek 1. Gelet op deze onderzoeksresultaten kan deze zone met een (middel)hoge archeologische verwachting worden bijgesteld naar een lage archeologische verwachting (Figuur 39).

Op basis van de onderzoeksresultaten van dit voorgaande onderzoek en de lage archeologische verwachting voor de rest van het kabeltracé wordt geen vervolgonderzoek geadviseerd ter plaatse van het kabeltracé.

#### Converterstation

Het converterstation is voorzien in een zone met een lage archeologische verwachting (Figuur 39). Het perceel van het converterstation is daarnaast reeds circa 1 à 2m antropogeen opgehoogd. Tevens is het voornemen om voorafgaand aan de bouw van het converterstation het perceel nog circa 0,5 m extra op te hogen. De voorgenomen ontgravingen, bijv. ten behoeve van de kelder onder het station, bedragen tot circa 3,5 m -mv. Het originele maaiveld dat zich onder de ophoging bevindt kan dus nog geraakt worden door de voorgenomen werkzaamheden.

Aangezien er echter binnen het converterstation een lage archeologische verwachting geldt wordt er geadviseerd om géén vervolgonderzoek uit te voeren en het terrein vrij te geven voor de voorgenomen werkzaamheden.

### Werkterrein converterstation

Het geplande werkterrein voor het converterstation bevindt zich grotendeels in een zone met een middelhoge tot hoge archeologische verwachting voor de vier verschillende verwachtingslagen (Figuur 39). Dit komt overeen met een middelhoge verwachting voor het Paleolithicum en een hoge verwachting voor het Mesolithicum tot en met de Nieuwe Tijd. Gezien de verwachte diepteligging van de verschillende geologische lagen ten opzichte van de voorgenomen werkzaamheden geldt de archeologische verwachting met name voor het Laagpakket van Walcheren (aanwezig van originele maaiveld tot circa 4 m -mv). In dit laagpakket kunnen resten worden aangetroffen uit de Middeleeuwen tot en met de Nieuwe tijd.

De huidige maximale geplande verstoringsdiepte van het werkterrein bedraagt 0,8 m -mv (0,3 m -mv ten behoeve van gereedmaking werkterrein + 0,5 m -mv voor plaatselijke drainagesleuven). De hoogteligging van het perceel van het werkterrein bedraagt minimaal 2,7m +NAP tot circa 3,5 m +NAP, de antropogene ophoging bedraagt hier ten minste +1 meter (zie Figuur 21, Figuur 22, en Figuur 24).

Op basis van huidig gemeentelijk beleid geldt er een vrijstelling voor de eerste 40 cm -mv ter plaatse van zones met een hoge archeologische verwachting (zie ook toelichting in H 1.7.3). Aangezien er daarnaast nog een antropogene ophoging van minstens 1m dikte aanwezig is, kan verondersteld worden dat bodemverstoring tot 1,4 m -mv mogelijk is zonder dat archeologische waarden bedreigd worden. In afstemming met de archeologisch adviseur voor de gemeente Borssele (Oosterschelderegio Archeologisch Samenwerkingsverband, d.d. 22-3-2023) is besloten een extra buffer van 10 cm op te nemen, om zo tot een maximale toegestane verstoringsdiepte van 1,3 m -mv binnen het zoekgebied van het werkterrein te komen.

Aangezien de geplande verstoringen dus binnen de bestaande ophooglaag worden uitgevoerd, wordt geen aantasting van het originele maaiveld met archeologische verwachting verwacht. Er wordt daarom geadviseerd om het zoekgebied van het werkterrein vrij te geven voor de voorgenomen werkzaamheden, waarbij de maximale verstoringsdiepte van 1,3 m -mv wordt aangehouden.

### Algemeen

Gelet op de onderzoeksresultaten wordt voor het gehele plangebied van Net op zee Nederwiek 1 op land geen archeologisch vervolgonderzoek aanbevolen. Dit advies sluit niet uit dat er bij graafwerkzaamheden (niet voorspelbare) archeologische toevalsvondsten kunnen worden aangetroffen, zoals bedoeld in artikel 5.10 van de Erfgoedwet 2016. In dat geval moet hiervan melding worden gedaan bij het Bevoegd Gezag.

Dit advies kan door de initiatiefnemer worden voorgelegd aan het Bevoegd Gezag, in dit geval de (archeologisch adviseur van) de Gemeenten Borsele, Goes, Middelburg en Noord-Beveland. Het Bevoegd Gezag kan van het door Arcadis gegeven advies afwijken.

## Bronnen

Alkemade, M., R.M. van Heeringen en W.A.M. Hessing (2011a). *Archeologiebeleid gemeente Borsele. Deel A: Beleidsnota archeologie*. Vestigia rapport V702-A.

Alkemade, M., R.M. van Heeringen en W.A.M. Hessing (2011b). *Archeologiebeleid gemeente Noord- Beveland. Deel A: Beleidsnota archeologie*. Vestigia rapport V706-A.

Alkemade, M., R.M. van Heeringen en W.A.M. Hessing (2011c). *Archeologiebeleid gemeente Goes. Deel A: Beleidsnota archeologie*. Vestigia rapport V703-A.

Chamuleau, S.J.J. 2016-2020; Database Zeeuwse dijken, 2018-2020: Digitale dijkenkaart van Provinciale Zeeland en RCE 2019. Middelburg/Amersfoort.

Gemeente Middelburg, Veere en Vlissingen. (2008). *Nota Archeologische Monumentenzorg Walcheren evaluatie 2008*.

Mulder, E.F.J. de/ M.C. Geluk/ I.L. Ritsema/ W.E. Westerhoff/ T.E. Wong, 2003: *De ondergrond van Nederland*, Groningen/Houten.

Vos, P., M. van der Meulen, H. Weerts en J. Bazelmans, 2018. *Atlas van Nederland in het Holoceen. Landschap en bewoning vanaf de laatste ijstijd tot nu*. Amsterdam (Prometheus).

### Kaartmateriaal

- Actueel Hoogtebestand van Nederland (AHN).
- Archeologische Monumenten Kaart (AMK).
- Archeologisch Informatiesysteem Archis2; Rijksdienst voor het Culturele Erfgoed (RCE).
- Bodemkaart Nederland (1:50:000); Alterra.
- Geomorfologische Kaart (1:50:000); Alterra
- Kaart cultuurhistorie Zeeland (<https://kaarten.zeeland.nl/map/cultuurhistorie>)

## Colofon

BUREAUONDERZOEK ARCHEOLOGIE OP LAND NET OP ZEE NEDERWIEK 1  
GEMEENTEN BORSELE, GOES, MIDDELBURG & NOORD-BEVELAND

**KLANT**

TenneT TSO B.V.

**ONZE REFERENTIE**

<DocId>:0.3

**DATUM**

5 juli 2023

**STATUS**

Definitief



# Net op Zee – Nederwiek 1

## **Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat**

Bijlage 12: Watertoets

# Net op zee Nederwiek 1

## Bijlage VII-C Watertoets



Datum: 4-10-2023  
Versienummer: 3.0  
Status: Definitief

In opdracht van:



Ministerie van Economische Zaken  
en Klimaat

# Inhoudsopgave

1	Inleiding Watertoets .....	1
1.1	Algemene toetsingen .....	1
1.2	Doelstelling Watertoets .....	1
1.3	Leeswijzer .....	1
2	Afbakening .....	3
2.1	Inleiding .....	3
2.2	Vertroebeling .....	3
2.2.1	Op zee .....	4
2.2.2	Veerse Meer .....	7
2.3	Sedimentatie .....	8
2.3.1	Op zee .....	9
2.3.2	Veerse Meer .....	10
2.4	Verstoring als gevolg van continu onderwatergeluid .....	11
2.5	Verstoring als gevolg van impuls onderwatergeluid .....	12
2.6	Bovenwaterverstoring op zee .....	17
2.6.1	Geluid en visuele storing .....	17
2.6.2	Verstoring door licht .....	20
2.7	Habitataantasting .....	21
2.7.1	Habitataantasting op zee .....	21
2.7.2	Habitataantasting in het Veerse Meer .....	22
2.8	Elektromagnetische velden .....	22
2.8.1	Elektromagnetische velden op zee en het Veerse Meer .....	23
2.9	Verontreiniging .....	25
2.9.1	Bronnen van verontreiniging .....	25
2.9.2	Verontreiniging tijdens de aanleg .....	26
2.9.3	Verontreiniging tijdens de gebruiksfase .....	27
2.10	Warmteontwikkeling .....	28
2.11	Samenvatting reikwijdte activiteiten en bepaling studiegebied .....	28
3	Kaderrichtlijn Mariene Strategie .....	31
3.1	Wet- en regelgeving .....	31
3.1.1	Inleiding .....	31
3.1.2	D1. Biologische diversiteit .....	32
3.1.3	D2. Niet-inheemse soorten (exoten) .....	33

3.1.4	D3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren.....	34
3.1.5	D4. Voedselwebben .....	34
3.1.6	D5. Eutrofiëring.....	35
3.1.7	D6. Integriteit van de zeebodem .....	35
3.1.8	D7. Hydrografische eigenschappen .....	36
3.1.9	D8. Vervuilende stoffen .....	36
3.1.10	D9. Vervuilende stoffen in visproducten .....	37
3.1.11	D10. Zwerfvuil .....	37
3.1.12	D11. Toevoer aan energie, waaronder onderwatergeluid .....	38
3.2	Effectbepaling .....	39
3.2.1	Inleiding.....	39
3.2.2	Vertroebeling .....	40
3.2.3	Sedimentatie .....	49
3.2.4	Verstoring door continue onderwatergeluid.....	51
3.2.5	Verstoring door impuls onderwatergeluid .....	51
3.2.6	Bovenwaterverstoring door geluid, optiek en licht .....	54
3.2.7	Habitataantasting en habitatverandering.....	61
3.2.8	Opwerveling van historische verontreiniging op zee.....	64
3.2.9	Elektromagnetische velden.....	68
3.3	Toetsing KRM .....	72
3.3.1	Inleiding.....	72
3.3.2	D1. Biologische diversiteit.....	72
3.3.3	D2. Niet-inheemse soorten.....	74
3.3.4	D3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren.....	74
3.3.5	D4. Voedselwebben .....	75
3.3.6	D5. Eutrofiëring.....	75
3.3.7	D6. Integriteit van de zeebodem .....	75
3.3.8	D7. Hydrografische eigenschappen .....	75
3.3.9	D8. Vervuilende stoffen .....	75
3.3.10	D9. Vervuilende stoffen in visproducten .....	76
3.3.11	D10. Zwerfvuil .....	76
3.3.12	D11. Toevoer aan energie, waaronder onderwatergeluid .....	76
3.4	Conclusie .....	76
4	Kaderrichtlijn Water.....	77
4.1	Wet- en regelgeving.....	77
4.1.1	Inleiding.....	77

4.1.2	Chemische kwaliteit .....	78
4.1.3	Ecologische kwaliteit .....	79
4.2	KRW-waterlichamen .....	80
4.2.1	Betrokken KRW-waterlichamen .....	80
4.2.2	Huidige toestand KRW-waterlichamen .....	81
4.2.3	Samenvatting .....	87
4.3	Effectbepaling .....	88
4.3.1	Inleiding .....	88
4.3.2	Vertroebeling .....	88
4.3.3	Sedimentatie .....	98
4.3.4	Verstoring als gevolg van continu onderwatergeluid .....	99
4.3.5	Habitataantasting .....	100
4.3.6	Elektromagnetische velden .....	103
4.3.7	Verontreiniging .....	105
4.3.8	Combinatie van gevolgen .....	108
4.4	Cumulatie .....	110
4.4.1	Toelichting .....	110
4.4.2	Projecten meegenomen in cumulatie-toets .....	111
4.4.3	Vertroebeling .....	114
4.4.4	Sedimentatie .....	121
4.4.5	Continu-onderwatergeluid .....	122
4.4.6	Habitataantasting .....	122
4.4.7	Elektromagnetische velden .....	123
4.4.8	Verontreiniging .....	124
4.5	Toetsing KRW .....	126
4.5.1	Inleiding .....	126
4.5.2	Toetsingskader deel 1 .....	128
4.5.3	Toetsingskader deel 3 .....	128
4.5.4	KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) .....	128
4.5.5	KRW-waterlichaam Veerse Meer .....	129
4.6	Conclusie .....	131
5	Referenties .....	132
6	Aanvullende figuren: Concentratieverloop per gemodelleerde stof .....	146
	Colofon .....	150

# 1 Inleiding Watertoets

Net op zee Nederwiek 1 is de ondergrondse hoogspanningsverbinding vanuit het zuidelijke deel van windenergiegebied Nederwiek naar het vasteland. In het kader van de realisatie en het gebruik van Net op zee Nederwiek 1 worden tal van onderzoeken uitgevoerd, onder meer ten aanzien van (beschermde) natuur. Dit wordt verder toegelicht in onderstaande paragraaf.

## 1.1 Algemene toetsingen

De voorgenomen activiteit wordt aan de volgende wettelijke kaders getoetst.

- Wet natuurbescherming, onderdeel gebiedsbescherming (Passende Beoordeling);
- Wet natuurbescherming, onderdeel soortenbescherming (Soortenbeschermingstoets);
- Waterwet, Kaderrichtlijn Mariene Strategie en Kaderrichtlijn Water (Watertoets), dit rapport;
- Natuurnetwerk Nederland (toetsing NNN).

De voorgenoemde rapporten/toetsen bestaan uit een:

- Deel A: met daarin de algemene beschrijving van het project. Dit deel is voor de verschillende toetsen identiek;
- Deel B: toets aan het betreffende wettelijke kader.

De onderliggende toets betreft het deel B van de toets aan de Waterwet, Kaderrichtlijn Mariene Strategie en de Kaderrichtlijn Water, gezamenlijk de Watertoets genoemd.

## 1.2 Doelstelling Watertoets

Aangezien onderdelen van het project in grotere wateren worden aangelegd en op land invloed kan ontstaan op het grondwater is op voorhand niet vast te stellen of de aanleg en het gebruik van Net op zee Nederwiek 1 geen negatieve effecten heeft op de ecologie en milieudoelstellingen van de wateren waarin dit project wordt aangelegd. Het voorliggende rapport betreft daarmee een toetsing van de voorgenomen activiteiten (beschreven in Hoofdstuk 2 van deel A) aan de beleidskaders van de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) (de Watertoets).

## 1.3 Leeswijzer

De Watertoets is opgebouwd uit een deel A en een deel B. Deel A is een apart document met daarin de aanleiding (Hoofdstuk 1) en activiteitenbeschrijving (Hoofdstuk 2) van het Net op zee Nederwiek 1. Deel B van de Watertoets is voorliggend document.

In deel B van de Watertoets vindt in Hoofdstuk 2 de afbakening plaats van de gevolgen met bijbehorende worst-case effect-reikwijdtes, waarbij aan de hand van effectketens bepaald wordt welke effecten relevant zijn en nader onderzocht moeten worden. Hierna wordt ieder beleidskader (KRM en KRW) per hoofdstuk behandeld. Zo wordt in:

- Hoofdstuk 3 getoetst aan de Kaderrichtlijn Mariene Strategie. In paragraaf 3.1 wordt een toelichting gegeven op het wettelijk kader van de KRM, waarna in paragraaf 3.2 de effectbepaling voor de in het kader van de KRM relevante kwaliteitskenmerken wordt

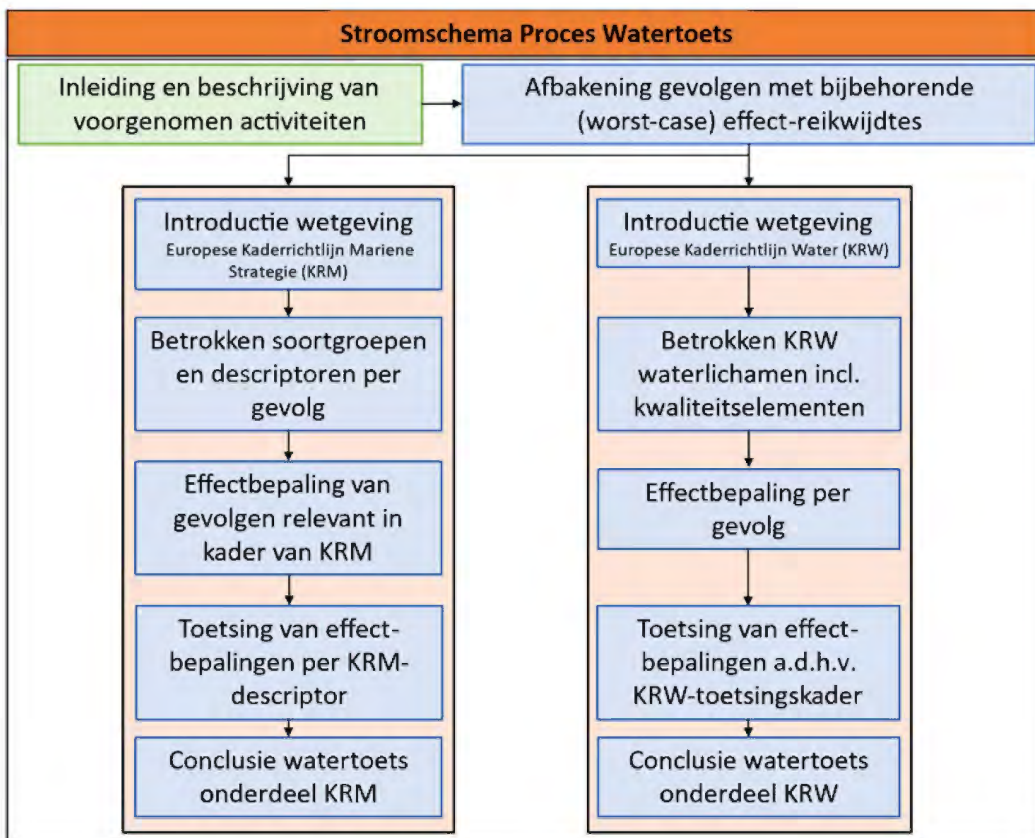
gedaan. In paragraaf 3.3 zijn de effecten getoetst aan het wettelijk kader en in paragraaf 3.4 is de conclusie opgesteld.

- Hoofdstuk 4 getoetst aan de Kaderrichtlijn Water. In paragraaf 4.1 wordt een toelichting gegeven op het wettelijk kader van de KRW, waarna in paragraaf 4.2 een opsomming van de betrokken KRW-waterlichamen wordt gegeven. In paragraaf 4.3 wordt de effectbepaling voor de KRW gedaan en in paragraaf 4.5 zijn de effecten getoetst aan het wettelijk kader. Paragraaf 4.6 bevat de conclusie.

In deze Watertoets wordt de volgende terminologie gebruikt:

- Activiteit: de activiteit die wordt uitgevoerd, te weten het aanleggen van kabels, het realiseren van een offshore platform en de bouw van een converterstation op land.
- Gevolg: het gevolg van deze activiteit, bijvoorbeeld vertroebeling door het omwoelen van de waterbodem.
- Effect: het effect op een kwaliteitskenmerk, bijvoorbeeld het effect op de soortensamenstelling van macrofauna als gevolg van aantasting van de bodem.

De stappen die worden doorlopen in deze Watertoets zijn weergegeven in het stroomschema in Figuur 1-1.



Figuur 1-1 Stroomschema van het proces dat wordt doorlopen voor de Watertoetsen. Het groene blok is beschreven in deel A. De blauwe blokken zijn hier beschreven.

## 2 Afbakening

### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk vindt de afbakening plaats van de gevolgen van de aanleg en het gebruik van Net op zee Nederwiek 1. De voorgenomen activiteiten, zoals beschreven in Inleiding en Activiteitenbeschrijving (deel A) (zie paragraaf 1.1), brengen een aantal gevolgen met zich mee die in potentie een effect kunnen hebben op kwaliteitskenmerken.

Deze gevolgen zijn:

- vertroebeling, als gevolg van sediment dat in suspensie komt door de aanlegwerkzaamheden.
- Sedimentatie, als gevolg van het neerslaan van geresuspendeerd sediment.
- Verstoring onderwater:
  - Door continu onderwatergeluid door scheepsmotoren en andere werktuigen aan boord;
  - Door impuls onderwatergeluid door het heien voor de aanleg van het platform.
- Bovenwaterverstoring als gevolg van geluid, licht en visuele verstoring door de werkzaamheden op zee en land en de operationele fase van het platform.
- Habitataantasting door mechanische aantasting op zee en het Veerse meer.
- Elektromagnetische velden op zee en het Veerse meer als gevolg van het gebruik van de kabels.
- Verontreiniging, als gevolg van het opwoelen van chemische stoffen in het sediment tijdens werkzaamheden op zee en het Veerse meer en gebruik van het platform op zee.
- Warmteontwikkeling, als gevolg van het gebruik van de kabels in de gebruiksfase.

De gevolgen worden in de volgende paragrafen toegelicht. Per gevolg is de reikwijdte toegelicht. Dit gebeurt aan de hand van modellering, uit de literatuur bekende verstoringscontouren en/of expert judgement. Dit leidt tot een worst-case reikwijdte per gevolg.

Verstoringsen die alleen tijdens de aanlegfase plaatsvinden kunnen in theorie ook tijdens de gebruiksfase plaatsvinden, op het moment waarop er een kabelbreuk opgegraven en gerepareerd moet worden. Dit is in principe niet aan de orde en de impact per verstoring is zeer klein en lokaal en altijd minder groot dan bij de aanleg.

### 2.2 vertroebeling

Bij de aanleg van de gelijkstroomkabels op zee wordt afhankelijk van de lokale situatie gebaggerd, ge-pre-sweept (i.e. het baggeren van een passage voor kabelinstallatie door de zandgolven) en getrencht, waardoor sediment in de waterkolom verspreid kan worden. Het betreft met name de resuspensie van de fijnere deeltjes (slib) in de waterkolom, afhankelijk van het lokale slibgehalte. Hierdoor ontstaat tijdelijk vertroebeling. Het neerslaan en ophopen van het, door de werkzaamheden geresuspendeerde, sediment heet sedimentatie. Zowel vertroebeling als sedimentatie kunnen effecten hebben op KRW-doelen en/of KRM-descriptoren binnen het studiegebied. vertroebeling wordt verder behandeld in deze paragraaf. Sedimentatie wordt verder behandeld in paragraaf 2.3.



Vertroebeling kan ertoe leiden dat:

- Filterfeeders (organismes die leven van plankton en ander in het water zwevend voedsel) in hun voedselopname worden geremd.
- Trekvissen een barrière ondervinden wanneer de slibwolk de doorgang tussen zoet en zout water belemmert.

Vertroebeling leidt tot minder doorzicht aan het wateroppervlak waardoor potentieel:

- Primaire productie (i.e. de basis van de voedselketen) kan worden geremd.
- Het vangstsucces van zichtjagende vogels wordt beïnvloed.

Vertroebeling op zee en in het Veerse Meer wordt los van elkaar afgebakend, respectievelijk in paragraaf 2.2.1 en 2.2.2.

### 2.2.1 Op zee

De mate waarin vertroebeling door de werkzaamheden optreedt is in een modelstudie onderzocht (zie Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie). In deze studie zijn alle bodemroerende werkzaamheden op zee meegenomen, vanaf het platform tot aan de aanlanding bij de Veerse Gatdam. Vertroebeling wordt uitgedrukt in het aantal milligram zwevende stofdeeltjes per liter water (mg/L). Het model berekent de toename in de slibconcentratie ten gevolge van de (bagger)werkzaamheden; de waarden zijn exclusief de achtergrondconcentratie van zwevende stof die in de wateren aanwezig is.

In de slibmodelleerstudie (Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie) is de vertroebeling aan de bodem, in de waterkolom en aan de wateroppervlakte gemodelleerd. In de slibmodelleerstudie zijn diverse aannames gedaan voor de fasering van de aanleg van het kabeltracé en daarmee de baggerwerkzaamheden. Zo is in het model aangenomen dat er gebaggerd wordt vanaf de aanlanding bij de Veerse Gatdam naar het platform op zee en dat er tegelijk gewerkt wordt binnen en buiten de kustzone van de Noordzee. Ten behoeve van een worst-case beoordeling voor vertroebeling (en sedimentatie) is de snelst mogelijke aanleg gemodelleerd. Dit veroorzaakt namelijk maximale vertroebelingsconcentraties (en sedimentatiesnelheden). De aanleg van de kabels zou in werkelijkheid langer kunnen duren, dit zal altijd leiden tot lagere vertroebelingswaarden (en sedimentatiesnelheden) met minder grote effecten. Bij de baggerperiode is ervan uitgegaan dat eerst 80% van het totale te baggeren volume wordt gebaggerd en aansluitend daarop vervolgens de overige 20% in de vorm van onderhoudsbaggerwerkzaamheden. Deze uitgangspunten voor de snelst mogelijke werkwijze zijn niet van toepassing op de beoordeling van bijvoorbeeld verstoring.

Figuur 2-1 laat het maximale areaal zien waar gedurende de gehele simulatieperiode op enig moment een verhoging van de daggemiddelde slibconcentratie bij de bodem en aan het wateroppervlak is berekend. In de bovenste afbeelding is het gebied weergegeven waarin een vermindering van doorzicht aan het wateroppervlak kan optreden. In de onderste afbeelding is de maximale reikwijdte van de slibwolk in het gebied weergegeven. Er is gewerkt met een ondergrens van 2 mg/L, dit is de grens van de nauwkeurigheid van de modelstudie (Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie) en de ondergrens van een meetbaar verschil ten opzichte van de achtergrondconcentratie.

Te zien is dat vertroebeling die tijdens de aanleg optreedt voornamelijk op open zee direct langs het kabeltracé plaatsvindt. De vertroebelingswolk spreidt zich uit over een gebied van tientallen vierkante kilometers. Binnen 10 km van de kustzone treedt er geen vertroebeling op, omdat er

gebruik wordt gemaakt van een ander type installatieschepen waarvoor geen pre-sweeping nodig is. Langs het gehele kabeltracé komt de vertroebeling niet boven de 5 mg/L. Tijdens de gebruiksfase treedt er geen vertroebeling op.



Figuur 2-1 Gebied tot waar de slibwolk (> 2 mg/L) aan het wateroppervlak (figuur boven), dieptegemiddelde (figuur midden) en op de bodem (figuur onder) maximaal reikt ten gevolge van de werkzaamheden van de aanleg van een (2x2)-kabelconfiguratie.

### 2.2.2 Veerse Meer

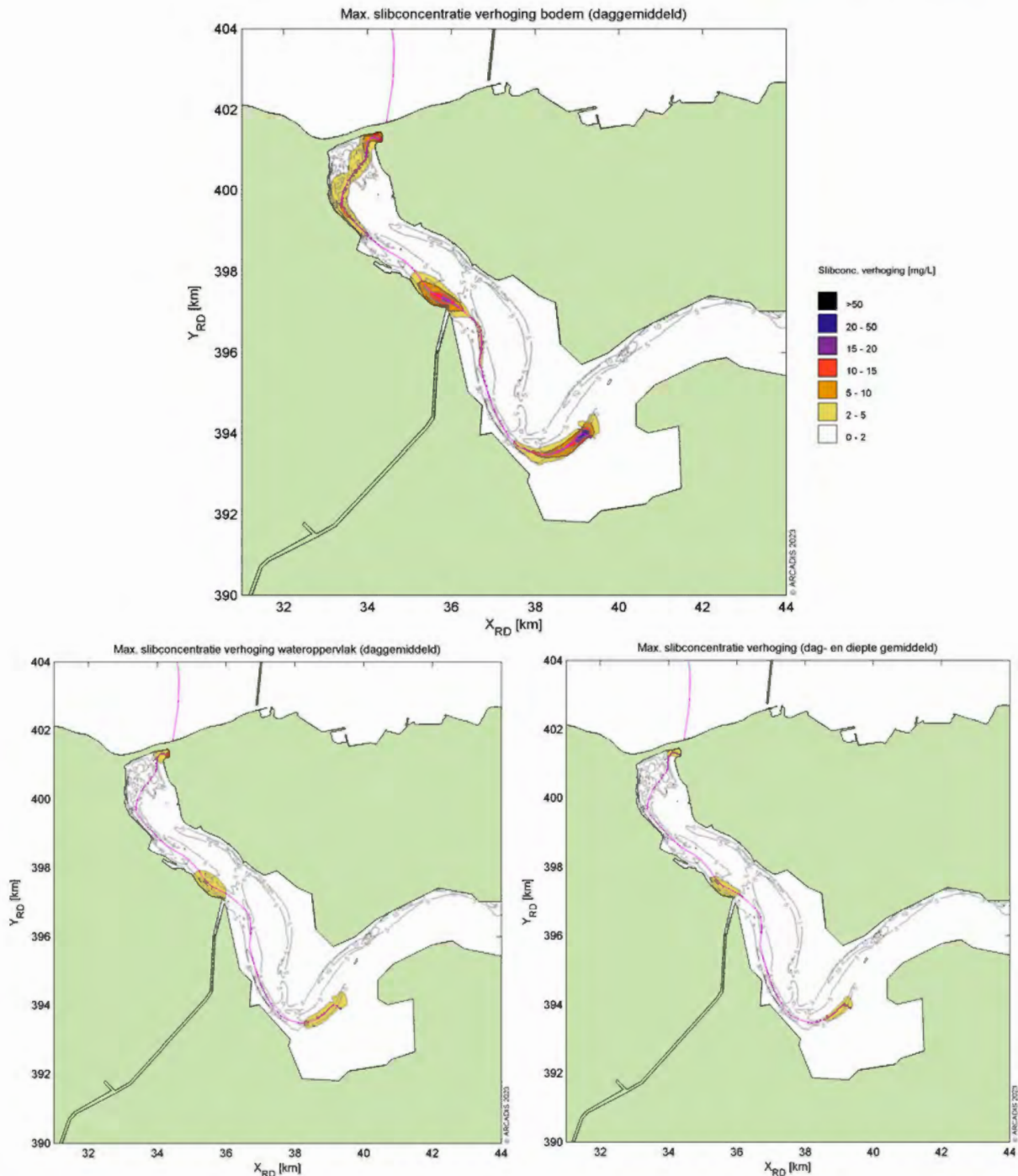
Bij de aanleg van de kabel in het Veerse Meer kan vertroebeling optreden, net als op zee treedt er in principe geen vertroebeling op in de gebruiksfase. Bij onderhoud treedt mogelijk lokaal vertroebeling op als de kabel opnieuw op- en ingegraven moet worden. Het effect hiervan zal vele malen kleiner zijn dan dat van de aanleg, daarnaast is onderhoud alleen incidenteel nodig. De aanlegfase wordt daarom als maatgevende activiteit beoordeeld.

Net op zee Nederwiek 1 ligt over het gehele Veerse Meer parallel aan de kabel van Net op zee IJmuiden Ver Alpha (hierna 'Alpha'). Het tracé van Alpha in het Veerse Meer wordt eerst aangelegd, hierbij worden baggerwerkzaamheden uitgevoerd. De stukken waterbodembodem die voor Alpha gebaggerd worden, worden vervolgens ook benut voor het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 1. Voor Net op zee Nederwiek 1 hoeft daarom niet gebaggerd te worden in het Veerse Meer. De kabelaanleg wordt uitsluitend uitgevoerd middels jet trenchen (vertical injector) of een vergelijkbare methode. Bij jet trenchen wordt de waterbodembodem onder hoge waterdruk gefluïdiseerd, waarna de kabel onder zijn eigen gewicht in de bodem kan zakken of naar de beoogde diepte wordt geleid. Hierbij ontstaat vele malen minder vertroebeling dan bij baggeren en het vervolgens verspreiden van gebaggerd sediment.

In de slibmodelleerstudie van het Veerse Meer (Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie) is de vertroebeling gemodelleerd die ontstaat als gevolg van het jet trenchen. De mate van vertroebeling is gemodelleerd aan de bodem, in het midden van de waterkolom en aan de wateroppervlakte. Figuur 2-2 toont de resultaten. Hierin is de maximale daggemiddelde slibconcentratie zichtbaar, evenals het areaal waar in totaal sprake is van een verhoging van de daggemiddelde slibconcentratie. De weergegeven verhogingen in slibconcentraties geven een totaalbeeld gedurende de gehele simulatieperiode. In het model is gewerkt met een ondergrens van 2 mg/L, dit is vormt de ondergrens van een relevante afwijking t.o.v. de achtergrondconcentratie. De arealen met een verhoogde slibconcentraties vinden dus niet overal tegelijkertijd plaats, maar bewegen mee met de werkzaamheden.

Te zien is dat vertroebeling die tijdens de aanleg optreedt voornamelijk op drie locaties langs het tracé plaatsvindt: Nabij beide aanlandingslocaties en rondom het midden van het tracé nabij Veere. Dit is het gevolg van relatief dikke slib/klei laag die op die plaatsen in de bodem zit (Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie). Op de plekken waar geen vertroebeling optreedt bestaat de bodem vrijwel uitsluitend uit zand.

Aan de bodem reikt de verhoogde slibconcentratie het verst (Figuur 2-2). Gezamenlijk betreft het een vertoebeld areaal van circa 241 hectare. Aan het wateroppervlak is dit circa 87 hectare. De maximale daggemiddelde verhoging in slibconcentratie is eveneens het hoogst aan de bodem, zeer lokaal loopt de concentratie op tot circa 35 mg/l. Aan het wateroppervlak is dit doorgaans maximaal circa 5 mg/l, alleen direct nabij de aanlandingen loopt de concentratie zeer lokaal iets hoger op.



Figuur 2-2 Gebied tot waar vertroebeling zich uitspreidt aan de bodem (boven) het wateroppervlak (links) en dieptegemiddeld (rechts) als gevolg van het jet trenchen in het Veerse Meer.

### 2.3 Sedimentatie

Het sediment dat in de waterkolom vrijkomt bij de aanleg van de kabels bezinkt over een bepaald areaal en kan daarmee een laag sediment op de bodem vormen (sedimentatie). Sedimentatie kan leiden tot effecten op bodemdieren. Het effect van de bedekking is afhankelijk van verschillende factoren, zoals de tolerantie en locatie van de soort, de hoeveelheid geloosde specie, de duur van de bedekking, de sedimenteigenschappen van het bedekkende materiaal en de temperatuur. Tijdens de gebruiksfase treedt er geen sedimentatie op. In een natuurlijke situatie of bij lage sedimentatie

kunnen de dieren in of op de bodem zich omhoog bewegen. Bij een te grote en/of te snelle bedekking leidt sedimentatie tot verstikking. Dit kan effect hebben op de bodemdierensamenstelling, op de voedselvoorraad voor vissen en op droogvallende platen foeragerende vogels.

In de wetenschappelijke literatuur zijn de specifieke effecten van deze factoren niet allemaal apart onderzocht. Door Bijkerk (1988) is de tolerantie voor permanente sedimentatie bepaald van zeven algemeen voorkomende macrobenthos-soorten (strandgaper *Mya arenaria*, slangpier *Capitella capitata*, wapenworm *Scoloplos armiger*, kokkel *Cerastoderme edule*, nonnetje *Macoma balthica*, wadpier *Arenicola marina*, zandzager *Nereis* sp.). Deze tolerantie lag voor permanente sedimentatie met fijn zand tussen de 1,67 mm/dag (*Mya*, *Capitella*) en 5,67 mm/dag (*Macoma*, *Arenicola*, *Nereis*). De organismen waren gevoeliger voor sedimentatie met slib. Deze tolerantie varieerde tussen de 0,33 mm/dag (*Mya*) en 11,67 mm/dag (*Nereis* sp.). Rozemeijer & Smith (2017) bevestigen de resultaten van Bijkerk (1988) over de sedimentatie tolerantie van de macrobenthos-soorten. Ook worden in deze literatuurstudie meerdere soorten macrobenthos uitgelicht, waaronder tweekleppige maar bijvoorbeeld ook verschillende zeestersoorten, die soortgelijke (hoge) toleranties voor sedimentatie hebben.

Sedimentatie op zee en in het Veerse Meer wordt apart afgebakend, respectievelijk in paragraaf 2.3.1 en 2.3.2.

### 2.3.1 Op zee

De maximale sedimentatiesnelheid en sliblaagdikte door sedimentatie is voor de activiteit modelmatig berekend (Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie). Er worden verder dezelfde uitgangspunten en deelgebieden langs het kabeltracé gehanteerd als bij vertroebeling, zie paragraaf 2.2.

Figuur 2-3 geeft het gebied weer waar sedimentatie van meer dan 0,33 mm/dag optreedt tijdens de werkzaamheden. Dit is de maximale sedimentatiesnelheid die de gevoeligste soort (*Mya arenaria*) nog tolereert (Bijkerk, 1988) en dus plaats kan vinden voordat effecten optreden op individuen. In Figuur 2-3 is te zien dat de sedimentatiesnelheden boven de 0,33 mm/dag met name in het gedeelte vanaf 20 km uit de kust worden bereikt en maximaal circa 1,5 km van het tracé af. Dichter bij de kust ligt de sedimentatiesnelheid rond het kabeltracé tussen de 0 en 0,2 mm/dag (niet weergegeven in Figuur 2-3). Langs het gehele kabeltracé komt de sedimentatiesnelheid niet boven de 1,0 mm/dag. Tijdens de gebruiksfase treedt er tijdens regulier gebruik geen sedimentatie op.

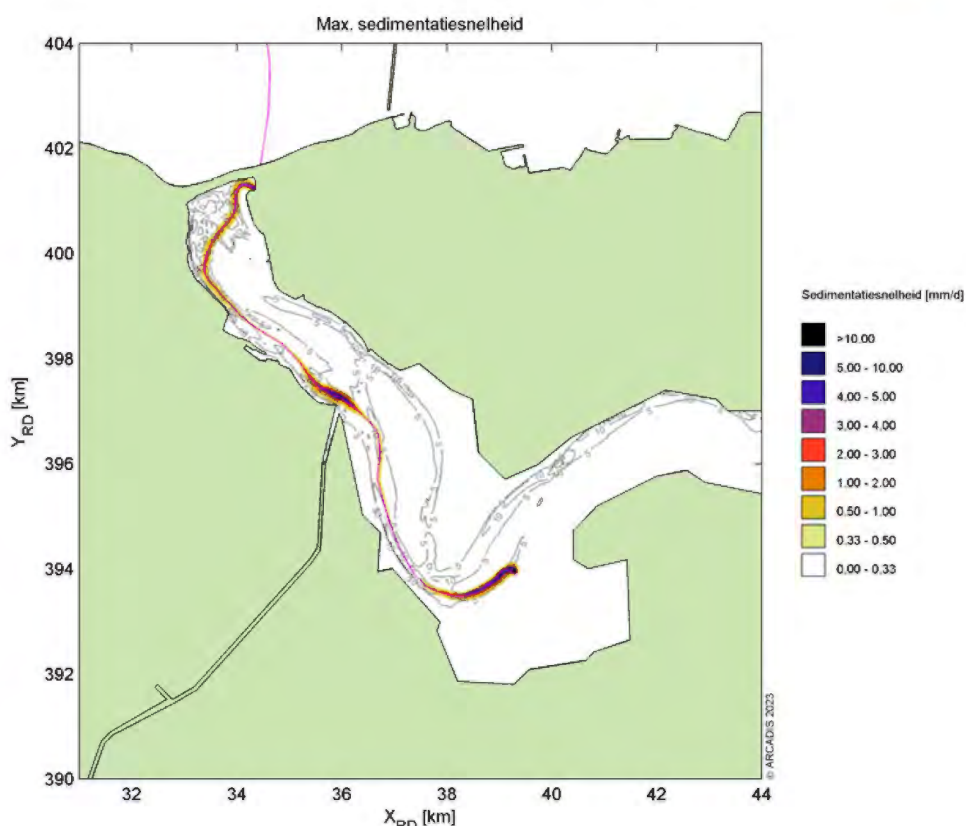


Figuur 2-3 Het areaal waar sedimentatie van boven de 0,33 mg/dag optreedt door de voorgenoemde werkzaamheden van de aanleg van een (2x2)-kabelconfiguratie.

### 2.3.2 Veerse Meer

In paragraaf 2.2.1 is toegelicht dat kabelaanleg in het Veerse Meer uitsluitend wordt uitgevoerd middels jet trenchen. De maximale sedimentatiesnelheid is voor deze activiteit modelmatig berekend (Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie). Hierbij worden dezelfde uitgangspunten gehanteerd als bij het model voor vertroebeling in het Veerse Meer (zie paragraaf 2.2.2.)

De resultaten van het model zijn weergegeven in Figuur 2-4. Het laat zien dat sedimentatie van >0,33 mm/dag reikt tot maximaal 150 meter aan weerszijde van het tracé. Deze maximale reikwijdte treedt op rond de (3) locaties waar hogere slibfracties in de bodem zitten. Op de overige delen van het tracé reikt sedimentatie tot hooguit enkele tientallen meters van het tracé. In totaal gaat het om circa 130 hectare waarbinnen sedimentatie optreedt. De maximale sedimentatiesnelheid betreft circa 10 mm/dag lokaal op de meest slibrijke delen van het tracé. Hierbuiten is de maximale sedimentatiesnelheid circa 3 mm/dag.



Figuur 2-4 Het gebied waar sedimentatie van >0,33 mg/dag optreedt door het jet trenchen in het Veerse Meer.

## 2.4 Verstoring als gevolg van continu onderwatergeluid

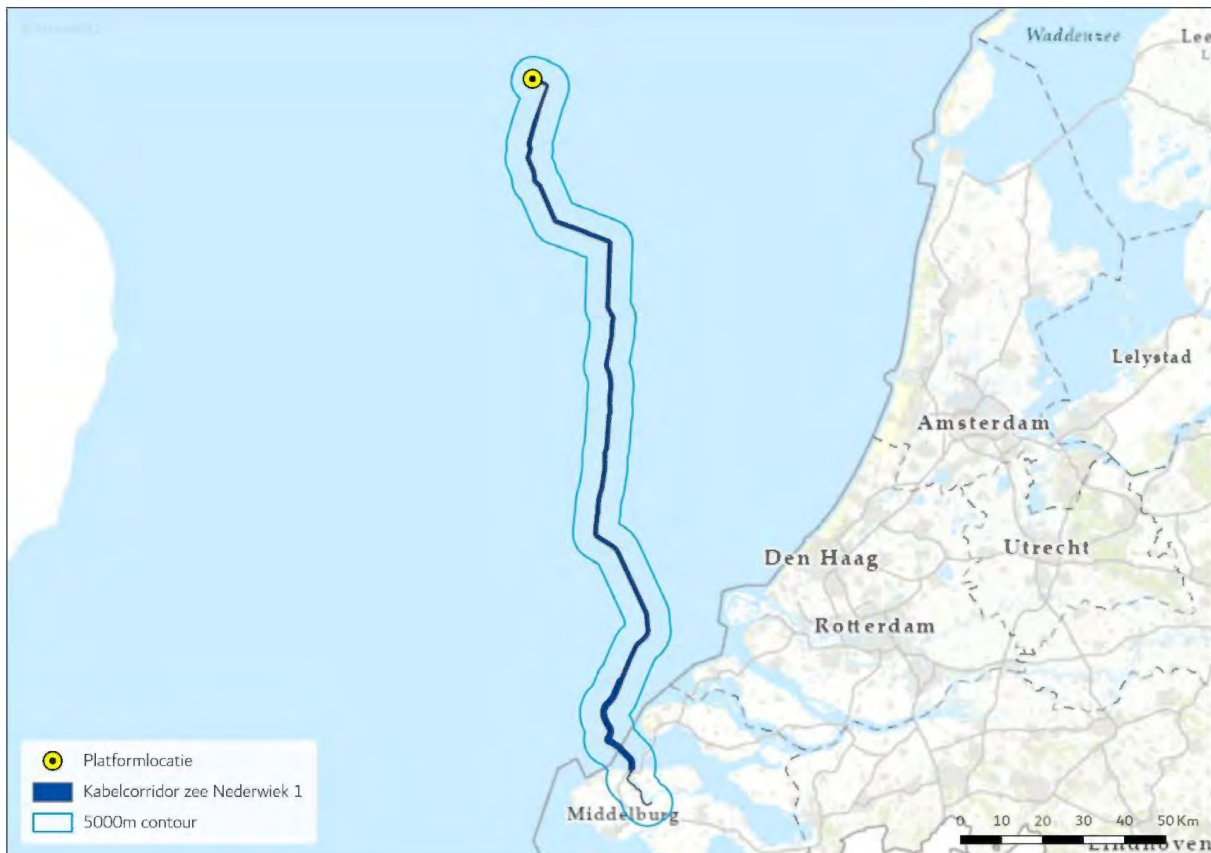
Bij het varen tijdens de aanlegfase treedt er verstoring in de vorm van continu onderwatergeluid op door cavitatie van de schroefbladen van de schepen. Cavitatie is de vorming van bellen gevuld met waterdamp aan de voorkant bij de schroefbladen, die vervolgens imploderen. Daarnaast genereren scheepsmotoren en andere werktuigen aan boord ook trillingen die door de romp van het schip aan het water worden doorgegeven. Ten slotte kan het gebruik van de jet trencher ook voor onderwatergeluid zorgen. Dit type geluid wordt continu onderwatergeluid genoemd. Deze vorm van verstoring is tijdelijk van aard en treedt alleen op tijdens de uitvoering van de werkzaamheden ter plaatse van de schepen.

Voor de bepaling van de reikwijdte van continue onderwaterverstoring is uitgegaan van de maximale effectafstanden voor zeehonden en bruinvissen. Hierbij is uitgegaan van de analyse van Verboom die als bijlage VIII is opgenomen in de 'Ronde 2' Passende Beoordeling voor Wind op zee uit 2009 (Arends et al., 2009). Op basis van meetgegevens van een zestal koopvaardijsschepen van 100 meter, die met een snelheid van 13 – 16 mijl per uur op diep water varen, zijn maximale verstoringsafstanden van 4.800 meter voor zeehonden en 2.800 meter voor bruinvissen gevonden. Onderwatergeluid reikt verder naarmate het water dieper is. De in deze toetsing gehanteerde verstoringsafstand van 5 kilometer is worst-case.

In Figuur 2-5 is de maximale reikwijdte van het effect van onderwatergeluid weergegeven als gevolg van de realisatie van de zee kabels en het platform, op basis van de verstoringscontour van 5 kilometer. In de aanleg en in de gebruiksfase varen (kleinere) schepen ook vanaf de dichtstbijzijnde



vaarroutes naar het platform. Dit zijn relatief kleine routes ten opzichte van de route in de aanlegfase, de daarbij optredende verstoringen zijn daarom niet hoger dan de verstoring rondom de aanleg. De verstoring tijdens de aanleg wordt daarom als worst-case gehanteerd.



Figuur 2-5 Gebied met onderwaterverstoring ten opzichte van het projectgebied.

## 2.5 Verstoring als gevolg van impuls onderwatergeluid

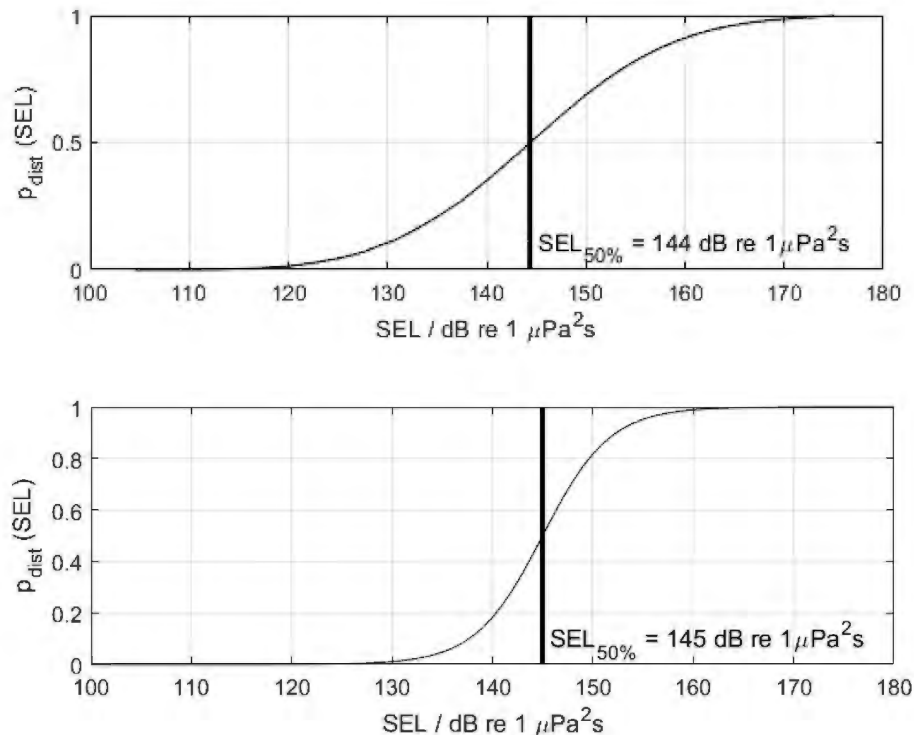
Door heideactiviteiten voor de aanleg van het platform treedt er impuls onderwatergeluid op. Tijdens de gebruiksfase treedt er geen impuls onderwatergeluid op. Onderwatergeluid in de vorm van impuls onderwatergeluid kan een effect hebben op in het water levende vissen en zeezoogdieren in de vorm van stress, vluchtgedrag en/of tijdelijke (ook wel: TTS - Temporary Threshold Shift) of permanente (ook wel: PTS - Permanent Threshold Shift) gehoordrempelverschuiving, afhankelijk van de geluidsterkte.

In het Kader Ecologie en Cumulatie (KEC) 4.0 (Heinis et al., 2022) wordt de impact van impuls onderwatergeluid veroorzaakt door het heien en de geofysische surveys bij de uitrol van alle windparken op zee op bruinvissen en zeehonden berekend en beoordeeld. Uitgangspunt bij de aanleg van windparken op zee is dat de bruinvis- en zeehondpopulaties in de Noordzee niet meer dan 5% (met 95% zekerheid) mogen afnemen. Het gebruik van het KEC is aan het einde van onderhavige paragraaf (2.5) toegelicht in een tekstkader. Hierin wordt o.a. uitgelegd dat het KEC op zichzelf geen toetsingskader is, maar de methodiek in het KEC wel de huidige best practice is.

Voor de verstoringberekeningen gebruikt het KEC het Aquarius-model en het Interim PCoD model. Aan beide modellen worden per actualisatie van het KEC aanpassingen gedaan gebaseerd op de

laatste inzichten uitgaande van realistische worst-case aannamen. Voor deze berekeningen is het verstoorde areaal van groot belang. Het verstoorde areaal is afhankelijk van de reikwijdte van het impulsgeluid en de gevoeligheid van bruinvissen en zeehonden. Daarnaast is de frequentie van het impuls onderwatergeluid van belang.

Volgens de methodiek gebruikt voor het KEC 4.0 wordt aangenomen dat bruinvissen en zeehonden verstoring varieert per individu wanneer ze blootgesteld worden aan heigeluid. Dit is afhankelijk van de context waarin de dieren aan het geluid worden blootgesteld. Hiervoor is gekozen om in het KEC 4.0 dosis-respons relaties te gebruiken in plaats van absolute drempelwaarden. Deze dosis-respons relaties zijn beschreven in Figuur 2-6.



*Figuur 2-6 Relaties tussen geluidsdosis (ongewogen breedband single strike sound exposure level) en kans op het optreden van een gedragsrespons bij bruinvissen (boven) en zeehonden (onder). In het KEC wordt ervan uitgegaan dat de respons van gewone en grijze zeehonden vergelijkbaar is. De verticale lijn en de in de figuren weergegeven SEL<sub>50%</sub>-waarde geven aan bij welke SEL er 50% kans is op het verstoren van dieren. Uit Heinis et al. 2022.*

Er is 50% kans op verstoring van de dieren bij de volgende waarden:

- Zeehond Mpw-gewogen breedband SELss van 145 dB re 1 μPa<sup>2</sup>s;
- Bruinvis ongewogen breedband SELss van 144 dB re 1 μPa<sup>2</sup>s.

Gebaseerd op deze gegevens zijn er minimum- waarden berekend (uitgedrukt in Sound Exposure Level/SEL in Pascal) waarop individuen al verstoring kunnen ondervinden:

- Zeehond Mpw-gewogen breedband SELss van 130 dB re 1 μPa<sup>2</sup>s;
- Bruinvis ongewogen breedband SELss van 120 dB re 1 μPa<sup>2</sup>s.

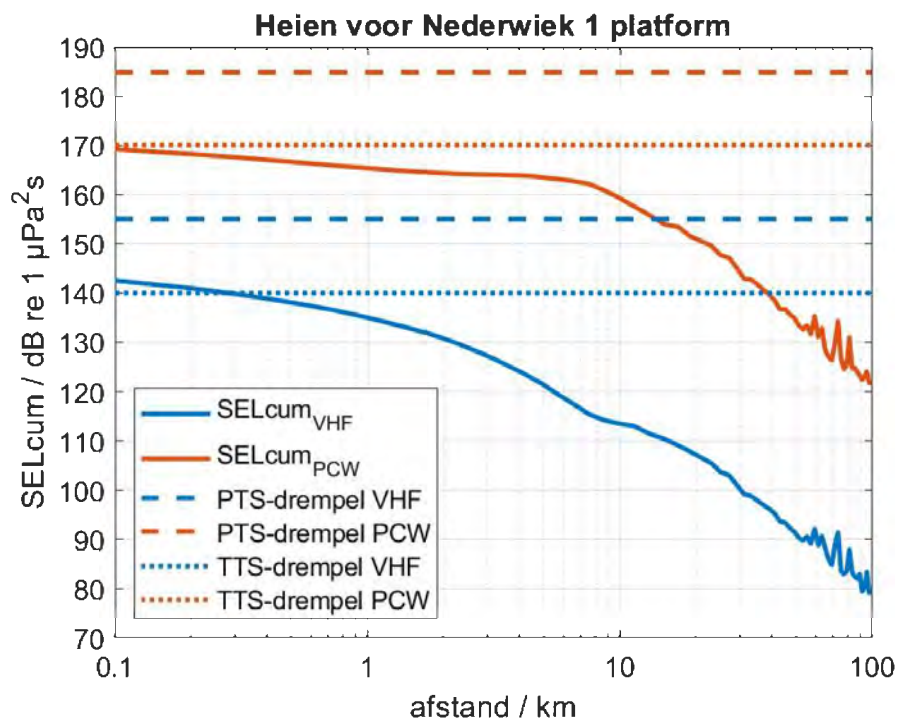
Het KEC gaat uit van een worst-case aanname. In het KEC wordt ervan uitgegaan dat mogelijk stress, vluchtgedrag, TTS en PTS kunnen optreden door impuls onderwatergeluid. De drempelwaarden van TTS en PTS worden aan de hand van de gehoorgevoeligheid van zeedieren (frequentie) in combinatie

met geluidsterkte (dB) en frequentie van het heigeluid berekend. Aan de hand van de resultaten van (Heinis et al., 2022; Southall et al., 2019), kan er van worst-case drempelwaardes worden uitgegaan.

De volgende drempelwaardes kunnen worden aangenomen (uitgedrukt in Sound Exposure Level/SEL in Pascal):

- TTS voor bruinvissen geschat op 140 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$  en PTS op 155 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ .
- TTS voor zeehonden geschat op 170 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$  en PTS op 185 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ .

Voor zeehonden liggen de bovengenoemde drempelwaardes voor TTS en PTS boven de genoemde waardes voor verstoring in het KEC. Zodoende dekt het KEC 4.0 TTS en PTS in zeehonden volledig. Voor bruinvissen liggen de drempelwaardes voor TTS en PTS lager dan bij zeehonden. Volgens de TNO berekening is er een kleine kans op het optreden van TTS bij dieren die zich bij aanvang van het heien op minder dan 300 meter van de heipaal bevinden. De kans op PTS is echter verwaarloosbaar klein wanneer er wordt uitgegaan dat bruinvissen weg zwemmen van het heigeluid (Figuur 2-7). Grenswaarde uit het KEC 4.0 zullen de maatstaf zijn voor de toetsing in deze toets.

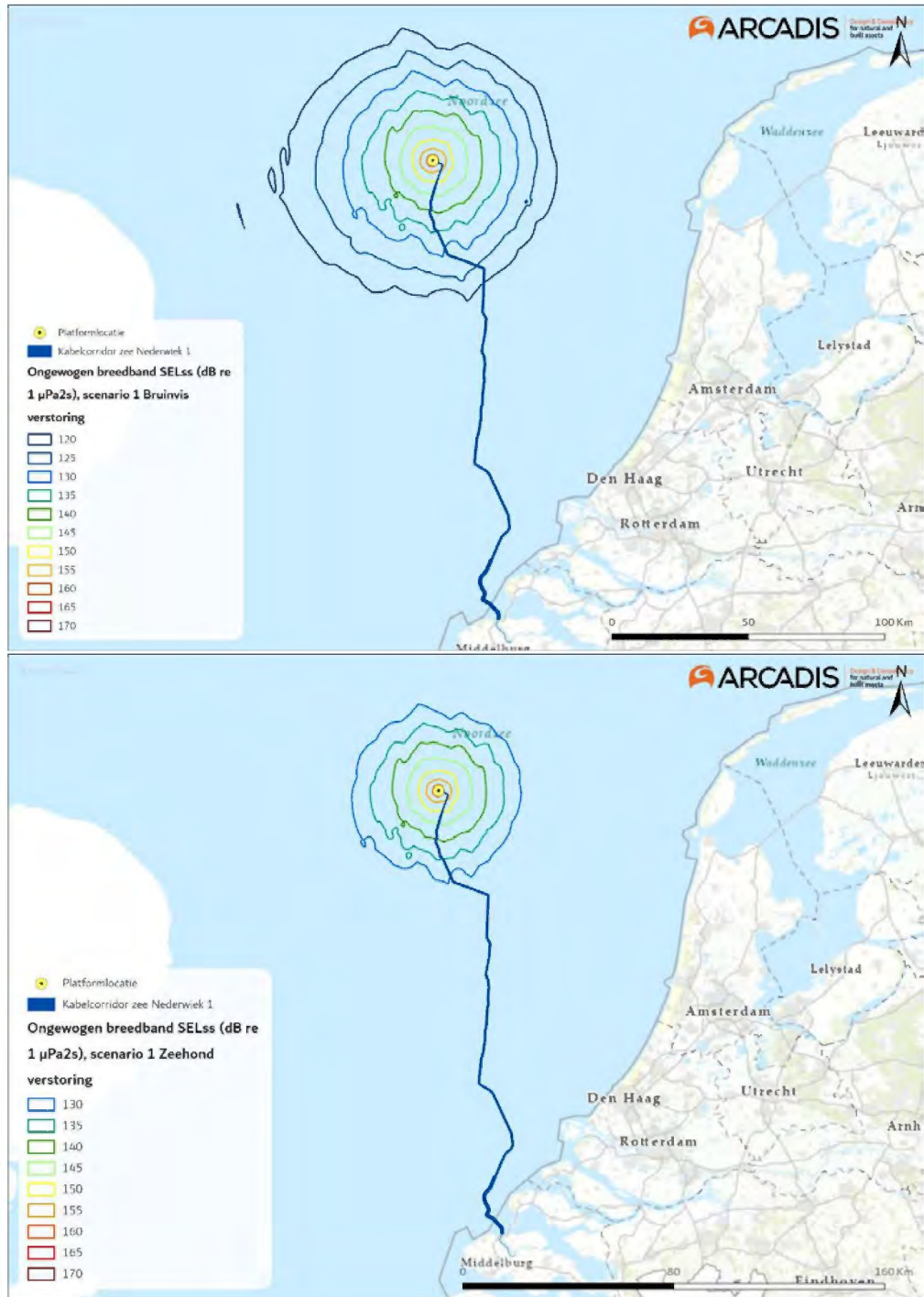


*Figuur 2-7 Berekende verdeling van de maximale gewogen SEL<sub>CUM</sub> over de waterdiepte, als functie van de afstand tot de paal waarop het dier (VHF = bruinvis en PCW = zeehond) zich bij aanvang van het heien bevindt. De horizontale lijnen geven aan boven welke drempelwaarde van de SEL<sub>CUM</sub> blootstelling de dieren risico lopen op PTS (streeplijn) of TTS (stippellijn), volgens (Southall et al, 2019), (TNO, 2022).*

### Heien platform

Uit modelberekeningen voor het platform van Net op zee Nederwiek 1 (TNO, 2022) blijkt dat de maximale sterkte van het heigeluid 167 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$  is op 750 meter zonder mitigatie. De berekeningen laten ook de totale oppervlakte zien waar verstoring als gevolg van heien kan optreden en waarvoor verondersteld wordt dat bruinvissen en zeehonden voor het heigeluid zullen vluchten. Dit is aan de hand van het worst-case scenario, berekend op basis van de samenstelling

van de sterkte en grootte van de heihamer. Het verstoringsoppervlak voor zeehonden is 665 km<sup>2</sup> en voor bruinvissen 1.313 km<sup>2</sup> (Figuur 2-8).



Figuur 2-8 Reikwijdte van onderwaterverstoring als gevolg van impuls onderwatergeluid voor het heien van de fundering van het platform Net op zee Nedervek 1, voor bruinvissen (boven) en zeehonden (onder).

### Gebruik van het KEC 4.0 voor Net op zee Nederwiek 1

Om het effect van impuls onderwatergeluid van alle wind op zee parken en de platforms van de netten op zee, waaronder Net op zee Nederwiek 1, op zeezoogdieren zoals bruinvissen en zeehonden te onderzoeken is er een Kader Ecologie en Cumulatie (KEC) opgesteld. Dit kader is geen wetgeving én geen toetsingskader. Het KEC is echter de best onderbouwde methode beschikbaar die inzicht biedt in de cumulatieve impact van impuls onderwatergeluid op zeezoogdieren. Deze data geven daarom een goede blik op de reikwijdte en mogelijke effecten op mariene soorten (zie paragraaf 2.5).

Aan de hand van een model wordt in het KEC berekend wat het effect is van werkzaamheden zoals het heien van de palen van een platform en funderingen voor windturbines, waarbij impuls onderwatergeluid vrijkomt. Voor deze berekeningen worden in het KEC 4.0 een aantal generieke uitgangspunten genomen, namelijk:

- Maximale hei-energie van 2.000 kJ
- Geluidsnorm van 160 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$  op 750 m
- 6 palen met een diameter van 3 meter worden er per platform geheid, waarbij 2 palen per dag geheid kunnen worden
- Bruinvisdichtheid van 1.0 individuen per  $\text{km}^2$

Doordat het KEC gemaakt is voor de cumulatie van parken zijn de berekeningen in het KEC 4.0 op individueel niveau, per windpark, minder gedetailleerd. Als de uitgangspunten voor een individueel park, voor Net op zee Nederwiek 1 zijn deze beschreven in paragraaf 3.2.5, afwijken van de gebruikte uitgangspunten in het KEC 4.0 zal dit voor de gecumuleerde berekeningen in het KEC geen zichtbaar effect hebben. Bruinvis- en zeehondpopulaties zullen hierdoor niet meer onder druk komen te staan. Desondanks kan het verschil in uitgangspunten op individueel niveau voor een bruinvis of zeehond wel een effect hebben. De uitgangspunten voor het platform van Net op zee Nederwiek 1 verschillen dusdanig van de uitgangspunten in het KEC 4.0, zie paragraaf 3.2.5, dat er een nieuwe berekening is uitgevoerd door TNO.

In paragraaf 3.2.5 wordt de impact en het effect van de nieuwe berekening beschreven. Verder worden de effecten en impact vergeleken met de berekende impact en bruinvisverstoringdagen in het KEC 4.0, ondanks dat het KEC minder nuttig is voor individuele parken. Dit wordt gedaan omdat:

- Het KEC 4.0 is opgesteld om het effect van impuls onderwatergeluid op zeezoogdieren en andere soorten te onderzoeken, specifiek voor de uitrol van de Wind op zee projecten waar dit project onderdeel van is;
- Het KEC 4.0 heeft als enige bron berekeningen per windpark op de Nederlandse Noordzee;
- Het KEC 4.0 een goed overzicht biedt van de meest recent beschikbare data en inzichten op het gebied van impulsgeluid en effect op mariene soorten;
- Met de methodiek uit het KEC nagegaan kan worden of er een overschrijding van het aantal bruinvisverstoringdagen plaatsvindt voor het project Net op zee Nederwiek 1, ten opzichte van de verstoring die is berekend in het KEC 4.0. Wanneer er een overschrijding is van het aantal bruinvisverstoringdagen kan dit worden doorvertaald in nieuwe berekeningen waarbij middels de methodiek uit het KEC kan worden berekend of er meer of minder dan 5% (met 95% zekerheid) populatiereductie optreedt.

Kortom, door de methodiek van het KEC te gebruiken kunnen wij relatief eenvoudig én volgens de meest recente inzichten bepalen of dit project wel of niet binnen de door de Nederlandse overheid gestelde beleidsgrenzen (maximaal 5 % populatiereductie) blijft.

## 2.6 Bovenwaterverstoring op zee

### 2.6.1 Geluid en visuele storing

De inzet van diverse schepen en een helikopter tijdens de aanlegfase van de kabel en het platform kan leiden tot verstoring als gevolg van bovenwatergeluid en tot visuele verstoring. Deze verstoring kan leiden tot stress en/of vluchtgedrag van dieren. Dit kan vervolgens leiden tot verhoogde alertheid, het mijden van gebieden, en in potentie tot afname van de reproductie, verminderde voedselopname en uiteindelijk verzwakking van de populatie. Voor deze toets wordt vooral gekeken naar de aanlegfase, aangezien dit het worst-case scenario is.

Bovenwaterverstoring kan een potentieel effect hebben op langs de kust broedende vogels, op hoogwatervluchtplaatsen rustende vogels, op open water foeragerende, rustende en ruiende vogels en op droogvallende platen foeragerende vogels. Zeehonden kunnen verstoord worden wanneer zij gebruik maken van de droogvallende platen voor rusten, werpen, zogen of verhareen.

In open gebieden is het soms moeilijk te onderscheiden of de verstoring wordt veroorzaakt door visuele verstoring, geluid en/of licht omdat de verstorende factoren over het algemeen tegelijkertijd aanwezig zijn. Hier is sprake van tijdens de aanlegfase, omdat deze factoren tegelijk aanwezig zijn is de meest verstorende factor leidend. Tijdens de gebruiksfase is licht een verstoringsbron op zichzelf en daarom wordt licht apart behandeld, dit wordt verder uitgelegd in paragraaf 2.6.2. Voor het bepalen van effecten op de verstoringsgevoelige soorten is in deze rapportage gebruik gemaakt van in de literatuur vastgestelde verstoringsafstanden. Deze worden in onderstaande alinea's verder beschreven. Hierbij wordt er uitgegaan van een worst-case scenario. Naast gebruik van verstoringsafstanden zijn ook andere aspecten zoals de verstoringsduur, de verstoringsfrequentie, de periode en de locatie van belang in de bepaling van effecten (Krijgsveld et al., 2022). Per soort(groep) is de verstoring die de grootste ruimtelijke reikwijdte heeft maatgevend voor de optredende verstoring.

In Krijgsveld et al. (2022) is de verstoringsgevoeligheid van tal van vogelsoorten voor recreatie besproken. Omdat recreatievormen (pleziervaart, watersport etc.) doorgaans een sneller, lawaaiiger en onvoorspelbaarder karakter hebben dan activiteiten ten behoeve van aanlegwerkzaamheden, hebben deze een grotere impact (Krijgsveld et al., 2022). De hierna genoemde verstoringsafstanden vormen zodoende een worst-case scenario. Voor kustbroedvogels en veel (algemene) soorten die in de kustzone foerageren worden verstoringsafstanden beschreven van 100 tot 500 meter. Dit zijn soorten zoals bontbekplevier, aalscholver, drieteenstrandloper en grote stern. Vogels die foerageren en rusten op groot open water en rustende vogels op hoogwatervluchtplaatsen zijn meestal verstoringsgevoeliger, voor veel van deze soorten zijn verstoringsafstanden gerapporteerd van 1.000 tot 2.000 meter. De soorten die aan de hoge zijde van deze range zitten, à 2.000 meter, zijn roodkeelduiker, parelduiker, zwarte zee-eend, wulp en rosse grutto. Deze soorten vertonen vaak ook een trage terugkeertijd na verstoring. Het 1.000 meter verstoringscontour geldt ook voor meerdere vogelsoorten die ruien op groot open water, zoals eidereend, zeekoet en de met zeekoet zeer vergelijkbare alk (Krijgsveld et al., 2022). Dit komt met name omdat vogels in de rui minder goed of geheel niet weg kunnen vliegen. In het ernstigste geval kunnen de vogels hun rui niet afmaken en wordt hun vliegcapaciteit verstoord. Bij verstoring van foeragerende vogels kunnen bovendien voedseltekorten ontstaan, met name in of net voor gevoelige periodes (zoals rui- of broed- of winterseizoen). Dit kan leiden tot een verlaagd voortplantingssucces en in ernstige gevallen tot de dood.

Helikopters kunnen vogels tot op circa 1.400 meter afstand verstoren, bij een vlieghoogte (van de helikopter) tussen de 35 en 140 meter (Blankendaal et al., 2012). Aangezien de helikopters alleen op deze hoogte vliegen bij landen en opstijgen valt dit binnen de reeds gehanteerde worst-case verstoring rondom het platform. Aangezien de helikopters nooit dicht naar het wateroppervlak gaan dan platformhoogte, zijn aanvaringen tussen watervogels en de helikopterwieken zeer onwaarschijnlijk en kunnen negatieve effecten op populatieniveau op voorhand worden uitgesloten. Dit wordt niet verder meegenomen in de effectbeoordeling.

De maximale verstoringsafstand van rustende zeehonden die bekend is uit de literatuur bedraagt 1.200 meter (Bouma et al., 2010). Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen grijze en gewone zeehonden, de reactie is vergelijkbaar. Het betreft hier een afstand waarop rustende zeehonden verstoord kunnen worden door recreatieve motorboten. De verstoringsafstand van een baggerschip is minder groot ten opzichte van motorboten, omdat deze verstoringsbron voorspelbaar is en zich traag verplaatst (Krijgsveld et al., 2008). Ook uit recentere onderzoeken van (Bouma et al., 2012; Didderen & Bouma, 2012) blijkt de verstoringsafstand van baggerschepen doorgaans minder dan 1.200 meter. Gewenning aan een verstoringsbron speelt hierbij een belangrijke rol. Er wordt in deze rapportage een worst-case reikwijdte van 1.200 meter gehanteerd voor bovenwaterverstoring van op droogvallende platen aanwezige zeehonden.

De maximale reikwijdte van bovenwaterverstoring langs het tracé (2.000 meter) is weergegeven in Figuur 2-9. Voor werkzaamheden in het Veerse Meer is de verstoring van 2 km worst-case voor de delen op het water. Op land zal de verstoring kleiner zijn doordat delen afgeschermd worden door dijken en begroeiingen op land. In de aanleg- en gebruiksfase varen (kleinere) schepen ook vanaf de dichtstbijzijnde vaarroutes naar het platform. Tijdens de surveyfase volgen (kleinere) schepen de kabelroute. Dit zijn relatief kleine verstoringsmomenten ten opzichte van de totale verstoring in de gehele aanlegfase. De verstoring tijdens de aanlegfase wordt daarom als maatgevende worst-case periode gehanteerd.



Figuur 2-9 Bovenwaterver storing ten opzichte van het tracé op zee (boven) en het Veerse Meer (onder).



## 2.6.2 Verstoring door licht

Op zee kan licht zorgen voor verstoring. Zowel tijdens de aanleg als tijdens de gebruiksfase is er sprake van lichtverstoring op zee van het platform en de scheepvaart. Lichtverstoring heeft in potentie effect op de tijd en locatie waarneming van vleermuizen en (trek-)vogels en kan zo mogelijk het bioritme van vleermuizen en vogels op zee verstoren. Veranderingen in de verhoudingen tussen licht en donker kunnen trek-, broed- en foeragegedrag beïnvloeden. Daarnaast kan afstoting, of juist aantrekking plaatsvinden (Longcore & Rich, 2004). Extra verlichting 's nachts kan bij dag-actieve vogels voor een verkorting van de levensduur zorgen als gevolg van een slechtere conditie, verminderd functioneren, grotere predatiekans en een lager voortplantingssucces (Engelmoer & Altenburg, 1999). Of dit ook een effect heeft op de populatie hangt af van de specifieke situatie (de duur, wat wordt verlicht, met welke intensiteit en wanneer et cetera).

Wat betreft de effecten van licht wordt onderscheid gemaakt tussen effecten als gevolg van de verlichtingssterkte (de mate waarin een gebied minder donker wordt) en als gevolg van de zichtbaarheid van het licht (lichtsterkte). De afstand waarop een lichtbron gezien wordt, is vele malen groter dan de afstand waarop een lichtbron nog bijdraagt aan de mate van verlichting van een gebied. Vooral de verlichtingssterkte is relevant, omdat deze kan leiden tot fysiologische en gedragsveranderingen bij beschermde dieren. Voor de verlichtingssterkte geldt dat negatieve effecten op vogels niet uitgesloten kunnen worden boven een drempelwaarde van 0,1 lux (Molenaar, 2003; Molenaar et al., 2000). Voor de watervleermuis wordt een drempelwaarde van 1,1 lux gesteld (BIJ12, 2017a, p. 12), waar de Zoogdierverseniging 0,5 lux als drempelwaarde voor de Myotis-groep hanteert en 3 lux voor de gewone dwergvleermuizen (Reimerink et al., 2017). Met de bovengenoemde drempelwaardes wordt in het verlichtingsplan<sup>1</sup> uitgegaan van een maximale verlichtingssterkte van 0,1 lux vanaf 150 meter van de verlichtingsbron, waarmee negatieve effecten buiten 150 meter kunnen worden uitgesloten.

Over het algemeen is de reikwijdte van de lichtbelasting minder groot dan die van verstoringen die optreden door geluid of visuele verstoringen. Er is voor de lichtbelasting van de schepen en het platform daarom geen berekening uitgevoerd. Op basis van expert judgement (uit gegevens van vergelijkbare werkzaamheden) wordt de aanname gedaan dat de 0,1 lux-grens van bouwverlichting tijdens werkzaamheden niet verder zal reiken dan 150 meter vanaf de grens van de werkzaamheden. Met deze reikwijdte vallen de effecten van licht tijdens de aanleg binnen de grenswaarden van geluid of visuele verstoring (500-2.000 meter). Verstoring als gevolg van licht is daarmee niet relevant als autonome verstoring, met name omdat geluid, licht en visuele verstoring vaak gelijktijdig optreden in de aanleg. De effecten van navigatieverlichting van de schepen en het platform vallen daarom binnen de verstoringcontouren van geluid en visuele verstoring en worden in die paragraaf meegenomen in de toetsing.

In de gebruiksfase zal licht wel een op zichzelf staande bron van verstoring zijn. Als er geen bemanning op het platform is, wordt er op het platform alleen navigatieverlichting gevoerd. Dit is gedurende de gebruiksfase het grootste deel van de tijd. De verlichting van het platform kan 's nachts verstorend werken voor vleermuizen. Vleermuizen zijn nachtdieren en hebben vooral last van wit licht en wit licht met een groene tint. Licht kan migratieroutes van vleermuizen verstoren. Kunstmatige lichtbronnen kunnen ook de kompasoriëntatie van (trek-) vogels verstoren. Vooral het langgolvlige (rode) deel van het spectrum heeft invloed op de oriëntatie zodat vogels (met de wijzers

---

<sup>1</sup> Het verlichtingsplan is een opzichzelfstaand product, dat voldoet aan de ecologische eisen, dat voorgelegd zal worden aan het Bevoegd Gezag

van de klok mee) blijven cirkelen om een lichtbron. De kans dat een vogel tijdens de trek met een platform 'in aanraking' komt is sterk afhankelijk van de reikwijdte van de verlichting.

Voor het platform en het benodigde scheepvaartverkeer wordt een verlichtingsplan op maat gemaakt welke zowel de gebruiks- als aanlegfase omvat.

In het verlichtingsplan wordt opgenomen dat de verlichtingssterkte vanaf 150 meter van de verlichtingsbron onder 0,1 lux blijft en werk- en platformverlichting zodanig wordt opgesteld en ingericht dat uitstraling van licht naar de omgeving (boven en buiten het platform) zoveel mogelijk wordt voorkomen. Verdere randvoorwaarden van het verlichtingsplan zijn nader toegelicht in Deel A paragraaf 2.2.9. Uit eerdere verlichtingsplannen (bijvoorbeeld Net op zee Borssele) blijkt dat de buitenverlichting bij werkzaamheden op een platform 200 lux is, naar beneden afgeschermd. 200 lux is na 45 meter al uitgedoofd naar 0,1 lux. Aangezien alle verlichting volgens het verlichtingsplan wordt opgesteld zijn effecten op fauna gevoelig voor verlichtingsverstoring, zoals trekvogels en vleermuizen, buiten 150 meter uitgesloten. De reikwijdte van lichtverstoring valt tijdens de aanlegfase binnen de reikwijdte van geluid, tijdens de gebruiksfase is dit niet altijd het geval aangezien dan niet altijd geluid wordt geproduceerd. Alleen het gebruik van licht in de gebruiksfase wordt daarom behandeld.

## **2.7 Habitataantasting**

### **2.7.1 Habitataantasting op zee**

Bij de aanleg van de kabels wordt de zeebodem ter plaatse beroerd. Bij de platformaanleg wordt de bodem ter plaatse van de platformfundatie en steenbestorting verstoord. Hierdoor kunnen potentieel aanwezige habitattypen worden verstoord en/of aangetast.

Doordat het bodemprofiel varieert (met of zonder zandgolven) langs het kabeltracé zijn op verschillende locaties, verschillende aanlegtechnieken nodig. Voor de aannames betreffende de toepassing van de verschillende aanlegtechnieken over het kabeltracé worden voor habitataantasting dezelfde worst-case uitgangspunten aangehouden als in de modellerstudie voor vertroebeling en sedimentatie (zie Bijlage VII-F Slibmodellerstudie en paragraaf 2.2 en 2.3). Buiten (>10km) de kustzone wordt uitgegaan van pre-sweepen gevolgd door jet trenchen. Binnen de kustzone volstaat jet trenchen.

De breedte van de beroerde zeebodem verschilt per aanlegstrategie (jet trenchen, pre-sweepen en baggeren). Per aanlegstrategie worden worst-case uitgangspunten aangehouden. Er worden twee bundels van 2 kabels gelegd die circa 5 meter van elkaar afliggen. Voor pre-sweepen en baggeren wordt een reikwijdte gehanteerd van 10 meter aan weerszijde van de kabels, met een totale breedte van 25 meter. Jet trenchen beslaat een veel kleiner oppervlak, voor het jet trenchen van een 1x4 kabelbundel is de breedte van de ingreep circa 60 cm. Voor een 2x2 kabel zal dit dus gaan over ongeveer 1.2 meter. Voor deze studie wordt daarom de reikwijdte van pre-sweepen en baggeren aangehouden.

De kabel wordt geplaatst in een onderhoudscorridor. Dit is een ruimtelijke zone waar ingrepen in de bodem niet zonder meer zijn toegestaan om schade aan de kabel te voorkomen. Langs het grootste deel van het tracé is de onderhoudscorridor 1.000 meter breed. Op plaatsen waar netten op zee Nederwiek 1 en 2 parallel liggen is de onderhoudscorridor 1.200 meter breed. De onderhoudszone is

maximaal 1.800 meter breed wanneer Netten op zee Nederwiek 1 en 2 parallel liggen met de Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma. De onderhoudscorridor is slechts een zone, het betreft dus geen fysieke ingreep waarbij sprake kan zijn van relevante negatieve effecten.

De effecten van habitataantasting op zee, die alleen optreden tijdens de aanlegfase en niet in de gebruiksfase, worden verder behandeld in paragraaf 3.2.7.

## 2.7.2 Habitataantasting in het Veerse Meer

In Paragraaf 2.2.1 is toegelicht dat kabelaanleg in het Veerse Meer uitsluitend wordt uitgevoerd middels jet trenchen. Bij jet trenchen wordt de kabel binnen een effectieve breedte van 0,6 meter de grond ingebracht tot minstens -9,5 meter NAP. Over de totale lengte van het tracé in het Veerse Meer (ca. 11,8 km) leidt de activiteit tot een totaaloppervlak van circa 1,42 hectare ( $11.800 * 0,6 * 2$ ) waarbinnen de bodem wordt aangetast in de aanlegfase. In de gebruiksfase vinden geen effecten van habitataantasting plaats, behalve mogelijk incidenteel en zeer lokaal bij kabelonderhoud. De effecten van de aanlegfase worden nader beoordeeld in hoofdstuk 3.2 en 4.3.

In de verdere beoordeling wordt vis niet beoordeeld. Dit heeft twee redenen: Vis is relatief mobiel, waardoor fysieke aantasting door habitataantasting een verwaarloosbare factor vormt. Daarnaast wordt een dermate beperkte hoeveelheid bodemoppervlak (leefgebied) aangetast t.o.v. wat beschikbaar is, dat meetbare ruimtelijke veranderingen in soortensamenstelling of abundantie zijn uitgesloten. Achteruitgang van het kwaliteitselement is zodoende op voorhand uitgesloten.

## 2.8 Elektromagnetische velden

In de gebruiksfase wordt de gelijkstroomkabel (ook wel Direct Current of DC-kabel genoemd) onder spanning gezet. Door de aanwezigheid van elektrische lading ontstaat er een elektrisch veld. Een elektrisch veld ontstaat wanneer er een verschil is in spanning tussen een voorwerp en de omgeving. Elektromagnetische velden (EMV) bestaan uit twee componenten, elektrische en magnetische velden. Het elektrische veld wordt afgeschermd door de mantelbuis, waarbinnen de kabels zijn gelegen, en komt daardoor niet vrij in de directe omgeving van de kabel en zal daardoor geen effect hebben op organismen. Het magnetisch veld wordt echter niet afgeschermd door de mantelbuis en is daardoor waarneembaar in de directe omgeving van de kabel. De effecten van EMV treden niet op tijdens de aanlegfase, aangezien ze ontstaan rondom de gelijkstroomkabels als deze in werking treden.

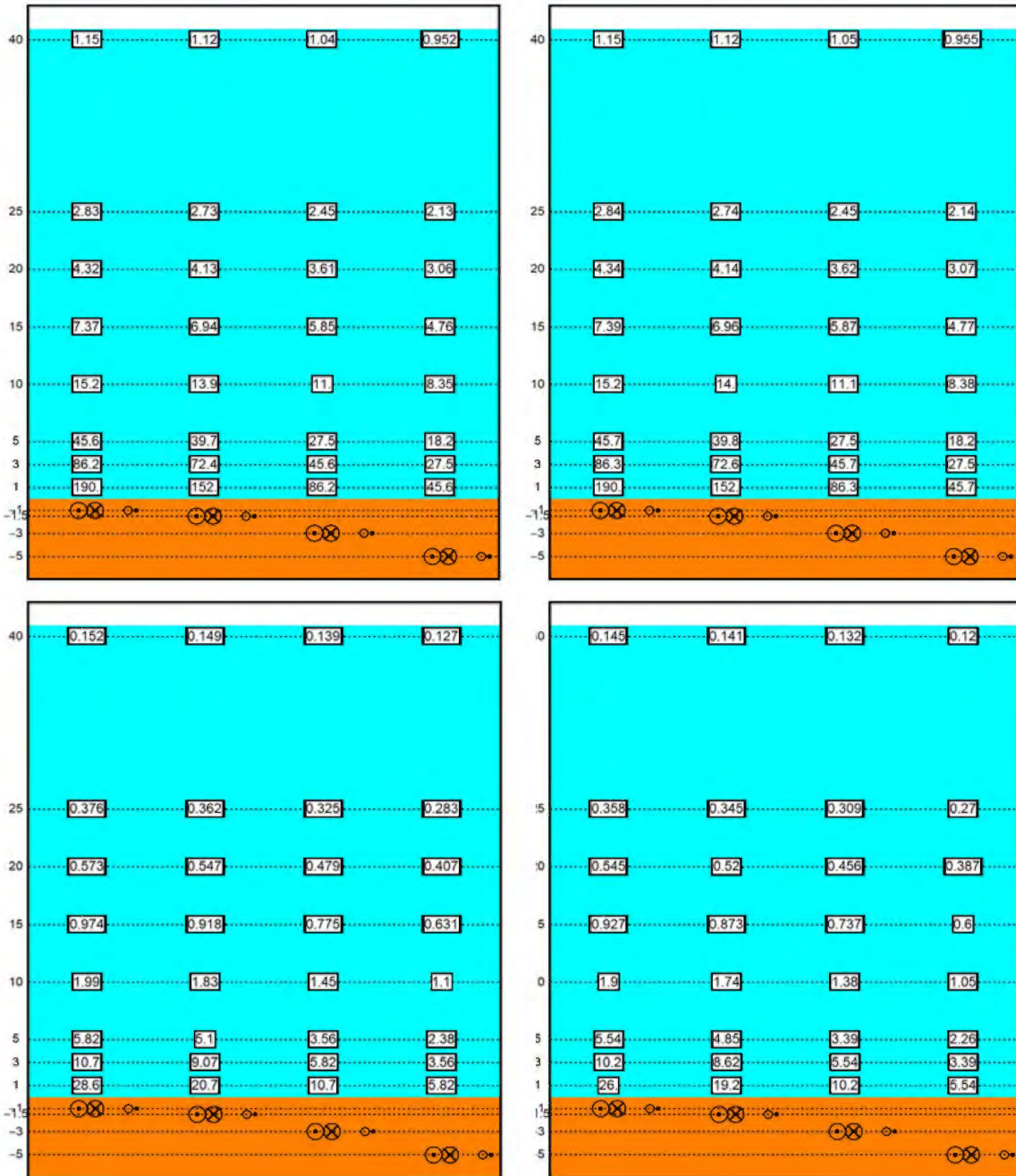
Door het bewegen van een organisme door het magneetveld wordt een elektrisch veld opgewekt, het zogenaamde iE-veld (een geïnduceerd elektrisch veld of opgewekt elektrisch veld. Voor samenhang met Engelstalige literatuur wordt de Engelse afkorting iE-veld ook gebruikt om in het Nederlands opgewekt elektrisch veld te beschrijven. Meer informatie zie (Gill, 2015; Snoek et al., 2016). De stroomkabel produceert dus een magnetisch veld, dat onder bepaalde omstandigheden ook een elektrisch veld opwekt. Verdere informatie hierover is te vinden in Bijlage VII-D Effecten van EMV op zee. Uit Bijlage VII-D blijkt dat bepaalde diersoorten effecten kunnen ondervinden van elektromagnetische velden. Dit effect wordt daarom onderzocht. In de volgende paragraaf wordt de reikwijdte van het (elektro)magnetische veld bepaald voor de kabels van Net op zee Nederwiek 1.

### 2.8.1 Elektromagnetische velden op zee en het Veerse Meer

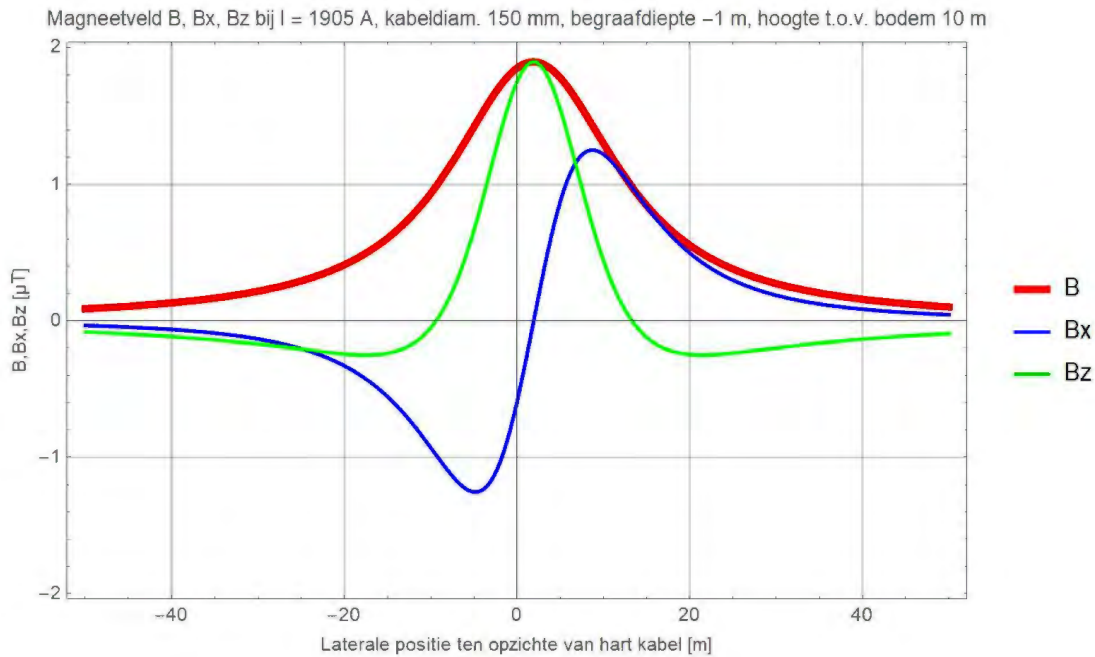
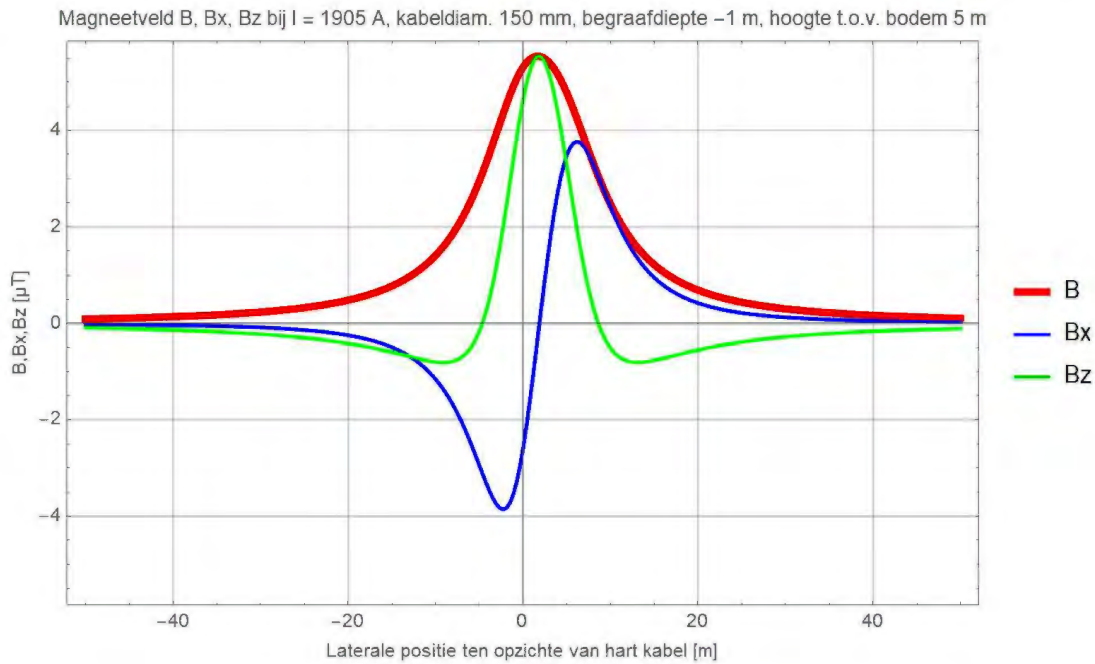
Het EMV op zee is alleen aanwezig tijdens de gebruiksfase en niet tijdens de aanlegfase. In Figuur 2-10 is de worst-case magneetveldzone in microtesla ( $\mu\text{T}$ ) rondom de kabels in de waterkolom weergegeven. Het magnetische veld reikt door de gehele waterkolom boven de kabels en neemt naar boven toe af in sterkte. Horizontaal neemt de sterkte van het elektromagnetische veld van de kabel op dezelfde manier af, zie Figuur 2-10. Het magneetveld reikt bij een begraafdiepte van 1 meter horizontaal tot circa 40 meter en verticaal tot het wateroppervlak in de waterkolom. Doorgaans is de sterkte van het elektromagnetisch veld in de gebruiksfase  $0,145 \mu\text{T}$  (in het geval van een kabeldikte van 150 mm) en  $0,152 \mu\text{T}$  (in het geval van een kabeldikte van 185 mm) aan het wateroppervlak (uitgaande van gemiddeld waterdiepte Nederlands Continentaal Plat (NCP)) In de kustzone en in het Veerse Meer wordt de kabel minimaal 3 meter diep begraven. Als worst-case wordt een kabel van 185 mm aangehouden.

In Figuur 2-10 is ook de elektromagnetische veldzone in  $\mu\text{T}$  rondom de kabels in de waterkolom weergegeven tijdens storing/onderhoud. In de onderhoudsperiodes tijdens de gebruiksfase wordt de functie van de +/--polen overgenomen door de Metallic Return. Hierdoor kan (worst-case) voor een duur van maximaal twee maanden de gemiddelde output van de kabels 6 (bodem) tot 8 keer (40 meter boven kabel) hoger liggen dan normaal (van Essen, 2021a). Het elektromagnetisch veld zal in die gevallen rond de 40 meter boven de kabel een sterkte hebben van  $1,15 \mu\text{T}$  in het geval van beide kabeldiktes. Deze hogere waarden betreffen piekwaarden die bij storing en onderhoud kunnen optreden. Storing komt naar waarschijnlijkheid niet vaak voor. Naar verwachting maximaal in totaal zes maanden (drie keer over twee maanden) verspreid over een periode van 40 jaar. Normale waarden 40 meter boven de kabel en bij een kabeldikte van 150 mm zijn rond de  $0,034 \mu\text{T}$  en waarden bij een kabeldikte van 185 mm zijn rond de  $0,0419 \mu\text{T}$ .

In 2020 is onderzoek uitgevoerd door WaterProof bij de Norned kabel. De Norned kabel (ook een gelijkstroomkabel) is een kabel in de zeebodem voor energietransport tussen Noorwegen en Nederland. Bij deze kabel is de sterkte van het daadwerkelijke elektromagnetische veld boven de zeebodem gemeten en vergeleken met gemodelleerde waarden van de veldsterkte. Hieruit bleek dat de waarden die daadwerkelijk boven de zeebodem gemeten werden op alle transecten lager waren dan de gemodelleerde waarden ( $0,015 \mu\text{T}$  in plaats van  $0,02-0,03 \mu\text{T}$ ) (Waterproof Marine Consultancy & Services BV., 2020). De gemodelleerde waarden die gebruikt worden in deze toets zijn dus worst-case en zullen waarschijnlijk lager uitvallen.



Figuur 2-10 Magneetveldzone in  $\mu T$  van de 525kV-gelijkstroomkabels op zee bij een kabeldiameter van 150 (links) en 185 (rechts) mm tijdens gebruiksfase (onder) en storing/onderhoud (boven) voor de (2x2)-kabelconfiguratie. De getallen langs de verticale as zijn de begraafdiepten/meethoogten ten opzichte van het zeebodoppervlak in meter. Berekend door (van Essen, 2021a).



Figuur 2-11 Elektromagnetische veldzone van de Metallic Return van de 2x2 in  $\mu$ T van de 525kV-zeekabels bij een kabeldiameter van 150 mm (boven) en 185 mm (onder) bij storing/onderhoud bij de (2x2)-kabelconfiguratie. Het elektromagnetisch veld B is opgebouwd uit een horizontale en verticale component (Bx en Bz). Alleen het gehele elektromagnetisch veld (B) zal van toepassing zijn (van Essen, 2021a).

## 2.9 Verontreiniging

### 2.9.1 Bronnen van verontreiniging

In de waterbodem kunnen verontreinigende stoffen voorkomen, stoffen die hier van nature voorkomen of stoffen die geïntroduceerd zijn door menselijk handelen. Hierdoor kan de kabelaanleg en de daarbij benodigde bodemberoering leiden tot de resuspensie van deze stoffen, waarmee de

verontreinigingen (terug) in het systeem komen. Dit kan de verschillende instandhoudingsdoelen negatief beïnvloeden. Er zijn twee typen bronnen:

- Aanvoer van antropogene verontreinigingen gebonden aan slib via water-/ sedimenttransport: Dergelijke verontreinigingen kunnen opgehoopt zijn op plaatsen waar zich slib heeft geaccumuleerd.
- Natuurlijke aanrijking van stoffen in de waterbodem door historische vormingscondities: Dit kan aanwezig zijn in oudere, diepe geologische lagen met ijzeroer, veen en organisch rijke klei.

Daarnaast treden mogelijk lokale verontreiniging op specifieke, afgebakende locaties door menselijke activiteiten. Het gaat hier om locaties zoals wrakken, ammunitie-dumps, boorplatforms, plekken waar blusschuim is toegepast, etc.

## **2.9.2 Verontreiniging tijdens de aanleg**

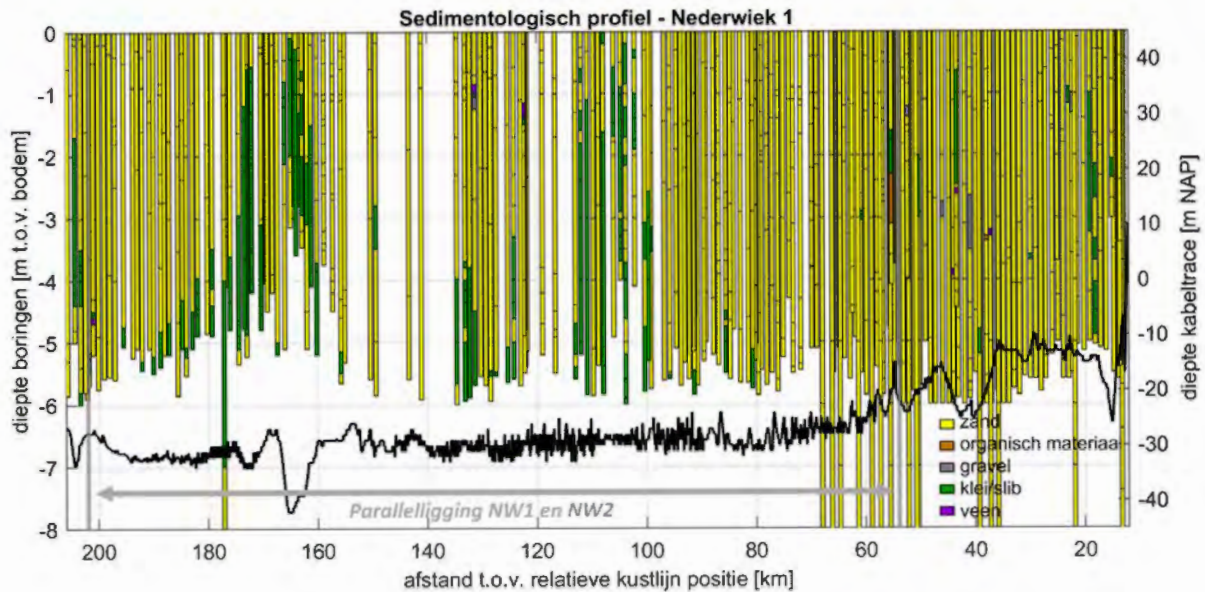
### **In de Noordzee ten gevolge van antropogene verontreiniging**

Voor de Noordzeebodem kan aanwezigheid van verontreiniging als gevolg van geaccumuleerde verontreiniging op voorhand worden uitgesloten.

### **In de Noordzee ten gevolge van historie**

Onder de actieve bodemlaag van de Noordzee liggen oudere geologische lagen, met verschillende ouderdommen en verschillende samenstellingen. In de bodem van Nederland worden verhoogde concentraties arseen aangetroffen bij ijzeroer, veen en organisch rijke klei. Ook in de oudere bodemlagen van de Noordzeebodem kan arseen aanwezig zijn (van Bruggen et al., 2014). Het vrijkomen van deze natuurlijke verontreinigingen kan plaatsvinden bij het doorsnijden van de oudere bodemlagen met dergelijke verontreinigingen. Dit treedt alleen op indien de begraafdiepte groter is dan de dikte van de actieve laag op de Noordzeebodem én natuurlijke verontreiniging in de onderliggende lagen aanwezig zijn. Het betreft beperkte delen van het tracé waar sprake is van deze combinatie.

In Figuur 2-12 is zichtbaar dat klei op verschillende plekken aanwezig is langs het kabeltracé. Tussen km 160 en km 180 en tussen km 100 en km 115 bevindt zich relatief veel klei. Daarnaast is op verschillende, wat meer solitaire locaties klei aanwezig. Het grootste cluster aan kleilagen ligt in de trog van een tidal ridge, zichtbaar bij km 165. Veen is op zeven boorlocaties zichtbaar (paars), op km 37, 43, 44, 121, 122, 131 en 201 (NextGeo, 2022). Het gaat dus uitsluitend om locaties op relatief grote afstand van de kustzone.



Figuur 2-12 Dwarsdoorsnede van het kabeltracé op zee (linker y-as) met daarin geplot de Net op zee Nederwiek 1 surveyboringen (NextGeo, 2022b) (NextGeo, 2022c) en de DINOloket-boringen binnen een straal van 300m met een minimale lengte van vier meter (diepte boringen rechter y-as).

Gevolgen van de verontreinigen treden op doordat veen- en slibdeeltjes met verontreinigen tijdens het jet trenchen in de waterkolom terecht komen. Deze verontreinigen treden uitsluitend op rond het kabeltracé, en zijn gekoppeld aan de slibwolk. Dit is alleen van toepassing op locaties met oude geologische lagen van klei/veen, deze liggen uitsluitend op grote afstand van de kustzone.

### In het Veerse meer

Voor de waterbodem Veerse Meer is bekend dat diverse verontreinigde stoffen aanwezig zijn in het slib, het betreft geen individuele lokale verontreinigingen maar verspreid aanwezige verontreinigingen. Dit resulteerde uit het waterbodemonderzoek voor de kabel van Net op zee IJmuiden ver Alpha<sup>2</sup>, welke in het Veerse Meer parallel zal liggen aan de kabel van Net op zee Nederwiek 1. Het gaat o.a. om verhoogde concentraties koper. Het is daarom niet op voorhand uit te sluiten dat bij de werkzaamheden in het Veerse Meer verontreinigingen worden geresuspendeerd.

### 2.9.3 Verontreiniging tijdens de gebruiksfase

In de gebruiksfase is het platform relevant, evenals eventueel benodigd onderhoud aan de kabel. Kabelonderhoud zal altijd minder bodemberoering vereisen dan de aanlegfase van de kabel. De gebruiksfase (onderhoud) van de kabel is daarmee niet maatgevend en wordt niet verder beoordeeld. In de gebruiksfase van het platform wordt al het hemelwater dat mogelijk gecontamineerd is gecontroleerd op olie en/of glycol. In het geval van contaminatie wordt het hemelwater opgeslagen in een vuilwatertank, niet gecontamineerd water wordt overboord geloosd. Afvalwater van toiletten wordt niet direct op zee geloosd. Tijdens gepland onderhoud wordt gebruik gemaakt van normale toiletten aangesloten op een zuiveringsinstallatie. Na verwerking wordt het grotendeels geloosd in zee, en een kleine hoeveelheid zal worden opgeslagen en afgevoerd. Tijdens

<sup>2</sup> Voor Bijlage VII-J Indicatief waterbodemonderzoek Veerse Meer, zie: <https://commissiener.nl/projectdocumenten/00009519.pdf>



ongepland onderhoud wordt gebruik gemaakt van verbrandingstoiletten. Verontreiniging in de gebruiksfase is daarom uitgesloten en wordt niet verder behandeld.

## 2.10 Warmteontwikkeling

De temperatuur van de kabel ligt in de gebruiksfase hoger dan de omgevingstemperatuur. De ingegraven kabels zullen in de gebruiksfase daardoor een beperkte plaatselijke temperatuursverhoging veroorzaken in de waterbodem. Over de lange termijn effecten op het mariene ecosysteem en bijhorende organismen door lokale opwarming is beperkt onderzoek beschikbaar aangezien hier weinig studies naar zijn uitgevoerd. Bij twee kabels van 33 en 132 kV, gelegen op 1 meter diepte, is de maximale verhoging in temperatuur circa 2,5 graden Celsius op 50 cm afstand, direct onder deze kabels (Meißner et al., 2006; Taormina et al., 2018). Doordat de DC-kabels dieper worden ingegraven dan in bovengenoemd onderzoek (1-3 meter op zee, in de kustzone en het Veerse Meer nog dieper), is de temperatuursverhoging van het waterbodempoppervlak gering. De temperatuursverhoging van de waterbodem is daarmee verwaarloosbaar ten opzichte van de natuurlijke temperatuurvariatie. (Müller et al., 2016). Er is ook geen sprake van cumulatie van effecten met eventuele nabijgelegen actieve kabels omdat de opwarming zich beslist niet zal uitstrekken tot de volgende kabel (ordegrootte tientallen tot honderden meters, afhankelijk van de corridorbreedte zal dit tussen de 50 en 200 meter zijn). Effecten van warmteontwikkeling zijn daarom op voorhand uit te sluiten. Dit aspect is daarom niet verder meegenomen in de effectbeoordeling.

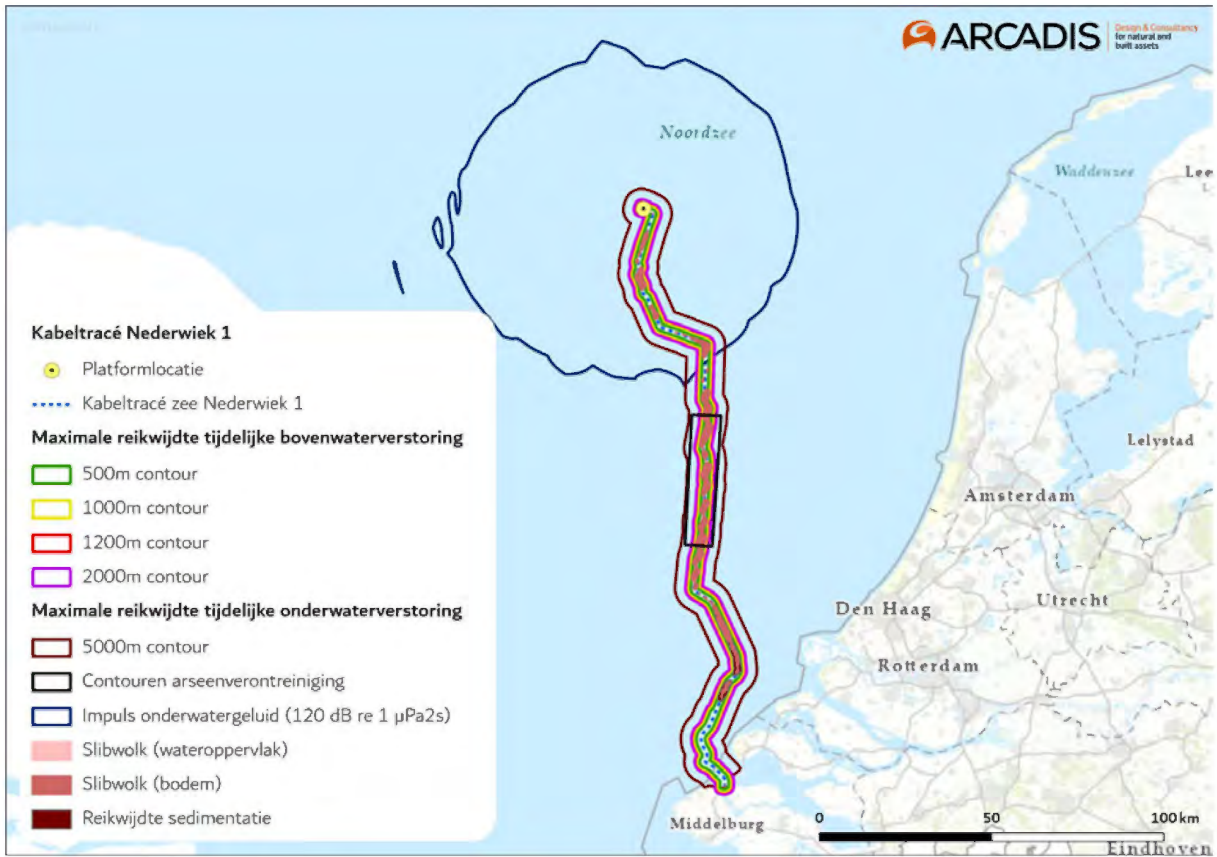
## 2.11 Samenvatting reikwijdte activiteiten en bepaling studiegebied

In Tabel 2-1 is de maximale reikwijdte per gevolg weergegeven. Ook is benoemd of een gevolg op zee, op land of in het Veerse Meer optreedt, en of het gevolg relevant is in de aanleg- of gebruiksfase. In Figuur 2-13 wordt het studiegebied op zee getoond en de reikwijdtes van de verstoringen. In Figuur 2-14 is dit gedaan voor de gevolgen in het Veerse Meer.

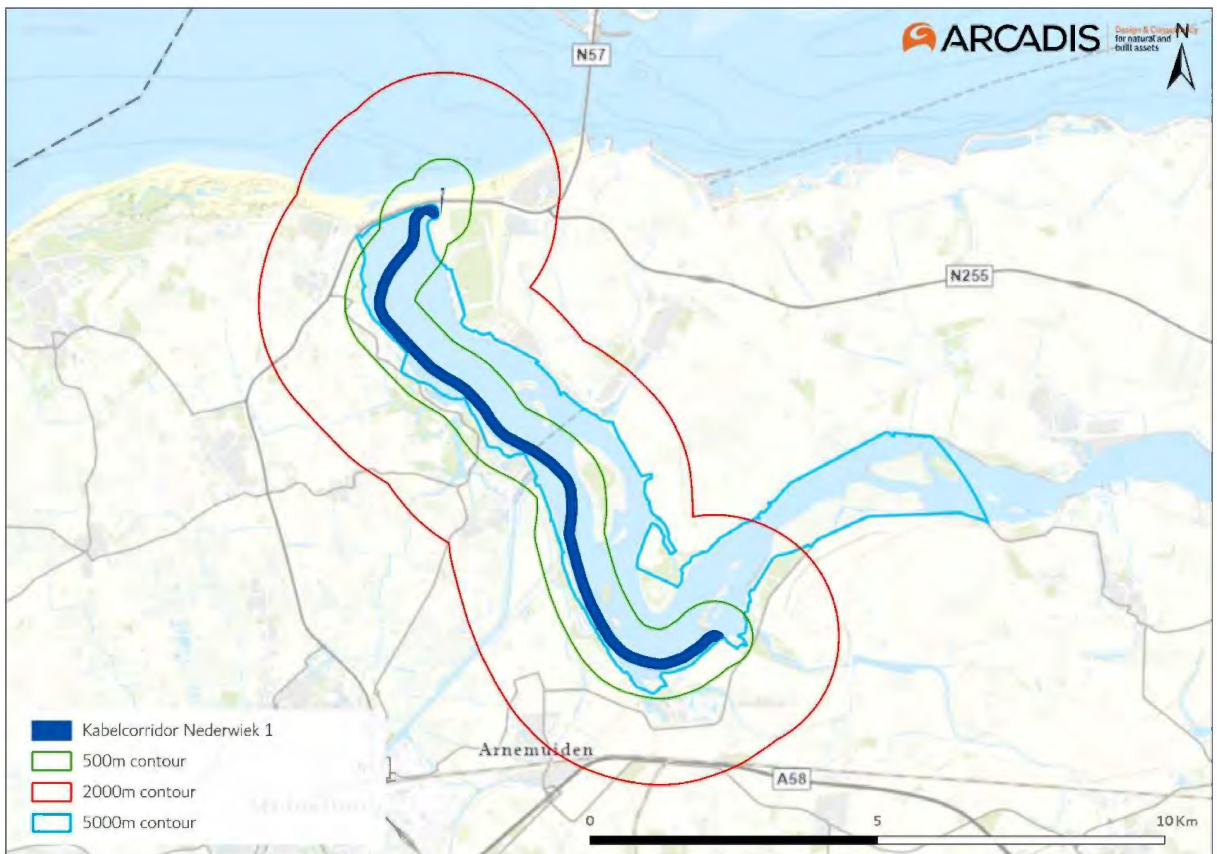
*Tabel 2-1 Samenvatting maximale reikwijdte van de gevolgen van de activiteit. \*'Zee' is inclusief het Veerse Meer, behalve wanneer anders vermeld*

Gevolg	Op zee/Veerse Meer	Tijdens aanleg-/gebruiksfase	Maximale reikwijdte
Vertroebeling	Zee	Aanleg	De slibwolk bevindt zich voornamelijk op open zee rondom het kabeltracé en reikt niet tot de kustzone.
	Veerse Meer		De slibwolk bevindt zich uitsluitend rondom het kabeltracé. Op de meest slibrijke delen reikt de slibwolk aan de bodem tot circa 200 meter aan weerszijde van het tracé. Op overige stukken tot hooguit tientallen meters.
Sedimentatie	Zee	Aanleg	Effecten van sedimentatie reiken niet tot de kustzone, maar bevinden zich voornamelijk rondom het tracé circa 15 km uit de kust (in een zone van maximaal 4 km breed).
	Veerse Meer		Sedimentatie treedt uitsluitend op rondom het tracé. Op de meest slibrijke delen reikt sedimentatie tot circa 150

Gevolg		Op zee/Veerse Meer	Tijdens aanleg-/gebruiksfase	Maximale reikwijdte
				meter aan weerszijde van het tracé. Op overige stukken tot hooguit tientallen meters.
Verstoring onderwater	Continu onderwatergeluid	Zee	Beide, aanleg is worst-case	Rondom kabels en platform Zeezoogdieren en trekvissen: 5 kilometer.
	Impuls onderwatergeluid	Zee	Aanleg	Heien: rondom platform. Zeezoogdieren (bruinvissen 1.313km <sup>2</sup> en zeehonden 665 km <sup>2</sup> ) en trekvissen.
Bovenwaterverstoring	Geluid en visueel	Zee	Beide, aanleg is worst-case	500 meter voor vogels 1.000 meter voor gevoelige vogels. 1.200 meter voor zeehonden. 2.000 meter voor extra gevoelige vogels.
	Licht	Zee	Beide, gebruiksfase is worst-case	150 meter voor de schepen van de kabelaanleg en van de aanleg van het platform.
Habitataantasting		Zee	Aanleg	25 meter voor pre-sweepen, baggeren en jet trenchen. Ter plaatse van de platformfundatie en steenbestorting.
		Veerse Meer		1,2 meter voor jet trenchen.
Elektromagnetische velden		Zee & Veerse Meer	Gebruik	Horizontaal tot circa 40 meter en verticaal tot het wateroppervlak in de waterkolom.
Verontreiniging		Zee	Aanleg	Aanwezigheid van arseen niet uitgesloten in diepe historisch gevormde bodemlagen. Kan geresuspendeerd worden in nabijheid van het tracé.
		Veerse Meer	Aanleg	Aanwezigheid van diverse verontreinigde stoffen (o.a. koper) niet uitgesloten in slib. Kan geresuspendeerd worden in nabijheid van het tracé.
Warmteontwikkeling		Zee & Veerse Meer	Gebruik	Geen effect, geen beoordeling.



Figuur 2-13 Studiegebied werkzaamheden op zee met verstoringcontouren.



Figuur 2-14 Studiegebied werkzaamheden op het Veerse Meer met verstoringcontouren.

## 3 Kaderrichtlijn Mariene Strategie

### 3.1 Wet- en regelgeving

#### 3.1.1 Inleiding

De Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) verplicht de lidstaten tot het treffen van de nodige maatregelen om in hun mariene wateren een goede milieutoestand (GMT) te bereiken en/of te behouden (Good Environmental Status, GES). In 2008 heeft het Europese Parlement de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM, Richtlijn 2008/56/EG) aangenomen. Hiermee is een kader vastgesteld waarbinnen de lidstaten de nodige maatregelen nemen om uiterlijk in 2027 in de door hen beheerde zeeën de goede milieutoestand te bereiken, te behouden of te herstellen. De KRM is in de Nederlandse wetgeving verankerd door middel van een aanpassing in het Waterbesluit onder de Waterwet. De KRM is voor het Nederlandse deel van de Noordzee uitgewerkt in de Mariene Strategie. Het beschrijft de maatregelen die nodig zijn om de goede milieutoestand en de milieudoelen te kunnen bereiken en te behouden. Dit programma van maatregelen is een integrale herziening van de eerste versie die in 2015 is vastgesteld en vormt het sluitstuk van de tweede implementatiecyclus van de KRM. Het programma is opgenomen in het Programma Noordzee 2022-2027, dat als bijlage deel uitmaakt van het Nationaal Waterprogramma 2022-2027, en beschrijft de maatregelen die in de planperiode 2022-2027 van het Programma Noordzee worden geïmplementeerd. De minister van Infrastructuur en Waterstaat stelt het programma van maatregelen mariene strategie vast. Hij of zij doet dit in overeenstemming met andere voor dit onderwerp verantwoordelijke ministers. Deel 3 van de KRM geldt voor de periode 2022-2027 en geeft invulling aan artikel 13 van de KRM, dat lidstaten verplicht een programma van maatregelen op te stellen waarmee de GMT kan worden bereikt en behouden. Deze actualisatie heeft het doel van de KRM niet veranderd. In 2023 zal de KRM worden herzien, wat gedurende de planperiode kan leiden tot bijstellen of aanvullen van (de implementatie van) het beleid van het Programma Noordzee 2022-2027 en de implementatie van de KRM als onderdeel daarvan (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat & Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2022).

De goede toestand van de zee wordt beschreven door elf ‘descriptoren’:

In 2018 heeft een actualisatie plaatsgevonden van de goede milieutoestand voor de periode 2018 tot 2024. De goede milieutoestand van de zee wordt beschreven door elf descriptoren:

1. Biodiversiteit (vogels, vissen, zeezoogdieren).
2. Niet-inheemse soorten (exoten).
3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren.
4. Voedselwebben.
5. Eutrofiëring (overmatige verrijking).
6. Integriteit van de zeebodem (habitats).
7. Hydrografische eigenschappen.
8. Vervuilende stoffen.
9. Vervuilende stoffen in vis en visproducten.
10. Zwerfvuil.
11. Toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid.

In de volgende paragrafen worden per descriptor de goede milieutoestand en bijhorende criteria beschreven. De informatie uit deze paragrafen is afkomstig van Ministerie van Infrastructuur en

Waterstaat, (2018). Deze informatie wordt vervolgens gebruikt als uitgangspunt voor de beoordeling.

### **3.1.2 D1. Biologische diversiteit**

#### **Descriptor**

De biologische diversiteit wordt behouden. De kwaliteit en het voorkomen van habitats en de verspreiding en dichtheid van soorten zijn in overeenstemming met de heersende fysiografische, geografische en klimatologische omstandigheden.

#### **De goede milieutoestand**

##### *Soorten, vogels*

De populatiedichtheden en demografie van vogelpopulaties duiden op gezonde populaties.

##### *Soorten, zeezoogdieren*

De populatiedichtheden en demografie van zeezoogdierpopulaties duiden op gezonde populaties.

##### *Soorten, visgemeenschap*

De populatiedichtheden en demografie van populaties van vissen duiden op gezonde populaties.

##### *Pelagische habitats*

Wanneer de ruimtelijke en temporele variatie in de plankton gemeenschap binnen de langjarige bandbreedte blijft die duidt op een goede milieutoestand. De te gebruiken bandbreedtes moeten in de tweede cyclus nog regionaal worden vastgesteld.

##### *Benthische habitats*

Verbetering van de omvang, conditie en globale verspreiding van populaties van de gemeenschap van benthossoorten.

#### **Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand**

##### *Soorten, vogels*

- Voor elke functionele groep is de populatieomvang van ten minste 75 procent van de soorten boven de drempelwaarde van 1992 (OSPAR- beoordelingswaarde) (D1C2).
- Populaties van zeevogels moeten voldoen aan de landelijke doelen vanuit de Vogelrichtlijn (D1C2).
- Voor iedere soort mag een gebrek aan broedsucces in niet meer dan drie van de zes jaar optreden (OSPAR-beoordelingswaarde) (D1C3).

##### *Soorten, zeezoogdieren*

- Bijvangst van bruinvissen is lager dan 1 procent van de best beschikbare populatieschatting (ASCOBANS) (D1C1).
- De populatie van de grijze zeehond (H1364), gewone zeehond (H1365) en de bruinvis (H1351) moet voldoen aan gunstige referentiewaarde voor de populatieomvang (FRP) vanuit de Habitatrichtlijn (D1C2).
- Geen afname in het geboortecijfer van de grijze zeehond van meer dan 1 procent sinds de laatste assessment en niet meer dan 25 procent afname sinds 1992 (OSPAR-beoordelingswaarde) (D1C3).

- Voor impulsgeluid: ruimtelijke spreiding, tijdsduur en geluidsniveaus van luide impulsieve bronnen zijn zodanig dat directe en indirecte effecten van luid impulsgeluid niet de gunstige staat van instandhouding van soorten in gevaar kan brengen (zie verdere uitwerking bij D11) (D11C1).
- Verspreiding van de bruinvis en de gewone zeehond voldoet aan de gunstige referentiewaarde voor de verspreiding (FRR) uit de Habitatrichtlijn (D1C4).
- Relevant is ook de mate waarin het areaal en de kwaliteit van leefgebieden van zeezoogdieren zich ontwikkelen: behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied van de grijze zeehond (H1364), de gewone zeehond (H1365) en de bruinvis (H1351) (Habitatrichtlijn) (D1C5).

#### *Soorten, visgemeenschap*

- Commerciële vispopulaties: zie D3C1 en D3C2 – Commerciële vissen (D1C2).
- Toename van het aandeel kwetsbare soorten vissen in de visgemeenschap (OSPAR-beoordelingswaarde) (D1C2).
- Populatie van trekvis moet voldoen aan gunstige referentiewaarde voor de populatieomvang (FRP) uit de Habitatrichtlijn (D1C2).
- Verbeteren van de populatieomvang van haaien en roggen in de Noordzee en vooral in de kustzone (D1C2).
- Toename van het aandeel grote vissen in de visgemeenschap (OSPAR-beoordelingswaarde) (D1C3).
- Verspreiding van trekvis in het rivierengebied voldoet aan gunstige referentiewaarde voor de verspreiding (FRR) uit de Habitatrichtlijn (D1C4).
- Vermindering barrières in de trekroutes, zodat deze uiterlijk in 2027 geen belemmering zijn voor duurzame populaties in het stroomgebied (KRW) (D1C5).

#### *Pelagische habitats*

- Voor pelagische habitats is de goede milieutoestand bereikt wanneer de ruimtelijke en temporele variatie in de planktongemeenschap binnen een bandbreedte blijft die duidt op een goede milieutoestand. De te gebruiken bandbreedtes moeten in de tweede cyclus nog regionaal worden vastgesteld (D1C6).

#### *Benthische habitats*

- Zie onder descriptor: Integriteit van de zeebodem (paragraaf 3.1.7).

### **3.1.3 D2. Niet-inheemse soorten (exoten)**

#### **Descriptor**

Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten komen voor op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert.

#### **De goede milieutoestand**

Het aantal via menselijke activiteiten nieuw in het wild geïntroduceerde niet-inheemse soorten per beoordelingsperiode (zes jaar), gemeten vanaf het referentiejaar wordt tot een minimum beperkt en waar mogelijk tot nul teruggebracht.

### Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

- Dalende trend in het aantal introducties van niet-inheemse soorten per beleidsperiode (zes jaar; OSPAR) (D2C1).

### 3.1.4 D3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren

#### Descriptor

Populaties van alle commercieel geëxploiteerde soorten vis en schaal- en schelpdieren blijven binnen veilige biologische grenzen en vertonen een opbouw qua leeftijd en omvang die kenmerkend is voor een gezond bestand.

#### De goede milieutoestand

Geleidelijk herstel en behoud van populaties van commerciële visbestanden boven een biomassaniveau dat de maximale duurzame opbrengst kan opleveren.

### Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

- Voor ieder commercieel bevestigd visbestand geldt dat de sterfte door visserij (F) op de waarde of kleiner dan de waarde blijft die behoort bij een maximale duurzame oogst (Maximum Sustainable Yield, MSY)<sup>3</sup> (D3C1).
- De biomassa van paaibestanden (Spawning Stock Biomass, SSB) van commercieel bevestigde vis, schaal- of schelpdieren ligt boven het voorzorgniveau 'MSY Btrigger'<sup>1</sup> (in lijn met vangstadvisies van International Council for the Exploration of the Sea, ICES) (D3C2).

### 3.1.5 D4. Voedselwebben

#### Descriptor

Alle elementen van de mariene voedselketens, voor zover deze bekend zijn, komen voor in normale dichtheden en diversiteit en op niveaus die de dichtheid van de soorten op lange termijn en het behoud van hun volledige voortplantingsvermogen garanderen.

#### De goede milieutoestand

Het effect van menselijke interventies op interacties tussen verschillende trofische niveaus in het voedselweb wordt verminderd.

### Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

- De diversiteit (soortsamenstelling en de abundantie) van ten minste drie geselecteerde trofische gilden (soortengroepen) is op een niveau of binnen een bandbreedte die duidt op een goede milieutoestand. De te gebruiken trofische gilden en de niveaus en bandbreedtes moeten in de tweede cyclus nog regionaal worden vastgesteld (D4C1).
- De verhouding in abundantie tussen ten minste drie geselecteerde trofische gilden is op een niveau of binnen een bandbreedte die duidt op een goede milieutoestand. De te gebruiken trofische gilden en de niveaus en bandbreedtes moeten in de tweede cyclus nog regionaal worden vastgesteld (D4C2).

---

<sup>3</sup> De MSY is in dit geval de maximale hoeveelheid vis die ieder jaar 'verwijderd' kan worden van de aanwezige populatie. De MSY wordt ieder jaar bepaald a.d.h.v. data van de visserijbestanden. Hierbij speelt onder meer de SSB een belangrijke rol. Wanneer visserijdruk hoger is dan de MSY, neemt de populatie mogelijk af tot onder het voorzorgniveau, op termijn kan dit leiden tot uitroeiing van de populatie.

- De groottestructuur (lengte) van de visgemeenschap blijft boven de historische minimumwaarde (D4C3).

### 3.1.6 D5. Eutrofiëring

#### Descriptor

Door de mens teweeggebrachte eutrofiëring is tot een minimum beperkt, in het bijzonder de schadelijke effecten ervan zoals verlies van de biodiversiteit, aantasting van het ecosysteem, schadelijke algenbloei en zuurstofgebrek in de bodemwateren.

#### De goede milieutoestand

- De concentraties van winter DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen; opgelost anorganisch stikstof) en DIP (Dissolved Inorganic Phosphor; opgelost anorganisch fosfor) liggen onder het niveau dat wijst op schadelijke eutrofiëringseffecten.
- Algenbiomassa (vastgesteld op basis van chlorofyl-a metingen) ligt niet op een niveau dat wijst op schadelijke effecten van verrijking met nutriënten, conform de beoordeling volgens de KRW en OSPAR.
- Geen zuurstofgebrek ten gevolge van eutrofiëring in onderste waterlaag (gestratificeerde wateren) of in de oppervlaktelaag van gemengde wateren.

#### Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

##### *Concentraties winter DIN en DIP*

- Wateren binnen de KRW-kustzone: de nutriëntenconcentraties in de winter voldoen in de kustwateren aan de normen van de KRW (D5C1).
- Wateren buiten de KRW-kustzone: de nutriëntenconcentraties in de winter voldoen aan de beoordelingswaarden van de OSPAR (D5C1).

##### *Algenbiomassa*

- Algenbiomassa (vastgesteld op basis van chlorofyl-a metingen) in de wateren binnen de KRW-kustzone is niet hoger dan de goede toestand conform de KRW voor de desbetreffende kustwatertypen (D5C2).
- Algenbiomassa (vastgesteld op basis van chlorofyl-a metingen) in de wateren buiten de KRW-kustzonewateren voldoet aan de beoordelingswaarden van OSPAR (D5C2).

##### *Geen zuurstofgebrek*

- Wateren binnen de KRW-kustzone: de onderste waterlaag (gestratificeerde wateren) of de oppervlaktelaag van gemengde wateren in de kustwateren is ten minste met 60 procent zuurstof verzadigd (D5C5).
- Wateren buiten de KRW-kustzone: in deze wateren wordt in de onderste waterlaag (gestratificeerde wateren) of in de oppervlaktelaag van gemengde wateren ten minste 6 mg/L zuurstof gevonden (D5C5).

### 3.1.7 D6. Integriteit van de zeebodem

#### Descriptor

Integriteit van de zeebodem is zodanig dat de structuur en de functies van de ecosystemen zijn gewaarborgd en dat vooral benthische ecosystemen niet onevenredig worden aangetast.



## De goede milieutoestand

### *Fysieke verstoring*

- Fysieke verstoring van de zeebodem door menselijke activiteiten wordt beperkt om te waarborgen dat de omvang, conditie en globale verspreiding van populaties van de gemeenschap van kenmerkende benthossoorten toeneemt en doelen voor specifieke habitats worden gehaald.

### *Fysiek verlies*

- Fysiek verlies van de zeebodem door menselijke activiteiten wordt beperkt om te waarborgen dat de omvang, conditie en globale verspreiding van populaties van de gemeenschap van kenmerkende benthossoorten toeneemt en doelen voor specifieke habitats worden gehaald.

## Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

### *Fysieke verstoring*

- Geen significante toename in de fysieke verstoring in de tijd op de totale zeebodem van de gehele Noordzee en het Nederlands Continentaal Plat (NCP) (D6C2).
- Geen toename in de fysieke verstoring in de tijd over de habitats die in het kader van de KRM zijn beschreven (D6C3).
- Voor de habitats die in het kader van de Habitatrictlijn zijn beschreven, gelden de instandhoudingsdoelen voor deze habitats (D6C3).

### *Fysiek verlies*

- Geen significant verlies van de natuurlijke zeebodem ten opzichte van de situatie in 2012 als gevolg van menselijke activiteiten (D6C1).
- Geen significant verlies als gevolg van menselijke activiteiten van de habitats die in het kader van de KRM zijn beschreven (D6C4).

## 3.1.8 D7. Hydrografische eigenschappen

### De goede milieutoestand

Het mariene ecosysteem ondervindt geen negatieve effecten als gevolg van permanente wijzigingen in de hydrografische eigenschappen als gevolg van menselijke activiteiten.

### Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

Aangezien de GMT voor deze descriptor bereikt is in 2012 en behouden is, zijn er geen GMT en doelen op criterium niveau geformuleerd.

## 3.1.9 D8. Vervuilende stoffen

### Descriptor

Concentraties van vervuilende stoffen zijn zodanig dat geen verontreinigingseffecten optreden.

### De goede milieutoestand

- De concentraties van voor het mariene milieu relevante vervuilende stoffen, gemeten in het meest geëigende compartiment (water, sediment of organismen), zijn lager dan de concentraties waarbij negatieve effecten kunnen optreden of laten een dalende trend zien.
- De gezondheid van de soorten wordt niet geschaad door verontreinigende stoffen.

## Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand

### *Concentraties vervuilende stoffen*

- Wateren binnen de KRW-kustzone: de concentraties van voor het mariene milieu relevante vervuilende stoffen, gemeten in het meest geëigende compartiment (water of organismen) voldoen aan de milieukwaliteitseisen die bij de KRW worden gebruikt in de 12-mijls zone (voor prioritare stoffen), respectievelijk in de 1-mijlszone (voor de specifiek verontreinigende stoffen) (D8C1).
- Wateren buiten de KRW-kustzone: de concentraties van voor het mariene milieu relevante vervuilende stoffen, gemeten in het meest geëigende compartiment (sediment of organismen) voldoen aan de milieu-evaluatiecriteria (Environmental Assessment Criteria, EAC) en/of achtergrondevaluatiecriteria (Background Assessment Criteria, BAC) van OSPAR, of ze laten, waar deze streefwaarden nog niet zijn geformuleerd, een dalende trend zien (conform OSPAR) (D8C1).

### *Gezondheid van de soorten*

- Dalende trend ten opzichte van 2012 van Imposex (D8C2).

De ruimtelijke omvang en de duur van de significante, ernstige verontreinigingen worden tot een minimum beperkt (D8C3).

## 3.1.10 D9. Vervuilende stoffen in visproducten

### **Descriptor**

Vervuilende stoffen in vis en andere visserijproducten voor menselijke consumptie overschrijden niet de grenzen die door wetgeving van de EU of andere relevante normen zijn vastgesteld.

### **De goede milieutoestand**

De niveaus van vervuilende stoffen (waaronder PAK's, dioxinen en zware metalen) in vis en visproducten uit de Noordzee overschrijden de in de EU verordening EG 1881/2006 vastgestelde maximumgehalten niet.

### **Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand**

Aangezien de GMT voor deze descriptor bereikt is in 2012 en behouden is, zijn er geen GMT en doelen op criterium niveau geformuleerd.

## 3.1.11 D10. Zwerfvuil

### **Descriptor**

De eigenschappen van, en de hoeveelheden zwerfvuil op zee veroorzaken geen schade aan het kust- en mariene milieu.

### **De goede milieutoestand**

- De hoeveelheid zwerfvuil op zee neemt in de loop van de tijd af.
- De hoeveelheid microafval op zee neemt op lange termijn af.
- De hoeveelheid door zeedieren opgenomen afval en microafval ligt op een niveau dat niet schadelijk is voor de gezondheid voor de desbetreffende soorten.

### **Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand**

#### *Zwerfvuil op zee*

- Strand: significante dalende trends in het totaal van de meest voorkomende categorieën afval (die bijdragen aan 80 procent van de totale hoeveelheid afval) die op het strand worden aangetroffen (D10C1).
- Drijvend, korte termijn: een significant dalende trend van het aantal noordse stormvogels met meer dan 0,1 gram plastic deeltjes in de maag gedurende de afgelopen tien jaar (D10C1).
- Zeebodem afval: significante afname van de hoeveelheid afval op de zeebodem (D10C1).

#### *Microafval op zee*

- Nog geen kwantitatieve omschrijving vanwege het ontbreken van een indicator voor microplastics en bijbehorende baseline.

#### *Hoeveelheid door zoogdieren opgenomen afval en microafval*

- De hoeveelheid door zeedieren opgenomen afval en microafval ligt op een niveau dat niet schadelijk is voor de gezondheid van de desbetreffende soorten. Zie onder D10C1.

### **3.1.12 D11. Toevoer aan energie, waaronder onderwatergeluid**

#### **Descriptor**

De toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, ligt op een niveau dat het mariene milieu geen schade berokkent.

#### **De goede milieutoestand**

- Impulsgeluid: ruimtelijke spreiding, tijdsduur en geluidsniveaus van luide impulsieve bronnen zijn zodanig dat directe en indirecte effecten van luid impuls geluid niet de gunstige staat van instandhouding van soorten in gevaar kan brengen.
- Continu geluid: ruimtelijke spreiding, tijdsduur en niveaus van achtergrondgeluid zijn zodanig dat ze niet de gunstige staat van instandhouding van soorten in gevaar kunnen brengen.

### **Criteria voor de beoordeling van de goede milieutoestand**

#### *Impulsgeluid*

- Voor bruinvissen wordt reductie van populatiegrootte voorkomen door het stellen van een limiet aan het aantal bruinvisverstoringdagen (D11C1).

#### *Achtergrondgeluid*

Voor dit criterium is het nog niet mogelijk om kwantitatieve omschrijvingen van de goede milieutoestand op te stellen (D11C2).

## 3.2 Effectbepaling

### 3.2.1 Inleiding

In Hoofdstuk 2 is per gevolg van de voorgenomen activiteit onderzocht welke reikwijdte deze heeft. Het kader van de KRM is toegelicht in paragraaf 3.1. Gebaseerd op dit kader is gekeken welke van de gevolgen van de voorgenomen activiteit voor de KRM nader onderzocht moeten worden in dit hoofdstuk, zie Tabel 3-1. In paragraaf 3.2 worden de effecten beschreven. De effecten worden vervolgens getoetst aan de KRM in paragraaf 3.3.

*Tabel 3-1 Overzicht van gevolgen van de voorgenomen activiteit die nader onderzocht worden voor de KRM, de betrokken soortgroepen en descriptor(en)*

Gevolg	Potentieel effect	Betrokken soortgroepen	Betrokken descriptor(en)
<b>Vertroebeling</b>	Vermindering doorzicht leidende tot afname primaire productie, verminderd vangstsucces zichtjagende vogels, afname filtercapaciteit filterfeeders, barrièrewerking voor trekvissen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Algen (primaire productie)</li> <li>Trekvissen</li> <li>Filterfeeders</li> <li>Zichtjagende vogels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biologische diversiteit (D1)</li> <li>Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3)</li> <li>Voedselwebben (D4)</li> <li>Integriteit van de zeebodem (D6)</li> </ul>
<b>Sedimentatie</b>	Verstikking bodemdieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bodemdieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biologische diversiteit (D1)</li> <li>Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3)</li> <li>Voedselwebben (D4)</li> <li>Integriteit van de zeebodem (D6)</li> </ul>
<b>Verstoring door continu onderwatergeluid</b>	Verstoring van vissen en zeezoogdieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zeezoogdieren</li> <li>Vissen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biologische diversiteit (D1)</li> <li>Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3)</li> <li>Voedselwebben (D4)</li> <li>Toevoer van energie (D11)</li> </ul>
<b>Verstoring door impuls onderwatergeluid</b>	Gedragsverandering, gehoordrempelverschuiving, fysieke schade, sterfte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zeezoogdieren</li> <li>Vissen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biologische diversiteit (D1)</li> <li>Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3)</li> <li>Voedselwebben (D4)</li> <li>Toevoer van energie (D11)</li> </ul>
<b>Bovenwaterverstoring door geluid, optiek en licht</b>	Verstoring tijdens rusten, ruien of foerageren leidende tot gedragsverandering, verminderde voedselopname, verminderde conditie, sterfte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vogels</li> <li>Zeehonden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biologische diversiteit (D1)</li> <li>Voedselwebben (D4)</li> </ul>
<b>Habitataantasting en verandering</b>	Habitatverlies of kwaliteitsvermindering, verandering bodemdynamiek	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bodem</li> <li>Bodemdieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biologische diversiteit (D1)</li> <li>Niet-inheemse soorten (D2)</li> <li>Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3)</li> <li>Voedselwebben (D4)</li> <li>Integriteit van de zeebodem (D6)</li> <li>Hydrografische eigenschappen (D7)</li> </ul>
<b>Elektromagnetische velden</b>	Barrièrewerking, desoriëntatie, gedragsverandering, morfologische verandering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zeezoogdieren</li> <li>Gevoelige vissen</li> <li>Bodemdieren</li> <li>Invertebrata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biologische diversiteit (D1)</li> <li>Commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3)</li> <li>Voedselwebben (D4)</li> <li>Toevoer van energie (D11)</li> </ul>

### **Biologisch relevante gebieden**

In de onderstaande effectbepaling wordt af en toe verwezen naar Natura 2000-gebieden Bruine bank en Voordelta. In Natura 2000-gebieden geldt een apart wettelijk kader die vanuit de KRM niet aan de orde is. Vanwege de ecologische gevoeligheid en de beschikbaarheid van ecologische data is er toch voor gekozen naar deze gebieden te refereren. De Bruine bank en Voordelta worden hier dan gebruikt als voorbeeld voor gebieden met een ecologische gevoeligheid, of in geografische context. In de Passende beoordeling Nederwiek 1 (Bijlage VII-A van MER Nederwiek 1) wordt dieper ingegaan op de wettelijke kaders die gelden in relevante Natura 2000-gebieden.

### **3.2.2 Vertroebeling**

In deze paragraaf wordt het effect van vertroebeling op de descriptor biologische diversiteit (D1), commerciële vis, schaal en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4) en integriteit van de zeebodem (D6) beschouwd. Hiervoor is het effect vertroebeling op vogels (van belang voor D1, D4), macrofauna (D1, D3, D4 en D6), (trek)vissen (D1 en D4) en primaire productie/voedselwebben (D4) beschouwd. Om dit te kunnen doen wordt eerst de gebruikte studie en de reikwijdte ervan nader toegelicht.

Slibconcentraties aan het wateroppervlak zijn van belang voor zichtjagende vogels (duikvluchtjagers zoals meeuwen en sterns) en primaire productie. Dieptegemiddelde concentraties zijn van belang voor de migratie van trekvis en voor (dieper) duikende vogels. Aan de hand van concentraties aan de bodem kunnen interpretaties gedaan worden voor de effecten op bodemdieren.

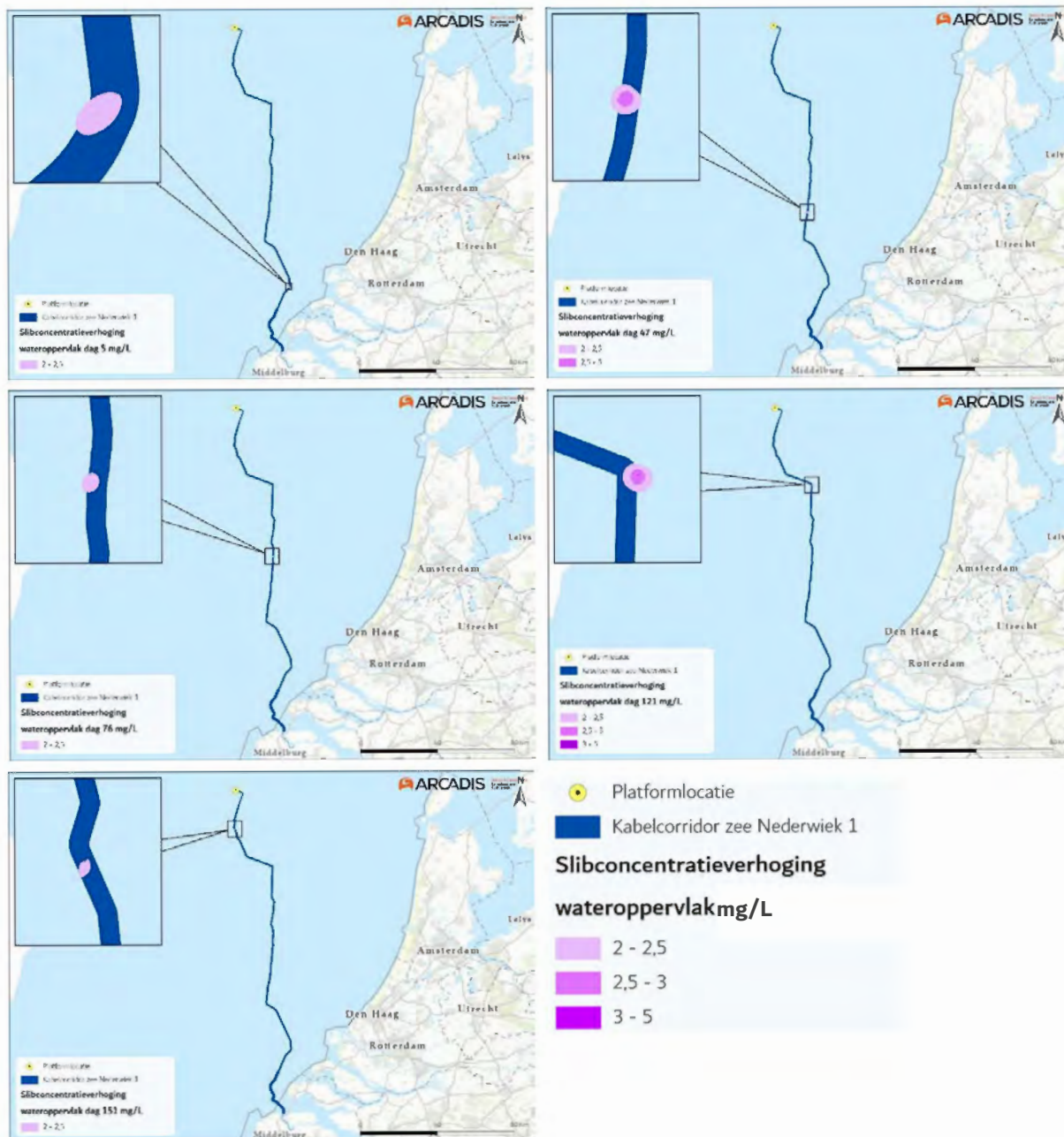
In Figuur 2-2 is eerder het ruimtelijk beeld van de maximale concentratieverhoging voor de drie categorieën (wateroppervlak, dieptegemiddelde en bodem) weergegeven. In onderstaande paragraaf wordt een nadere toelichting gegeven van de reikwijdte van vertroebeling over de tijd. Ter illustratie wordt alleen vertroebeling in het bovenste gedeelte nader toegelicht. De slibwolken voor het dieptegemiddelde en de bodem volgen eenzelfde patroon.

#### **Vertroebeling in het bovenste deel van de waterkolom (ruimtelijk)**

De slibwolken zoals weergegeven in Figuur 2-2 geven een beeld van het totale gebied waar op enig moment gedurende de werkzaamheden slibconcentratieverhogingen plaatsvindt. In werkelijkheid is de slibwolk op een willekeurig moment tijdens de werkzaamheden kleiner omdat de slibwolk met de (bagger)werkzaamheden meebeweegt en ook weer uitdooft. Ter illustratie wordt in Figuur 3-1 het verloop van de vertroebeling in het bovenste gedeelte van de waterkolom op verschillende momenten in tijd weergegeven, om zo ruimtelijk beeld te krijgen van de verplaatsingen van de slibwolk. De slibwolken voor het dieptegemiddelde en de bodem volgen eenzelfde patroon. Hoewel de periode van uitvoer nog niet vastligt, is voor de modelsimulaties aangenomen dat deze circa 220 dagen duurt, wat gezien de productiesnelheid van de baggerschepen als worst-case scenario voor vertroebeling wordt beschouwd. De dagen die in Figuur 3-1 worden weergegeven, bijvoorbeeld dag 121, moeten worden beschouwd ten opzichte van het totaal aantal dagen (220) van de werkzaamheden. Een langere uitvoerperiode zal tot een lagere productiesnelheid leiden en daarmee lagere concentratie vertroebeling en kleiner areaal. Op dag 121 bevindt de slibwolk zich in dat geval op een andere locatie (afhankelijk van hoeveel langer de uitvoerperiode is) en is de slibwolk bovendien door de lagere productie van de schepen ook kleiner.

Uit Figuur 3-1 valt het volgende af te leiden:

- De slibwolk blijft voornamelijk ter plaatse van het kabeltracé op de plek van de werkzaamheden en neemt snelt af.
- De slibwolk wordt nooit groter dan enkele hectares. De wolk zal binnen enkele dagen tot een week onder de 2,0 mg/L komen.



Figuur 3-1 Verspreiding van vertroebeling door de tijd aan het wateroppervlak van links naar rechts dag 5, 47, 76, 121 en 151.

**Vertroebeling in het bovenste deel van de waterkolom (tijdsperspectief)**

In de slibmodelleerstudie (Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie) zijn verschillende simulatiepunten ingevoegd waarvoor de concentratieverhoging op die locaties door de tijd heen is uitgewerkt. Figuur 3-2 geeft de ligging van een selectie van deze punten weer. Er is voor deze punten gekozen om inzichtelijk te maken hoe verschil in bodemtype en aanlegtechniek (jet trenchen, pre-sweepen,

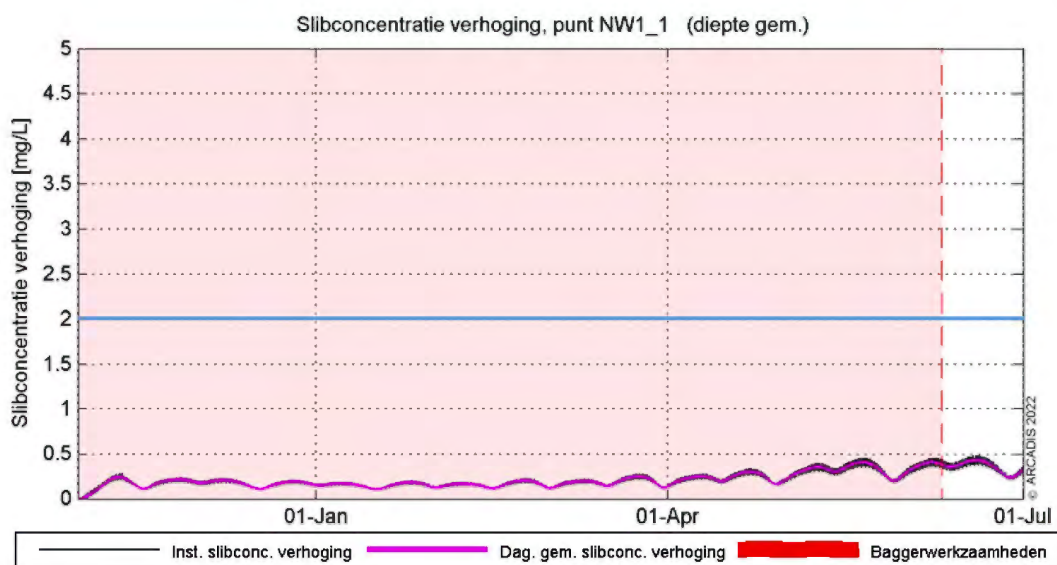
baggeren) effect heeft op de mate en duur van vertroebeling. In de slibmodellerstudie zijn daarnaast ook simulatiepunten buiten het kabeltracé uitgewerkt (bijvoorbeeld langs de kust of in Natura 2000-gebied Bruine Bank). Omdat op die punten slechts een fractie van de concentratieverhogingen wordt waargenomen, zijn alleen de onderstaande punten langs het kabeltracé beschouwd.



Figuur 3-2 Simulatiepunten waarvoor een tijdreeks is gepresenteerd.

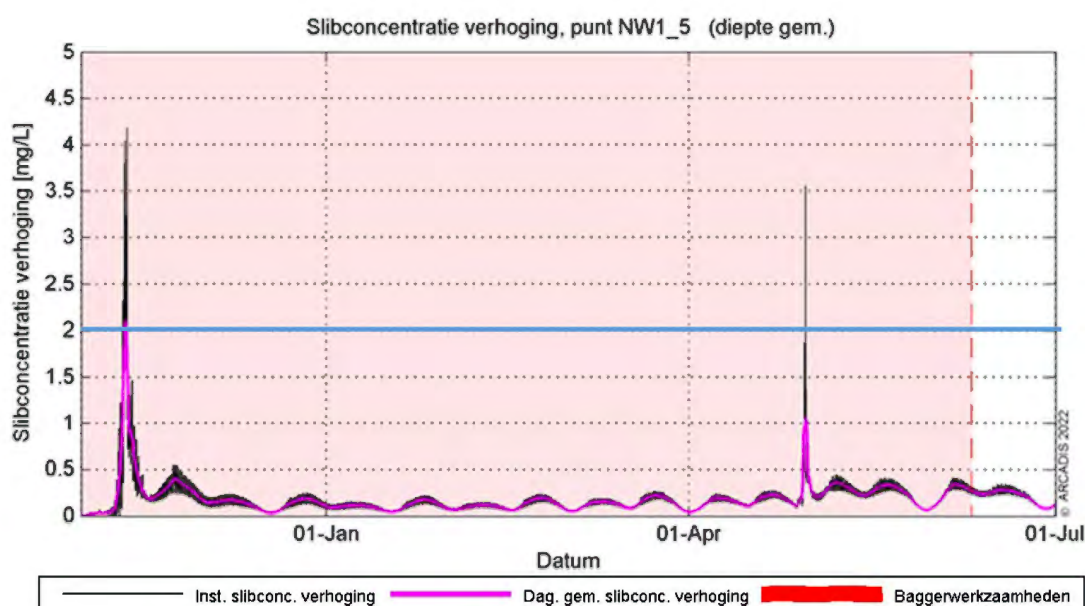
In Figuur 3-3 tot en met Figuur 3-7 zijn de slibconcentraties (dieptegemiddelde) over de tijd weergegeven voor vier simulatiepunten langs het tracé (Figuur 3-2). De slibconcentraties van het dieptegemiddelde staan in Bijlage VII – F Slibmodellerstudie, en zullen hieronder niet worden herhaald. De zwarte verticale lijnen in de figuren staan voor de acute concentratieverhoging (10 minuten waarde), de paarse lijn beschrijft de daggemiddelde waarde (24 uren waarde). Het rood gearceerde vlak is de periode waarin de baggerwerkzaamheden worden uitgevoerd (circa 220 dagen), het einde van de baggerperiode wordt met een rode stippellijn aangegeven. Bij deze baggerperiode is ervan uitgegaan dat eerst 80% van het totale te baggeren volume wordt gebaggerd en vervolgens de overige 20% in de vorm van onderhoudsbaggerwerkzaamheden. Dit onderhoud vindt in deze studie direct (dus in de eerste run) na de eerste baggerwerkzaamheden plaats. Het gedeelte dat niet rood gearceerd is, is de periode die in het model is gesimuleerd om eventuele na-ijl effecten van vertroebeling weer te geven.

Simulatiepunt 1 (de kustzone) ligt in een gebied bij de kustzone. De concentratieverhoging is gedurende de gehele periode lager dan 0,5 mg/L.



Figuur 3-3 Slibconcentratie dieptegemiddeld in de tijd op punt 1. De blauwe lijn geeft de 2 mg/L grens aan.

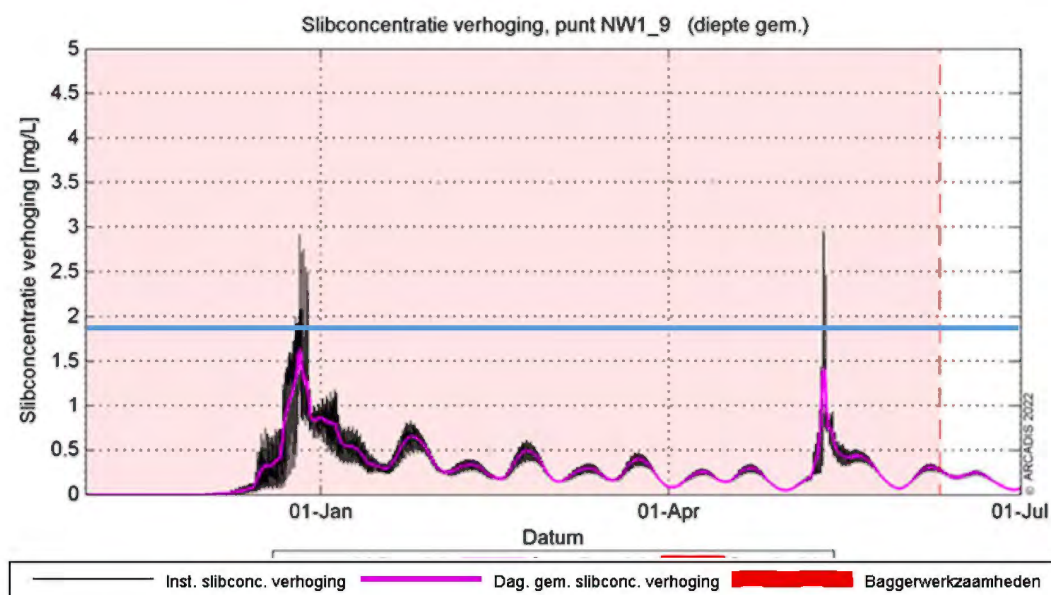
Rond simulatiepunt 6 (circa 20 km uit de kust) ligt de toename van de concentratie hoger door de baggerwerkzaamheden. Er wordt ter hoogte van deze locatie met een hogere productiesnelheid gewerkt (m<sup>3</sup> per uur) dan in de kustzone en slibconcentraties in de bodem zijn hoger, waardoor de piek hoger ligt dan in de kustzone. Dit proces genereert een maximale gemiddelde vertroebeling van 2 mg/L daggemiddeld. Zodra de werkzaamheden beëindigd zijn, dempt de (minimale) verhoging langzaam uit. In Figuur 3-4 is te zien dat gedurende de baggerperiode, de concentraties twee keer boven de grens van 2 mg/L uitkomen bij simulatiepunt NW1\_5. Na de baggerwerkzaamheden variëren de waarden tussen de 0 en 1 mg/L.



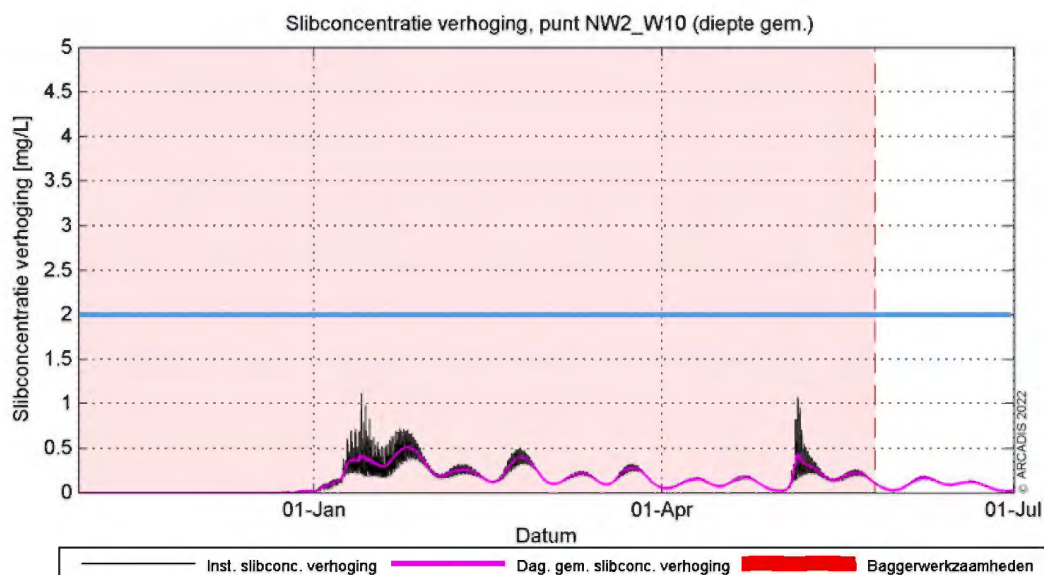
Figuur 3-4 Slibconcentratie dieptegemiddeld in de tijd op punt 6. De blauwe lijn geeft de 2 mg/L grens aan.



Simulatiepunt 9 bevindt zich ten hoogte (zuidelijk) van de Bruine Bank en de concentratieverhoging bij het bovenste deel van de waterkolom in de tijd is weergegeven in Figuur 3-5. De werkzaamheden langs het kabeltracé zijn hier in zekere mate waarneembaar, voornamelijk nadat op deze locatie ook is gebaggerd. Door het wegbaggeren van zandgolf-kruinen (pre-sweepen) neemt de slib concentratie toe tot 1.5 mg/L (daggemiddelde) en reikt twee keer tot boven de grens van 2 mg/L bij simulatiepunt NW1\_9. In Figuur 3-6 is het simulatiepunt W10 weergegeven. Dit simulatiepunt ligt in de Bruine Bank op ongeveer 5km vanaf het tracé. Te zien is dat op deze afstand van het tracé de grenswaarde van 2,0 mg/L niet wordt overschreden.

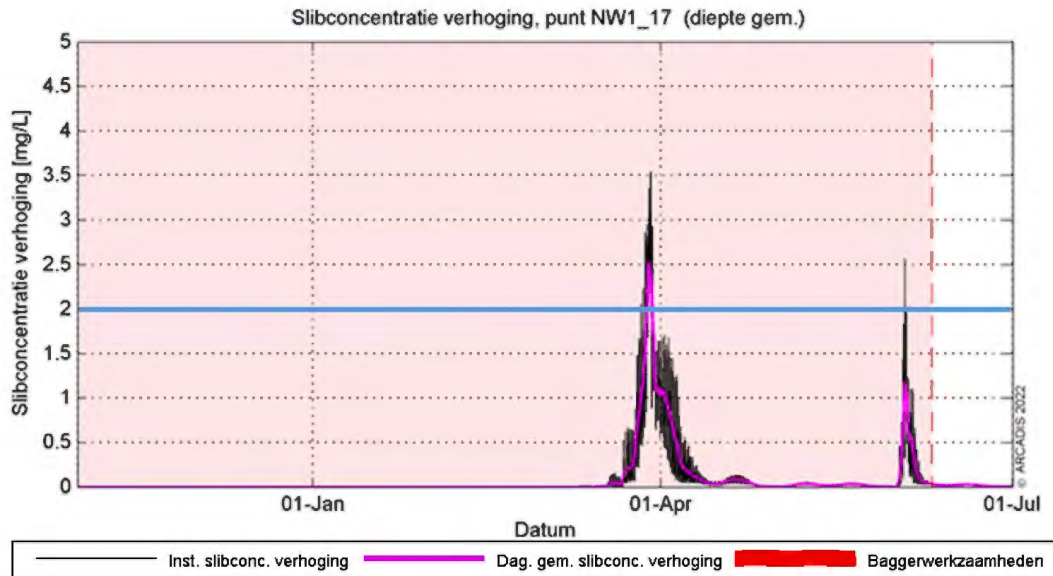


Figuur 3-5 Slibconcentratie dieptegemiddeld in de tijd op punt 9. De blauwe lijn geeft de 2 mg/L grens aan.



Figuur 3-6 Slibconcentratie dieptegemiddeld in de tijd op punt W10, die in de Bruine Bank ligt. De blauwe lijn geeft de 2 mg/L grens aan.

Langs het kabeltracé bij simulatiepunt NW1\_17 (nabij het platform) komt de slibconcentratie tweemaal kortdurend (één tot enkele dagen) boven de 2 mg/L .



Figuur 3-7 Slibconcentratie dieptegemiddeld in de tijd op punt 17. De blauwe lijn geeft de 2 mg/L grens aan.

### Achtergrondconcentraties

Voor de beschouwing van de impact van de (tijdelijke) verhoging van de slibconcentratie ten gevolge van de baggerwerkzaamheden, is het van belang een indruk te krijgen van de lokale achtergrondconcentratie. Deze bedraagt in de Nederlandse kuststrook jaargemiddeld circa 20 mg/L. Bij kalm weer kan de concentratie afnemen tot onder de 10 mg/L en de concentratie kan oplopen tot 100 mg/L ten gevolge van stormcondities (Haskoning, 2007). De achtergrondconcentratie in de Noordzee is overgenomen uit de Passende Beoordeling voor de Tweede Maasvlakte (Haskoning, 2007), en wordt weergegeven in Tabel 3-2.

Tabel 3-2 Referentiewaardes voor achtergrondconcentratie in de kuststrook (Haskoning, 2007).

Omstandigheid	Achtergrondconcentraties zwevende stof (mg/L), kuststrook
Jaarlijks gemiddeld	20-30
Winter gemiddeld	30-100
Zomer gemiddeld	10-20
Gedurende kalm weer	5-10
Na stormperiode	30-100

In de wintermaanden zijn de achtergrondconcentraties vrij consistent met 30 mg/L in de geulen tot 80-100 mg/L op de platen. Afgaande op de maand april, neemt dit richting de zomer af tot 15 mg/L in de geulen en 30-50 mg/L op de platen.

Een verhoging van 2 mg/L door de baggerwerkzaamheden is een verhoging van circa 2 - 20% van de jaargemiddelde slibconcentratie langs de Nederlandse kust, waar afhankelijk van de tijd van het jaar een natuurlijke variatie van 10 – 100 mg/L kan optreden.

## Effecten op zichtjagende vogels

### *Vogels buiten de kustzone*

Zichtjagende vogels die zich rond het gedeelte buiten (>10km) de kustzone van het tracé bevinden, kunnen een effect van een verhoging van het slib in het bovenste deel van de waterkolom ondervinden. Door vertroebeling kan het vangstsucces worden beïnvloed. Bijvoorbeeld voor soorten als dwergmeeuw, jan-van-gent, grote jager, grote mantelmeeuw, zeekoet en alk is het gebied buiten de kustzone een belangrijk foerageergebied. Deze vogels foerageren voornamelijk op vis, kreeftachtigen en andere ongewervelden, waarbij de ene soort actiever duikt dan de ander. Er kan hier onderscheid gemaakt worden tussen oppervlaktejagers (meeuwen, sterns, jan-van-gent, grote jager) die via een duikvlucht voedsel uit het bovenste deel van de waterkolom halen en duikers die hun voedsel bemachtigen via een onderwater achtervolging (bijvoorbeeld zeekoet, alk). Voor de eerste groep is met name de vertroebeling in het bovenste deel van de waterkolom van belang, terwijl voor de tweede groep (die dieper duiken) de vertroebeling over de gehele waterkolom ook van belang is, de zogenoemde dieptegemiddelde vertroebeling. Er is een literatuurstudie uitgevoerd naar de relatie tussen vangstsucces van deze vogels en het doorzicht (Found et al., 2008; Virkkala, 2016; Zamon et al., 2014). Deze studie geeft geen duidelijk uitsluitsel over de relatie tussen doorzicht en vangstsucces voor deze zichtjagende zeevogels. Effecteninschattingen worden daarom op basis van expert judgement gemaakt.

De effecten van vertroebeling op de vogelsoorten treden niet langs het gehele kabeltracé tegelijkertijd op. De slibwolk beweegt zich namelijk met werkzaamheden mee en dunt snel uit, zoals te zien in Bijlage VII-F Slibmodelleerstudie. Binnen een periode van enkele dagen daalt de slibconcentratie tot onder de 2 mg/L. De grootte van de slibwolk varieert gedurende de werkzaamheden en voor oppervlakte jagende vogels geldt dat de maximale grootte van de slibwolk aan het wateroppervlak op dag 121, 170 hectare is. Dit is <0,01% van de totaaloppervlakte (57.800 km<sup>2</sup>) van het NCP. De maximale waarde, direct langs het tracé, is niet hoger dan 5 mg/L (daggemiddelde).

Voor duikende vogelsoorten zoals de alk en zeekoet is de dieptegemiddelde slibconcentratieverhoging te verwaarlozen. Zo is de maximale oppervlakte van de vertroebelingswolk voor het dieptegemiddeld enkele hectare en komt de concentratie niet boven de 2,5 mg/L (daggemiddeld). Binnen een periode van enkele dagen daalt de slibconcentratie tot onder de 2 mg/L. De betrokken descriptoren (Tabel 3-1) worden niet beïnvloed.

### *Vogels binnen de kustzone*

In het studiegebied foerageren diverse zichtjagende sternsoorten. Het gaat om kolonies van de dwergstern, Noordse stern, grote stern en visdief. Om het mogelijke effect te bepalen is het ingeschat hoelang en in welke intensiteit er vertroebeling optreedt op verschillende locaties in het studiegebied. De actieradius waarin gefoerageerd wordt verschilt per sternsoort. De actieradius vanaf de broedlocatie voor foerageren van de diverse sternsoorten staat weergegeven in Tabel 3-3.

Slibwolken aan het wateroppervlak (waar oppervlaktejagers zoals sterns gebruik van maken) vormen voornamelijk vanaf 20 km uit de kust. Broedende sternsoorten met kleine actieradius (<20 km), zoals de visdief en dwergstern zullen geen effect ondervinden van deze grotere slibwolken uit de kust. Alleen de grote stern heeft een actieradius die overlapt met deze slibwolken. Binnen 10 kilometer van de kustzone treedt er alleen direct bij de aanlanding vertroebeling op (max 28 ha). Dit valt binnen de actieradius van de visdief en dwergstern. Er zijn echter voor alle sternsoorten voldoende

uitwijkmogelijkheden en alternatief foerageergebied beschikbaar om geen verstoring te kunnen ondervinden van de tijdelijke slibwolken die door de werkzaamheden gevormd worden.

Tabel 3-3 Actieradius van aanwezige sternsoorten

Soort	Actieradius	Referentie
Dwergstern	3 km	(Del Hoyo et al., 1996)
Visdief	10 km	(Becker & Ludwigs, 2004; Brenninkmeijer & Stienen, 1992)
Grote stern	40 km	(Brenninkmeijer & Stienen, 1992; Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Rijkswaterstaat, 2015)
Noordse stern	25 km	(Boele et al., 2015)

Samengevat zal de slibwolk tijdelijk zijn, waarbij deze niet langer dan enkele dagen op een specifieke locatie boven de 2 mg/L is. Bovendien beweegt de slibpluim mee met de werkzaamheden langs het kabeltracé, hierdoor zal het gebied waar de hoogste slibconcentratieverhogingen optreden (direct langs het tracé) al minder interessant zijn als foerageergebied voor zichtjagers door andere versturende effecten (zoals bovenwaterverstoring). Verder van het tracé af dooft de slibwolk al snel uit. Effecten door vertroebeling zijn tijdelijk van aard en er is ruim voldoende alternatief foerageergebied voor (zichtjagende) vogels binnen en buiten de kustzone. Er is dan ook geen sprake van een effect op populatieniveau. De betrokken descriptoren (Tabel 3-1) worden niet beïnvloed.

#### Effecten op trekvissen

Trekvissen (zoals rivierprik, zeeprik, elft en fint) kunnen door vertroebeling mogelijk een barrière effect ervaren. Voor de instandhouding van de populatie en bij sommigen soorten zelfs de voltooiing van de levenscyclus is deze paaitrek van essentieel belang. Nabij de kust treedt er alleen rond de aanlanding bij de Veerse Gatdam enkele hectares vertroebeling op van het wateroppervlak, dieptegemiddeld of bodem. De werkzaamheden zullen daarmee niet zorgen voor een 'blokkade' van de Nieuwe waterweg, het Haringvliet of richting de Westerschelde en zodoende zullen geen effecten op trekvissen optreden.

#### Effecten op vissen algemeen

Wilber & Clarke (2001) hebben aan de hand van alle beschikbare data en onderzoeken een algemene respons van estuariene vissen op gesuspendeerd sediment uitgezet. De meeste onderzoeken gebruiken sedimentconcentraties van meer dan 1.000 mg/L met blootstellingen tot en met een week. Hierbij is geen duidelijke correlatie te vinden tussen concentratie sediment en (sterfte)respons.

In zijn algemeenheid kunnen op vis jagende vissoorten wel hinder ondervinden door een verhoogde troebelheid in de vorm van het verminderde zicht wat hiermee gepaard gaat (De Robertis et al., 2003). Vissen die veelal op zicht jagen, zoals makreel en tarbot, vermijden een turbiditeitspluim terwijl vissen die normaal gesproken in troebel wateren leven en meer op reuk jagen dit niet zullen doen (de Groot, 1979). Maes et al. (1998) beschrijft dat juveniele vis (Clupeïden zoals fint, elft, haring en sprot) juist graag schuilt in vertroebelde gebieden om roofdieren te vermijden. Bij tijdelijke troebelheid kan er dus sprake zijn van een tijdelijke vermindering van de dichtheid van bepaalde zichtjagende vissoorten. Voor deze soorten zal ruim voldoende onverstoorde areaal beschikbaar zijn, andere (prooi)vissoorten zullen de turbiditeitspluim juist opzoeken en hiervan profiteren. vertroebeling als gevolg van de werkzaamheden heeft een verwaarloosbaar effect op overige vissoorten.

### Effecten op filterfeeders

Filterfeeders (zoals mosselen, kokkels, zwaardschedes, oesters en halfgeknotte strandschelpen) voeden zich met de verteerbare fractie (fytoplankton, bacteriën, verteerbaar detritus) in het zwevend materiaal. Negatieve effecten van vertroebeling op deze soorten kunnen via de voedselketen doorwerken naar hogere trofische niveaus. De filterfeeders worden blootgesteld aan een hogere variabiliteit van zwevende stofconcentraties doordat ze op de bodem leven. Bij een experiment op de zwaardschede bij de kust van Egmond werden op 30 cm hoogte boven de bodem meerdere keren in het jaar piekconcentraties van hoger dan 2.500 mg/L gemeten tijdens stormen (Witbaard et al., 2013). Minimum concentraties op de bodem varieerden van 20 mg/L tot 200 mg/L bij rustig tot ruiger weer. Circa 20% van het jaar zijn concentraties gemeten die boven in de 200 mg/L uitkwamen. Dit zorgt ervoor dat ze, door de veelal sessiele levensstijl van deze soorten, in staat moeten zijn om de nodige fysiologische en morfologische adaptaties te maken om in troebele omstandigheden van variabele aard te leven (Cattrijsse, 1997).

Zowel mosselen als kokkels kunnen hun eliminatiesnelheid van niet verteerbare delen als hun opnamesnelheid aanpassen aan de omstandigheden (Kiorboe et al., 1981). Onderzoek heeft uitgewezen dat een tijdelijke verhoging met 20% de groei van kokkels niet nadelig beïnvloedt. Verhogingen naar 200 tot 300 mg/L hebben wel een sterke nadelige invloed op de groei (Essink, 1993). Ook de mesheft (*Ensis directus*) liet een verminderd filtervermogen zien bij slibconcentraties hoger dan 200 mg/L (Witbaard & Kamermans, 2010).

Bij zeer ongunstige verhoudingen tussen verteerbare en onverteerbare fracties (bijvoorbeeld grote hoeveelheid slibdeeltjes door vertroebeling) kunnen schelpdieren tijdelijk stoppen met foerageren en hun schelp sluiten, totdat een gunstigere situatie zich voordoet. Een overzicht van oorzaken van massasterfte onder kokkels wijst niet op een verhoogde slibconcentratie als belangrijke oorzaak (Burdon et al., 2014). Concentratieverhogingen door de aanleg van het Net op zee Nederwiek 1 vallen binnen de natuurlijke variatie. Tevens zal de slibwolk binnen enkele dagen weer tot onder de 2 mg/L dalen. Uitgaande van dit is de verwachting dat de kokkelpopulatie geen effecten ondervindt door vertroebeling.

Het nonnetje en de platte slijkgaper ondervinden minder stress van de vertroebeling dan kokkels, omdat deze soorten ook voedsel tot zich kunnen nemen via deposit feeding, waarbij zij materiaal van de bodem opnemen. Zij kunnen bij verhoogde slibconcentraties makkelijker overschakelen naar deze vorm van voedselopname. Over het algemeen worden generalisten minder beïnvloed door de tijdelijke toename in vertroebeling dan specialisten (Hoogeboom & Rotmensen, 1998). Schelpdieren worden in de Nederlandse kustwateren jaarlijks gemonitord. Er zijn langs de gehele kust 893 locaties bemonsterd in het voorjaar van 2019, 1 april tot en met 17 juni (Perdon et al., 2019).

De zandkokerworm (*S. spinulosa*) heeft waarschijnlijk een grote tolerantie voor een toename van de hoeveelheid sediment in de waterkolom aangezien zij niet van zicht afhankelijk zijn om te foerageren (Pearce, 2017). Slechts bij heel hoge concentraties sediment (55,5 mg/L) stoppen de wormen tijdelijk met groeien (dat wil zeggen, met kokerbouw). Een afgenomen hoeveelheid sediment in de waterkolom daarentegen kan afbraak van de riffen veroorzaken omdat de kokers niet worden onderhouden/aangevuld. Op basis van bovenstaande informatie kan worden geconstateerd dat wormriffen niet gevoelig zijn voor een toename in vertroebeling tot 50 mg/L. De vertroebeling van het project (<5 mg/L) leidt dus niet tot effecten op wormriffen.

Uit de slibmodellerstudie blijkt dat er op zee direct bij de bodem geen daggemiddelde slibconcentratieverhoging plaatsvinden van boven de 5 mg/L en na een periode van enkele dagen weer afneemt tot het achtergrondniveau. Dit is een kleine fractie (5%) van de waardes van 200 mg/L waarbij soorten als de kokkel of zwaardschede verminderd filtratie vermogen lieten zien.

In de kustzone treedt er alleen rond de aanlanding vertroebeling aan de bodem op. Hier komen geen schelpdierbanken voor. De effecten van vertroebeling op aanwezige macrofauna zijn gelimiteerd tot de directe omgeving van het kabeltracé. Concluderend kan gezegd worden dat filterfeeders in verschillende mate het vermogen hebben zich aan te passen aan de tijdelijke en lokale verhoging van de slibconcentraties. De soorten die dit niet kunnen zullen echter ook geen last hebben van de verstoring, aangezien het slechts van korte duur is (doorgaans hooguit enkele dagen). Filterfeeders ondervinden geen effect van de werkzaamheden. Effecten op filterfeeders en de daarop jagende organismen zijn dan ook uit te sluiten.

### **Effecten op primaire productie**

Een toename van de vertroebeling in het bovenste deel van de waterkolom heeft mogelijk een effect op de primaire productie in het studiegebied. Primaire productie is afhankelijk van de beschikbaarheid van zonlicht (direct gevolg van de troebelheid van het water) en daarnaast van nutriënten (voornamelijk stikstof (N) en fosfor (P)). De primaire productie op het noordelijk halfrond fluctueert sterk (met circa een factor 10) over de seizoenen, met een zeer lage activiteit in de wintermaanden gevolgd door hoge activiteit in de zomermaanden (Matsumoto et al., 2014). Verder bestaan er in de Noordzee duidelijke ruimtelijke en temporele verschillen in de beschikbare hoeveelheden nutriënten en licht onder water en daarom in de limitatie van fytoplankton. Dit resulteert in een nutriënten limitatie gedurende de zomermaanden in de gehele Noordzee (door fosfor in een brede strook langs de kust en door stikstof op open zee) (Burson et al., 2016; Harezlak et al., 2013). In de wintermaanden is er echter sprake van een limitatie door zonlicht, m.u.v. kleine delen rond de Waddenzee en in de Zeeuwse Delta (Harezlak et al., 2013). Verminderde lichtinval als gevolg van tijdelijke vertroebeling door werkzaamheden zal daarom geen remmende werking hebben op primaire productie in de zomer, maar wel in de winter. Echter, gezien de activiteit van primaire productie in de winter überhaupt op een zeer laag niveau zit (Matsumoto et al., 2014), is het bijkomende effect dat tijdelijke vertroebeling langs het tracé in de winter maanden op primaire productie heeft verwaarloosbaar.

### **3.2.3 Sedimentatie**

In deze paragraaf wordt het effect van sedimentatie op de descriptoren biologische diversiteit (D1), commerciële vis, schaal en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4) en integriteit van de zeebodem (D6) beschouwd. Hiervoor is het effect van sedimentatie op macrofauna van belang.

Als gevolg van het ingraven van de kabel vindt er vooral sedimentatie van meer dan 0,33 mm/dag plaats rondom de aan te leggen zeekabels zelf. Figuur 3-8 geeft weer waar sedimentatie van meer dan 0,33 mm/dag optreedt tijdens de werkzaamheden. Dit is de maximale sedimentatie snelheid die de gevoeligste soort (*Mya arenaria*) tolereert (Bijkerk, 1988).



Figuur 3-8 Het areaal waar sedimentatie van boven 0,33 mm/dag optreedt door de voorgenomen werkzaamheden.

Op het NCP treedt sedimentatie op met een snelheid van boven de 0,33 mm/dag in een gebied van circa 57,8 km<sup>2</sup>. Veel schelpdieren hebben een hogere tolerantie voor sedimentatie. Op dit oppervlak zullen dus mogelijk enkele, maar zeker niet alle schelpdiersoorten negatieve effecten ondervinden.

Zandkokerwormen zijn belangrijke bodemorganismen die het ecosysteem naar hun hand zetten door het bouwen van riffen. Zandkokerwormen zijn gevoelig voor een toename in sedimentatie. Het is daarbij waarschijnlijk dat grote hoeveelheden snel neerdalend sediment (>1 mm/dag) meer impact hebben op de wormen dan kleine, constant neervallende hoeveelheden (≤1 mm/dag) (Arcadis, 2020). Hierbij zijn de wormen niet meer in staat om volledige begraving te voorkomen via het bouwen van een ‘noodkoker’ met dood als gevolg. De bodem rondom het gedeelte van het tracé op zee en het platform bestaat hoofdzakelijk uit zand dat snel bezinkt (≤1 mm/dag). Hierdoor zullen effecten van sedimentatie voornamelijk gelimiteerd zijn tot de directe omgeving van de werkzaamheden.

Het habitat zal herstellen na de eventuele gevolgen van sedimentatie (en habitataantasting). Uit onderzoek is gebleken dat de tijd die nodig is om in een aangetast gebied de oude biomassa en dichtheid weer te bereiken doorgaans slechts één jaar bedraagt, dit neemt toe tot 2-5 jaar voor organismen met langere levenscycli (zoals verschillende tweekleppige en zee-egels) (Baptist et al., 2009; Boudewijn, 2016; Coates et al., 2015; Rozemeijer et al., 2013). Na een worst-case periode van vijf jaar na aantasting zal de zeebodem dus opnieuw gekoloniseerd zijn door zeebodemfauna. Negatieve effecten zullen daarom niet merkbaar zijn op systeemniveau.

### 3.2.4 Verstoring door continue onderwatergeluid

In deze paragraaf wordt het effect van continu onderwatergeluid op de descriptor biologische diversiteit (D1), commerciële vis, schaal en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4) en toevoer van energie (D11) beschouwd. Hiervoor is het effect van continu onderwatergeluid op vissen en zoogdieren van belang.

De reikwijdte van continu onderwatergeluid is 5 km, zoals toegelicht in paragraaf 2.4. In totaal wordt er een areaal van circa 2.156 km<sup>2</sup> beïnvloedt door geluid. Het geluid verplaatst met de schepen mee, is tijdelijk van aard en zal dus niet in het hele areaal gelijktijdig optreden. Bovendien is de aanwezige scheepvaart in grote delen van het projectgebied op het NCP relatief hoog (uitgebreid beschreven in Passende Beoordeling Net op zee Nederwiek 1, Bijlage VII-A van MER Nederwiek 1). Hieruit blijkt dat er in dit gebied op veel plekken een scheepvaartintensiteit van >100 vaarbewegingen/schepen per vierkante kilometer per maand plaatsvindt, maar door de aanwezigheid van vaste scheepvaartroutes, zijn er ook plekken waar de scheepvaartintensiteit veel minder is. De werkzaamheden zullen slechts enkele schepen aan deze scheepvaartintensiteit toevoegen. Daarbij komt dat er in de buurt van bestaande vaarwegen wordt gebleven, waar de scheepvaartintensiteit het hoogst is. Zodoende wordt het oppervlakte verstoord gebied en de intensiteit van de verstoring hierbinnen, slechts marginaal vergroot. Individuen die gevoelig zijn voor onderwater verstoring zullen waarschijnlijk al deze gebieden met hoge scheepvaartintensiteit mijden. Voor individuen die toch worden verstoord is ruim voldoende areaal aanwezig waar de verstoring veel minder is om naar uit te wijken.

Het onderwatergeluid dat tijdens de werkzaamheden wordt geproduceerd, zal hooguit op individuele zeezoogdieren en vissen een effect hebben in de zeer nabije omgeving van de werkzaamheden, waarbij zij mogelijk wegzwemmen en elders gaan foerageren. De kans dat een zeehond of bruinvis tijdelijke gehoorschade (TTS - Temporary Threshold Shift) oploopt, is verwaarloosbaar klein. Daarvoor zou een dier binnen korte tijd meerdere malen zeer dicht langs een op diep water werkend schip moeten zwemmen. De kans op blijvende gehoorschade (PTS – Permanent Threshold Shift) is nog kleiner en dus ook verwaarloosbaar.

### 3.2.5 Verstoring door impuls onderwatergeluid

In deze paragraaf wordt het effect van impuls-onderwatergeluid op de descriptor biologische diversiteit (D1), commerciële vis, schaal en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4) en toevoer van energie (D11) beschouwd. Hiervoor is het effect van impuls-onderwatergeluid op vissen en zeezoogdieren van belang. De bruinvis wordt als worst-case aangenomen en hiervoor worden effecten bepaald. Dit wordt gebruikt als maatlat voor de andere soorten.

#### Leeswijzer

Zoals toegelicht in paragraaf 2.5 wordt voor het platform de funderingsoptie van een stalen jacket met heipalen beoordeeld. In deze paragraaf wordt het effect van impuls-onderwatergeluid op bruinvissen. De berekende verstoringafstanden voor bruinvissen worden besproken in paragraaf 2.5. Ook geldt er in het kader van de effectbeoordeling voor zeezoogdieren een algehele norm voor onderwatergeluid. Dit wordt in de onderstaande paragrafen besproken.

Voor heigeluid kiest het KEC 4.0 voor de bruinvis als aandachtsoort, omdat ervan uitgegaan wordt dat de bescherming van de bruinvis ook voor andere walvisachtigen, zeehonden en vissen



voldoende bescherming oplevert. Er loopt onderzoek om deze aanname te valideren. De bruinvis is gevoelig voor luide geluiden onder water, zoals het lawaai van heien dat nodig is voor de aanleg van windparken.

### **Modelstudie, drempelwaarde en uitgangspunten**

Voor het onderzoek naar het verstoorde areaal als gevolg van impuls onderwatergeluid is door TNO een berekening met het model Aquarius 4.0 uitgevoerd. De betreffende studie is bijgevoegd als Bijlage VII-E. De berekeningen van de TNO-studie voor Net op zee Nederwiek 1 verschillen ten opzichte van de berekeningen in het KEC 4.0. Zo wordt in het KEC 4.0 uitgegaan van 6 in plaats van worst case 20 palen voor een platform en worden er 2 á 3 palen per dag geheid in plaats van worst case één paal per dag.

### **Geluidsnormen**

Uit het KEC 4.0 blijkt dat het totale effect, van de uitrol van Wind op zee, geen bedreiging vormt voor de bruinvispopulatie wanneer er een geluidsnorm van SELss = 160 dB re 1  $\mu$ Pa2s (op 750 meter) wordt gebruikt.

De TNO studie laat zien dat er bij het heien van het platform van Net op zee Nederwiek 1 impulsgeluid vrijkomt van SELss = 167 dB re 1  $\mu$ Pa2s op 750 m, wat boven de grenswaarde ligt (de Jong & Binnerts, 2022). Voldaan kan worden aan een SELss = 160 dB re 1  $\mu$ Pa2s op 750 meter met een enkelvoudige mitigerende maatregel. Dit zou bijvoorbeeld een enkelvoudig bellenscherm of het heien met een lagere energie kunnen zijn (C. de Jong & Binnerts, 2020).

Zo blijkt dat enkelvoudige bellenschermen kunnen zorgen voor een reductie van 10 dB, maar kan dit oplopen tot een reductie van 20 dB, afhankelijk van de diepte en het volume lucht dat gebruikt wordt voor het bellenscherm. Dubbele bellenschermen zorgen voor extra reductie van het geluid van gemiddeld 3 dB t.o.v. een enkelvoudig bellenscherm (Bellman et al., 2020; Dähne et al., 2017).

### **Effecten van impuls-onderwatergeluid op bruinvissen**

#### *Impuls-onderwatergeluid door heiactiviteiten*

Er vindt bij het heien van het platform Net op zee Nederwiek 1 een overschrijding (SELss = 167 dB re 1  $\mu$ Pa2s op 750 meter) van de grenswaarde (SELss = 160 dB re 1  $\mu$ Pa2s op 750 meter) plaats. Dit leidt tot een verstoorde areaal van 1.313 km<sup>2</sup> dat tijdelijk minder geschikt is als leef- en foerageergebied voor bruinvissen. Worst-case is het gebied voor deze soort tot 20 dagen niet of verminderd beschikbaar. Als mitigerende maatregel kan een enkelvoudig of dubbel bellenscherm gebruikt worden. Bellenschermen reduceren afhankelijk van de diepte en het gebruikte volume het impulsgeluid met 10 -20 dB. Een tweede bellenscherm zorgt voor een extra reductie van 3 dB (Bellman et al., 2020; Dähne et al., 2017). Door het toepassen van mitigerende maatregelen, zoals een bellenscherm, hierboven beschreven, kan het verstoorde areaal kleiner worden. Verder kan het toepassen van een ADD en 'soft and slow start' de kans op PTS bij zeezoogdieren verminderen door ze uit het projectgebied te verjagen (zie ook de toelichting in de paragraaf hierboven).

#### *Verskil berekeningen TNO en KEC*

De gebruikte uitgangspunten van de TNO berekeningen (Bijlage VII-E) komen niet volledig overeen met de uitgangspunten waarmee in het KEC 4.0 is gerekend. Zo wordt er in het KEC 4.0 uitgegaan van 6 palen van 3 meter in diameter voor het platform van Net op zee Nederwiek 1 en worden er in de berekeningen 2 á 3 palen per dag geheid. Worst-case betekent dit dat het gebied tot 3 dagen niet

of verminderd beschikbaar is (Heinis et al., 2022). Zoals beschreven in paragraaf 2.5 wordt in de TNO studie gerekend met actuelere uitgangspunten voor de bouw van het platform. Zo worden er worst-case 20 palen geheid i.p.v. 6. Het heien van de palen voor het platform van Net op zee Nederwiek 1 is maar een fractie van het totaal aantal palen dat geheid moet worden voor Nederlandse Wind op zee projecten. Het heien van 14 extra palen is 0,79% van het totaal te heien palen (1.762 palen). In verhouding met het totaal te heien palen voor Wind op zee parken in de gehele Noordzee (6.384 palen) is de fractie veel kleiner (0,22%). Tevens zijn de palen voor platforms een stuk kleiner qua diameter dan de monopiles van de windturbines (2,85m voor platforms en 5,5m en 7,5m voor monopiles).

Tabel 3-4 Aantal te heien palen per land voor windenergie op zee projecten

2016-2030	Geplande capaciteit (MW)	Naar verhouding (%)	Aantal heipalen (voor turbines)	Naar verhouding (%)
<b>Totaal</b>	<b>77.484</b>		<b>6.384</b>	
België	3.650	5%	379	6%
Frankrijk	598	1%	46	1%
Denemarken	1.751	2%	165	3%
Duitsland	15.319	20%	1.244	19%
Nederland	26.543	34%	1.762	28%
Verenigd Koninkrijk	29.623	38%	2.797	43%

#### Indicatieve berekening

Met een indicatieve berekening gebaseerd op het KEC 4 en de TNO studie kunnen het aantal extra verstoorde bruinvissen door werkzaamheden voor het platform worden berekend. Het verschil van 14 palen zal tot meer verstoorde bruinvissen leiden dan berekend in het KEC 4. Uitgaande van 14 extra palen betekent dit worst-case 14 extra heidagen (1 heidag per paal). In de TNO-studie is berekend dat voor een heidag van een platform paal bij een geluidsnorm van SELss = 160 dB re 1 µPa<sub>2s</sub> op 750 meter een oppervlakte van 649 km<sup>2</sup> verstoord wordt wat leidt tot 499 verstoorde bruinvissen en dus 499 bruinvisverstoringsdagen. De bruinvisdichtheid is in dit geval 0,77 (499/649). 14 extra heidagen zorgen in dat geval voor 6.986 extra bruinvisverstoringsdagen.

In het KEC 4 is met verschillende rekenvarianten gewerkt waarbij voor Net op zee Nederwiek 1 in iedere rekenvariant met een drempelwaarde van SELss = 160 dB re 1 µPa<sub>2s</sub> op 750 meter is gerekend. In deze rekenvarianten treedt er in totaal een bruinvispopulatiereductie op van tussen de 2,3% en 2,9% als gevolg van de uitrol van windenergie op zee. De grens van 5% achteruitgang (met 95% zekerheid) wordt dus niet overschreden. Uitgaande van een worst-case scenario is dit 2,9%, wat neerkomt op circa 1.400.000 bruinvisverstoringsdagen. De worst-case 6.986 extra bruinvisverstoringsdagen als gevolg van 14 extra heipalen zijn een fractie van het totaal aantal bruinvisverstoringsdagen. Om het effect te berekenen van de extra bruinvisverstoringsdagen kan de populatiereductie uit het KEC en de huidige studie berekend worden aan de hand van onderstaande formule en parameters uit het KEC 3.0.

$$\text{Populatiereductie} = 1,06 \times 10^{-4} \times \text{bruinvisverstoringsdagen}^{1,17}$$

De populatie reductie is hierbij uitgedrukt in het aantal individuen. Op zichzelf staand leiden de 6.986 bruinvisverstoringsdagen tot een populatiereductie van 3,33 bruinvissen. Wanneer deze extra bruinvisverstoringsdagen worden beoordeeld met andere in het KEC behandelde projecten leiden deze worst-case 6.986 verstoringsdagen tot een populatiereductie van 9,61 bruinvissen. De populatiereductie grens van 5% (met 95% zekerheid) wordt niet overschreden door deze minimale

toevoeging. Het effect valt weg bij de grootschaligheid van alle Wind op zee projecten op de Noordzee in de periode 2016-2030.

De bovenstaande berekening is een indicatieve berekening. Ter borging dienen project specifieke berekeningen voor de extra palen gemaakt te worden. Er is nu gerekend met uitgangspunten van een geluidsnorm van SELss = 160 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>s op 750 meter en worst-case aannames wat betreft het aantal palen en heidagen. Indien uit de berekeningen blijkt dat de in deze Watertoets opgenomen effecten een onderschatting zijn, bijvoorbeeld doordat de uitgangspunten zijn veranderd wanneer het platform geplaatst wordt, dienen aanvullende maatregelen zoals het gebruik van een dubbel bellenscherm te worden getroffen. Door het gebruik van mitigerende maatregelen zoals de ADD en 'slow and soft start' zullen bruinvissen het gebied verlaten en neemt de kans op PTS bij bruinvissen af.

### **Conclusie**

In de voorgaande paragrafen zijn de effecten van impuls-onderwatergeluid, dat alleen optreedt tijdens de aanleg, op verschillende manieren beoordeeld: aan de geluidsnorm in het KEC en de effecten op bruinvissen via het aantal toegewezen bruinvisverstoringdagen. Op basis van de huidige berekeningen van TNO treedt er overschrijding van de geluidnorm van (SELss = 160 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>s op 750 m) op. Dit zou betekenen dat het aantal bruinvisverstoringdagen voor het platform van Net op zee Nederwiek 1 hoger uitvalt dan berekend in het KEC. Met het gebruik van een mitigerende maatregel zoals een bellenscherm wordt het impulsgeluid gereduceerd zodat de geluidsnorm niet wordt overschreden. Voor de realisatie van het platform zullen meer heipalen gebruikt worden dan is aangenomen in het KEC. In het perspectief van de uitrol van Wind op zee betreft dit echter maar een fractie van het totaal aantal bruinvisverstoringdagen. De populatiereductie grens van 5% (met 95% zekerheid) wordt niet overschreden.

Uit voorzorg dient het effect van de getroffen mitigerende maatregel doorgerekend te worden voordat de werkzaamheden worden aangevangen. Door het reduceren van het geproduceerde geluid, wordt ook het verstoorde areaal en het aantal bruinvisverstoringdagen minder.

Met het nemen van de correcte mitigerende maatregelen voor heiwerkzaamheden, en het uitwerken en narekenen van de heiwerkzaamheden wordt voldaan aan de gestelde eisen vanuit het KEC. Wezenlijke effecten op de gehele bruinvispopulatie op het NCP worden daarmee uitgesloten. Aangezien bruinvissen de gevoeligste soort is, zijn effecten op vissen en overige zeezoogdieren ook uitgesloten.

### **3.2.6 Bovenwaterverstoring door geluid, optiek en licht**

In deze paragraaf wordt het effect van bovenwaterverstoring op de descriptoren biologische diversiteit (D1) en voedselwebben (D4) beschouwd. Hiervoor is het effect van bovenwaterverstoring op vogels en zeehonden van belang. Verstoring door geluid en licht, en visuele verstoring treedt meestal gelijktijdig op en zodoende kunnen deze doorgaans als één verstoringbron worden beschouwd. Over het algemeen is de reikwijdte van de lichtbelasting echter minder groot dan die van verstoringen door geluid of visuele verstoringen. Voor aspecten rond verlichting wordt tevens ten alle tijden het verlichtingsplan als leidraad gebruikt (zie paragraaf 2.6.2), deze wordt opgesteld conform de hiervoor geldende wettelijke richtlijnen. Zodoende zijn effecten op fauna gevoelig voor verlichtingsverstoring uitgesloten en wordt er in onderstaande paragrafen voornamelijk ingegaan op verstoring door geluid en visuele verstoring op vogels en zeehonden.

## Vogels

Random het tracé komen zeevogels voor, zoals zeekoet, alk, jan-van-gent, kleine mantelmeeuw, grote mantelmeeuw, drieteenmeeuw, roodkeelduiker, zwarte zee-eend en bergeend (Fijn et al., 2019; Leopold & van Der Wal, 2015). De reikwijdte van bovenwaterverstoring is 500 meter voor vogels in het algemeen. Voor de ruiende en verstoringsgevoelige vogels (de brilduiker, eidereend, zeekoet en alk) is de reikwijdte van bovenwaterverstoring 1.000 meter. Voor de roodkeelduiker, parelduiker en zwarte zee-eend wordt specifiek een verstoringscontour van 2.000 meter gebruikt. De onderstaande uiteenzetting komt uit de Passende Beoordeling Net op zee Nederwiek 1 (Bijlage VII-A van MER Nederwiek 1).

Figuur 2-9 toont de reikwijdte van het effect van bovenwaterverstoring als gevolg van de werkzaamheden. Het geluid verplaatst met de schepen mee en is tijdelijk van aard en zal dus niet over de hele verstoringscontour gelijktijdig optreden. Bij de verstoringscontour van 500 meter voor minder gevoelige vogels blijft voldoende onverstoord areaal beschikbaar om bij verstoring naar uit te wijken.

In de omgeving van het tracé komen seizoensgebonden een laag aantal roodkeelduikers en zwarte zee-eenden voor. Deze twee soorten zijn gevoeliger voor verstoring, met een verstoringafstand van 2.000 meter. Aanleg zou voor deze soorten resulteren in een verstoring van 13.827 hectare leefgebied in de Voordelta. In dit gebied waar verstoring zal plaatsvinden vindt echter al verstoring plaats door reeds aanwezige hoge scheepvaartintensiteit. In delen van dit gebied bevinden zich vaste scheepvaartroutes met doorgaans een scheepvaartintensiteit van >100 routes (i.e. vaarbewegingen/boten) per vierkante kilometer per maand. Individuen die zich in de buurt van deze routes bevinden zijn hierdoor al in enige mate gewend aan verstoring door scheepvaart. Extra vaarbeweging als gevolg van de werkzaamheden zullen hierdoor niet significant bijdragen aan de mate van verstoring in de buurt van vaartroutes. Voor de verstoring die optreedt buiten de vaste vaartroutes geldt dat aanwezige vogels tijdelijk uit zullen wijken naar alternatief leefgebied. Er zijn gedurende de periode van aanleg voldoende uitwijkmogelijkheden voor de verstoorde vogels naar gebieden waar de verstoring minder is. De verstoring treedt bovendien niet over het gehele tracé tegelijk op. Er is alleen sprake van verstoring ter plaatse van de werkzaamheden, die langzaam en voorspelbaar langs het tracé bewegen.

Ruiende vogels, zoals alken, zeekoeten, grote jagers en bergeenden hebben dezelfde verstoringscontour als de roodkeelduiker. Ruiende vogels kunnen, afhankelijk van de periode, echter moeilijk uitwijken voor verstoringsfactoren wegens hun beperkte vliegvermogen. Alken, zeekoeten en grote jagers maken tijdens de rui gebruik van het NCP.

Grote jagers ruien tijdens de trek. Ze ruien niet alle handpennen tegelijk, wat vliegen onmogelijk zou maken, maar stapsgewijs. Deze rui gebeurt op volle zee en start na het verlaten van de broedgebieden omstreeks eind juli/begin augustus. Pas in de winter, in januari-februari, wordt de rui voltooid, nadat ze de Nederlandse Noordzee verlaten hebben (van Bemmelen et al., 2012). Eventueel verstoorde ruiende grote jagers kunnen zodoende bij verstoring uitwijken naar onverstoord areaal. De optredende verstoring als gevolg van de werkzaamheden is tijdelijk en lokaal en zodoende is er ruim onverstoord areaal beschikbaar.

Zeekoeten ruien in juli, augustus en de eerste helft van september. Gedurende deze periode kunnen de vogels niet vliegen, waardoor ze bij verstoring moeilijker kunnen vluchten dan buiten de

ruiperiode. Van december tot februari ruien ze weer van hun winter naar hun zomerkleed. Gedurende deze periode kunnen zeekoeten wel vliegen (Dunn et al., 2019; St. John Glew et al., 2018). Eventueel verstoorde ruiende zeekoeten kunnen zodoende bij verstoring uitwijken naar onverstoorde areaal. Alken ruien van zomerkleed naar winterkleed en van winterkleed naar zomerkleed. De rui naar winterkleed vindt in juli en augustus plaats, echter gebeurt dit niet in Nederlandse wateren (van Bemmelen et al., 2013). De rui naar zomerkleed begint voor het vertrek naar de broedgebieden, voor de alk in januari tot en met maart. Tijdens de rui hebben de dieren een beperkt vliegvermogen. Er wordt daarom uitgegaan van een worst-case verstoringsafstand van 2000 meter. In de Bruine bank leidt dit tot een verstoord oppervlak van 35 km<sup>2</sup> langs het 70 km lange traject.

In de ruiperiodes in de winter komen hoge aantallen ruiende zeekoeten en alken voor in het noorden van het tracé. Voor zeekoet varieerde de maximale dichtheid op telgebied de Bruine Bank op de telmomenten in dit ruiseizoen in 2021-2022 van circa 5,057 (januari) tot 4,906 (februari) individuen per km<sup>2</sup> en voor de alk 0 (augustus) tot 0,489 (november) individuen per km<sup>2</sup> (R. S. A. van Bemmelen et al., 2022). Het maximaal geschatte aantal zeekoeten op de Bruine Bank was 102.042, dit was in februari 2019 (Fijn et al., 2019). Dit aantal is exceptioneel hoog, in 2020 en 2021 lagen de seizoen maxima van de zeekoet op de Bruine Bank een factor 15 tot 10 lager, namelijk tussen de 6.500 en 18.000 individuen (Fijn et al., 2022, 2020; R. S. A. van Bemmelen et al., 2022). Ook vlak buiten de Bruine Bank worden in dit seizoen hoge aantallen aangetroffen, soms ook op of in de nabijheid van de verstoringscontouren van het tracé. De verspreiding van de ruiende vogels varieert per jaar en aanwezigheid van grote aantallen ruiende zeekoeten en alken op of in de nabijheid van het tracé is tijdens de ruiperiodes in de winter (december tot en met maart) niet uit te sluiten. In de ruiperiode van juli tot en met de eerste helft van september, wanneer zeekoeten ruien in de omgeving van de Bruine Bank, zijn de aantallen ruiende vogels lager. De maximale dichtheid lag in augustus 2020 rond de 0,001 individuen per km<sup>2</sup>, in augustus 2019 en augustus 2021 waren ze zelfs geheel afwezig (Fijn et al., 2019, 2020; R. S. A. van Bemmelen et al., 2022). Alken ruien in deze periode niet in Nederlandse wateren (Fijn et al., 2022). De populaties zeekoeten op de Noordzee bestaan uit verschillende deelpopulaties die op verschillende locaties broeden en overwinteren. Omdat het daarom moeilijk is aan te geven wat als één (geografische) populatie wordt gezien, wordt uitgegaan van één Noordzee-deelpopulatie. De Noordzee-deelpopulatie is geschat op 1.562.000 zeekoeten (Ministerie van LNV, 2014). De populatie alken die de bron vormen voor het aantal vogels dat de Nederlandse Noordzee bezoekt wordt geschat op 324.000 vogels (R. van Bemmelen et al., 2013).

De werkzaamheden leiden met een verstoringscontour van 2.000 meter langs de Bruine Bank over een lengte van 70 kilometer tot een verstoord oppervlak van circa 47 km<sup>2</sup>. Met de berekende dichtheden op basis van aantallen uit van Bemmelen et al. (2022) en het oppervlak van de Bruine Bank, is het aantal verstoorde zeekoeten en alken ten gevolge van de werkzaamheden berekend voor augustus en januari. Om een indicatie te krijgen van mogelijke aantallen verstoorde individuen wordt gerekend met maximaal geschatte aantallen uit 2021/2022 (R. S. A. van Bemmelen et al., 2022). Voor de ruiperiode in de winter worden de aantallen van januari genomen, aangezien in deze maand van de gevoelige periode (januari en februari) de hoogste dichtheden alken en zeekoeten werden aangetroffen. Voor de ruiperiode in de zomer wordt gekeken naar de dichtheden in augustus.

In augustus 2021-2022 is de geschatte populatiegrootte op de Bruine Bank 476 zeekoeten en 0 alken. Gebaseerd op de populatiegrootte van de alk in augustus op de Bruine Bank zullen er geen

Alken verstoord worden tijdens werkzaamheden in augustus. Het aantal zeekoeten is hoger in augustus. De dichtheid zeekoeten op de Bruine Bank is in de maand augustus 0,348 individuen/km<sup>2</sup> (476/ 1.366 (oppervlakte de Bruine Bank)). De werkzaamheden in de ruiperiode in augustus leiden op basis van de overlap van de verstoringscontour met de bruine bank tot 12 (0,348\* 35) verstoorde zeekoeten.

Op een geschatte de Bruine Bank populatie van 476 zeekoeten is dit verstoring van circa 2,5 % van de populatie van de bruine bank en van 0,0007% van de Noordzee-deelpopulatie.

Alken zijn in deze periode niet waargenomen in het gebied rondom de werkzaamheden. Grotere aantallen zeekoeten zitten in de ruiperiode van augustus noordelijker. De dichtheid op de Bruine Bank in januari voor de zeekoet is 5,057 individuen/km<sup>2</sup> (6.908 /1.366) en voor de alk is 3,076 individuen/km<sup>2</sup> (4.202/1.366). De werkzaamheden in de ruiperiode in januari leiden tot 177 (5,057\* 35) verstoorde zeekoeten en 108 (3,076 \* 35) verstoorde alken

Op een geschatte Noordzeedeelpopulatie van 1.562.000 zeekoeten en 324.000 alken is dit verstoring van respectievelijk circa 0,011 % en circa 0,033 % van de populatie.

Wanneer de aanleg zodoende in de periode van de winter naar zomerrui plaatsvinden worden mogelijk relatief grote aantallen vogels verstoord. Aangezien de vogels in deze periode het vliegvermogen niet verliezen, ze de schepen al van grote afstand aan zien komen en het gebied reeds door beroepsvaart wordt verstoord, zijn effecten op de populatie in deze periode niet aan de orde. Wanneer verstoring plaatsvindt tussen juli en de eerste helft van september heeft deze relatief een grotere impact op zeekoeten aangezien ze in deze periode niet kunnen vliegen. Echter gezien het zeer lage aantal zeekoeten dat in deze periode aanwezig is (en alken geheel afwezig zijn), zijn effecten op de populatie uit te sluiten. Daarnaast vaart het schip dat de kabels aanlegt erg langzaam, tussen 250 en 500 m/u, en kan het zonder bevoorrading tussen de 40 en 60 km kabel aanleggen (Pondera Consult & Arcadis Nederland, 2022). Dit geeft verstoorde alken en zeekoeten voldoende mogelijkheid om uit te wijken, ook zonder vliegvermogen. De vaarbeweging en snelheid van bevoorradingsschepen is in de activiteitenbeschrijving niet beschreven.

Naast het gegeven dat het verstoorde oppervlak relatief klein is ten opzichte van het totaal beschikbare areaal, is de regulier aanwezige hoeveelheid scheepvaart op veel plekken in het projectgebied relatief hoog. Dit is uitgebreid beschreven in Passende Beoordeling Net op zee Nederwiek 1 (Bijlage VII-A van MER Nederwiek 1). Doorgaans is de scheepvaartintensiteit langs het tracé hoog, met >100 vaarbewegingen/schepen per vierkante kilometer per maand. De werkzaamheden zullen slechts enkele schepen aan deze hoge scheepvaartintensiteit toevoegen. Zodoende is ook de intensiteit van de verstoring binnen het verstoorde oppervlak relatief laag t.o.v. de regulier aanwezige scheepvaartintensiteit.

### **Zeehonden**

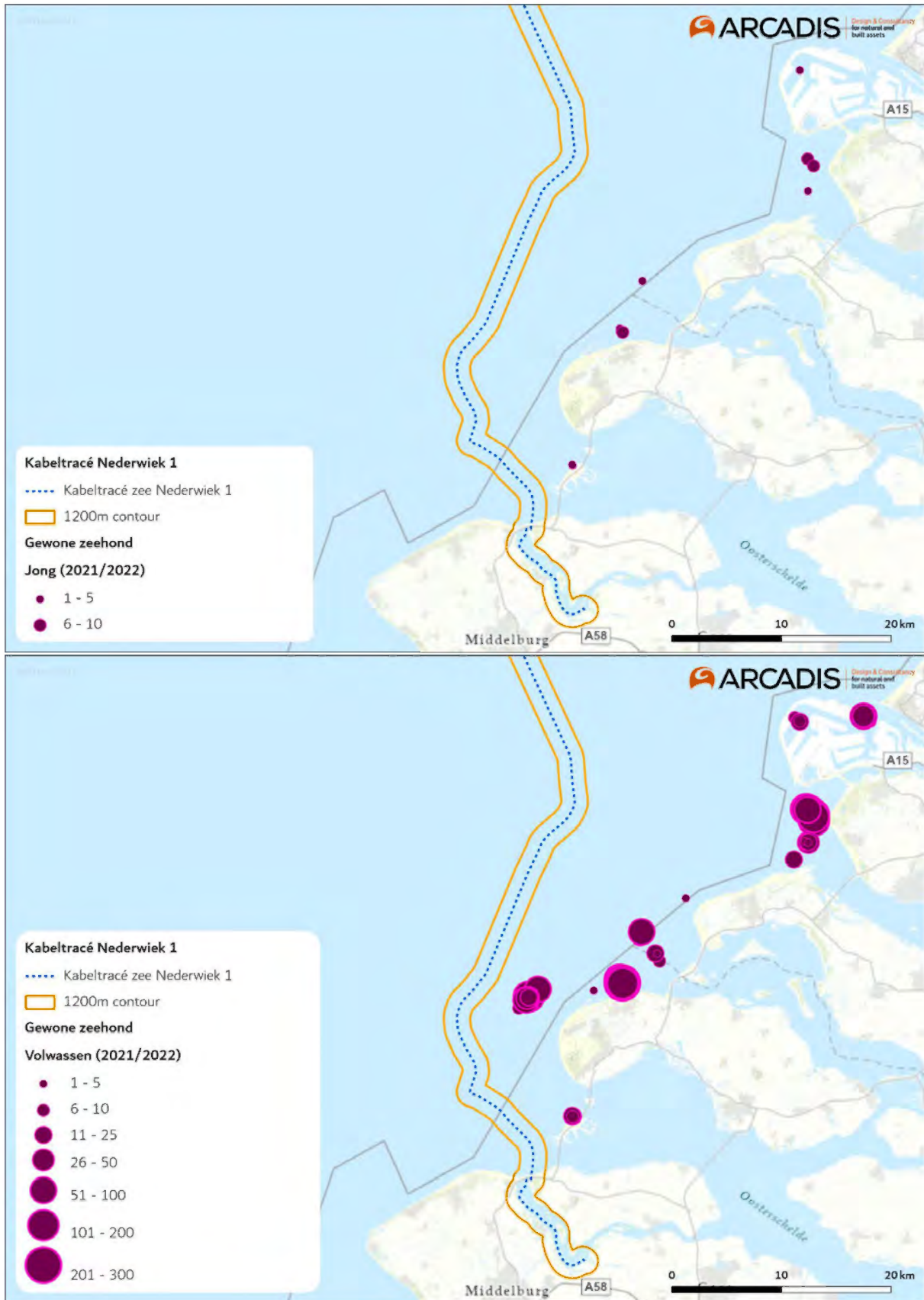
Zowel gewone als grijze zeehonden maken gebruik van droogvallende zandbanken voor de kust. Dit is weergegeven in Figuur 3-9 en Figuur 3-10.

Zoals in de vorige paragraaf beschreven geldt ook dat nabij de kustlijn de scheepvaartintensiteit, en daarmee de bestaande verstoring, relatief hoog is. Voor verdere details met betrekking tot de scheepvaartintensiteit in het gebied wordt verwezen naar de Passende Beoordeling Net op zee Nederwiek 1 (Bijlage VII-A van MER Nederwiek 1). Op dit traject is een hoge scheepvaartintensiteit aanwezig, met >100 vaarbewegingen/schepen per vierkante kilometer per maand. De werkzaamheden zullen slechts enkele schepen aan deze hoge scheepvaartintensiteit toevoegen.

Zodoende is ook de intensiteit van de verstoring binnen het verstoord oppervlak relatief laag ten opzichte van de regulier aanwezige scheepvaartintensiteit.

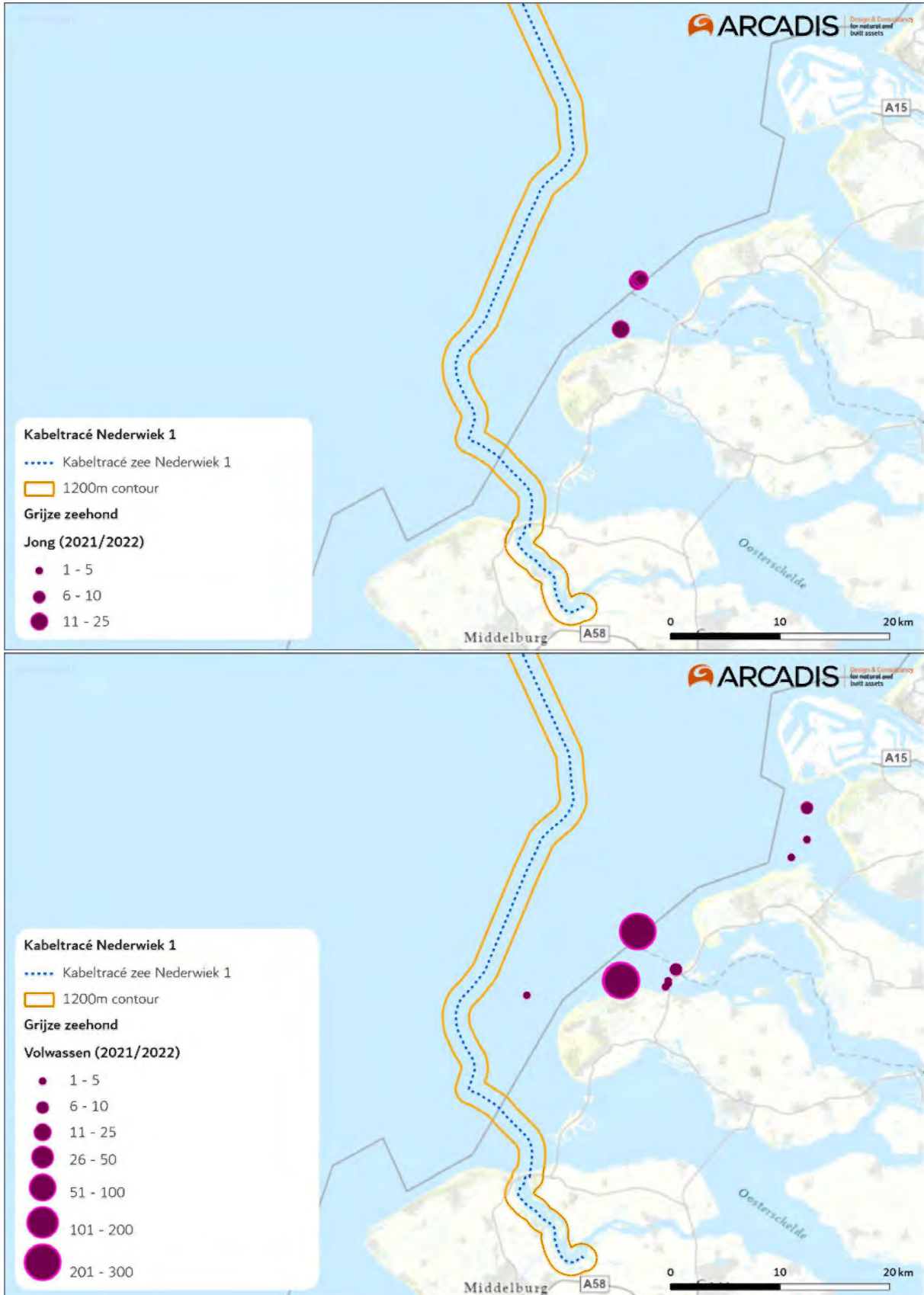
Volwassen zeehonden kunnen uitwijken van verstoringbronnen en hiervoor blijft ruim voldoende onverstoord areaal beschikbaar. De mate van verstoring is bij de bron het meest intens en neemt vervolgens af met de afstand. De verstoringcontouren zijn bovendien worst-case aannames van verstoring door baggerschepen. Deze schepen zijn niet geschikt voor werkzaamheden dicht bij het aanlandingspunt, waar de werkzaamheden zullen worden uitgevoerd door kleinere, en zodoende minder luide, schepen, met een kleinere verstoringafstand (Andersen et al., 2012).

Er zijn geen ligplaatsen bekend van de gewone en grijze zeehond in de nabijheid van het tracé. De verstoringcontour van 1.200 meter verstoort de zeehonden niet. Effecten van bovenwaterverstoring op zeehonden kan zodoende worden uitgesloten.



Figuur 3-9 Ligplaatsen van jonge gewone zeehonden (boven) en van volwassen gewone zeehonden (onder), gebaseerd op alle tellingen in 2021/2022. Data naar (Hoekstein et al., 2023).





Figuur 3-10 Ligplaatsen van jonge grijze zeehonden (boven) en van volwassen grijze zeehonden (onder), gebaseerd op alle tellingen in 2021/2022. Data naar (Hoekstein et al., 2023).

### 3.2.7 Habitataantasting en habitatverandering

In deze paragraaf wordt het effect van habitataantasting en habitatverandering op de descriptoren biologische diversiteit (D1), niet-inheemse soorten (D2), commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4), integriteit van de zeebodem (D6) en hydrografische eigenschappen (D7) beschouwd.

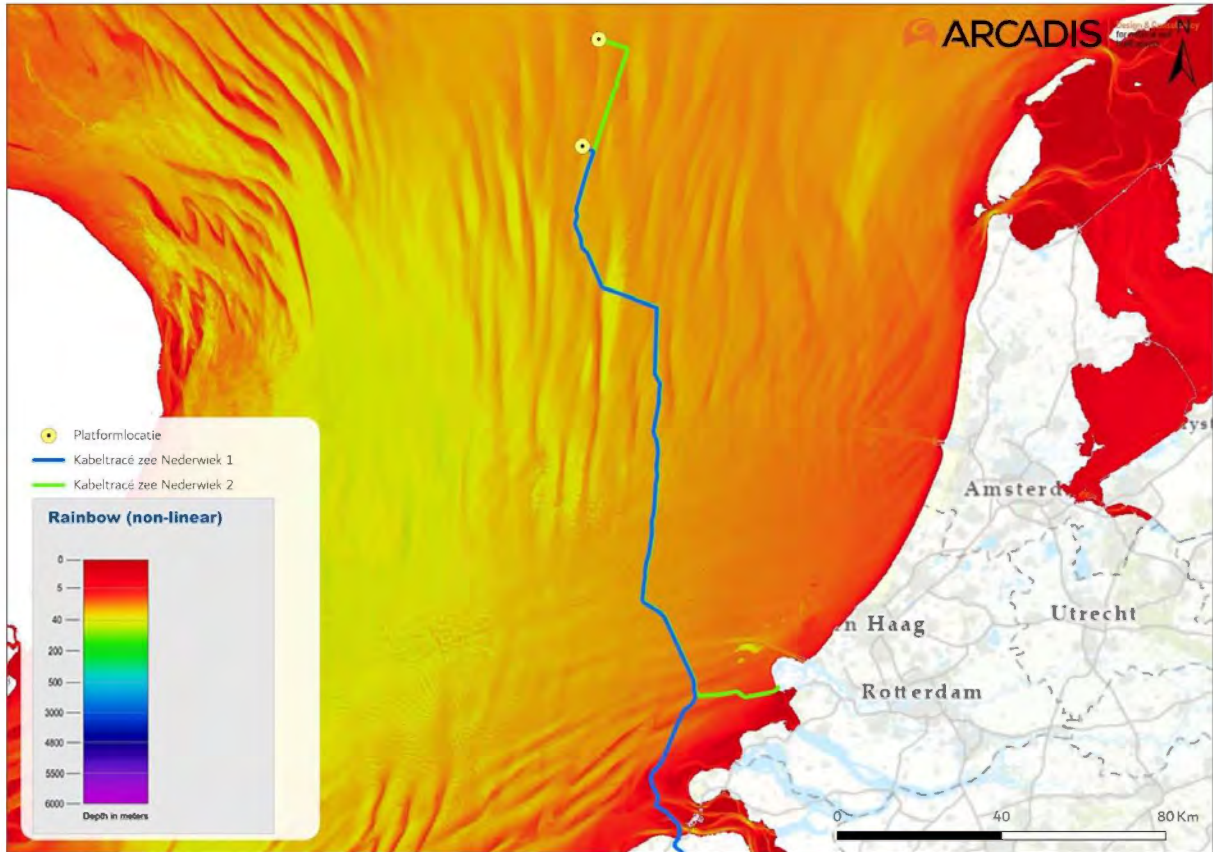
De gehanteerde reikwijdte van habitataantasting is toegelicht in paragraaf 2.7. Door het leggen van de kabels en het bouwen van de platforms wordt de habitat en de lokale biodiversiteit beïnvloed. Er zal op het NCP door de aanleg van het tracé habitataantasting plaatsvinden van circa 26.5 km<sup>2</sup>.

Ook rondom het platform zal het bodemleven zich op termijn herstellen. Deze zal echter anders zijn dan de oorspronkelijke habitat door de aanwezigheid van meer aanhechtingsoppervlak en hard substraat. Dit zal zeer lokaal zorgen voor meer biodiversiteit doordat er meer schuil- en aanhechtingsplaatsen zijn voor (bodem)fauna. Dit biedt kansen voor soorten als zeeanemonen, koralen, sponzen en zakpijpen en voor jonge kabeljauw, steenbolk en Noordzeekrab (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, 2012; van der Stap et al., 2016).

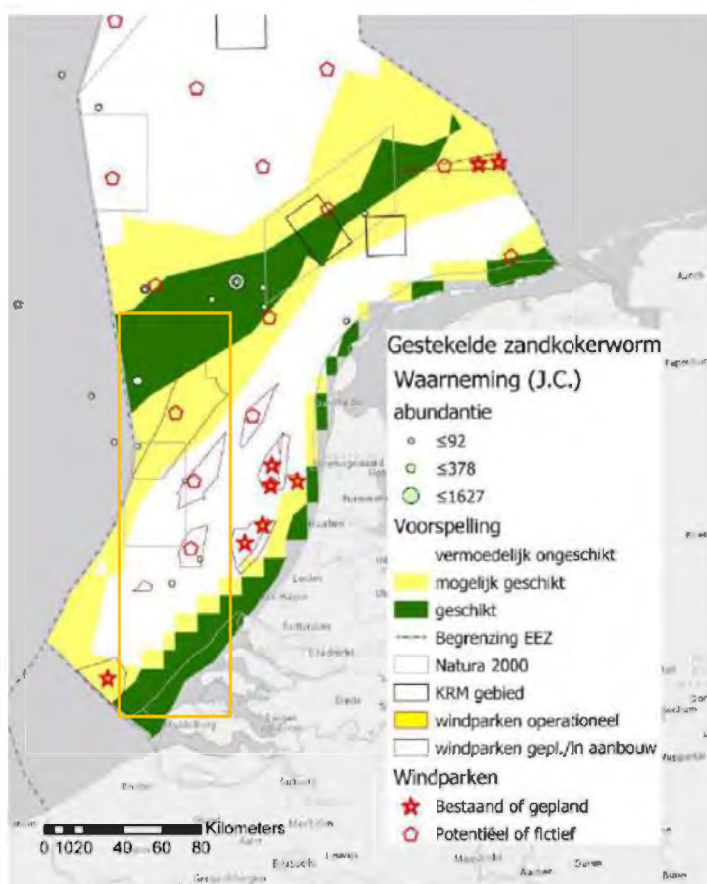
#### **Bodemdieren**

De zandkokerworm ondervindt effect van habitataantasting. Door habitataantasting kunnen (delen van) riffen verdwijnen of afsterven. Afhankelijk van de frequentie en mate van aantasting in verhouding tot het formaat van het rif, kan het hierbij om kleine delen van het rif of volledig weggevaagde riffen gaan. Zo wordt algemeen aangenomen dat het beperkte (en voorheen onwaarschijnlijk geachte) voorkomen van riffen op de Bruine Bank komt door de intensieve bodemvisserij. Door deze vorm van visserij wordt meerdere keren per jaar de gehele bodem omgeploegd (Garcia et al., 2019). Riffen van de gestekelde zandkokerworm worden namelijk niet gevonden bovenop zandruggen, maar juist wel op de bodem van zogenaamde valleien, tussen twee hogere zandruggen in, op een diepte van 35 tot 45 meter. Mogelijk komt dit omdat de riffen hier afgeschermd liggen van de intensieve bodemvisserij in het gebied (Garcia et al., 2019; van der Reijden et al., 2019). De trawlnetten 'springen' hier als het ware over de zandruggen heen en ontzien de tussenliggende riffen. Doordat bodemvisserij binnen het Windpark Nederwiek 1 niet meer is toegestaan wanneer het gebied in gebruik wordt genomen bestaat hierdoor juist de mogelijkheid voor de zandkokerriffen om zich te vestigen.

Het valt echter niet uit te sluiten dat er tijdens de aanleg van het tracé ook riffen op de bodem van niet in kaart gebrachte valleien nabij het platform en tracé voorkomen. Uit Figuur 3-11 blijkt dat deze diepere geulen in noord-zuid richting lopen en met name in het noordelijke deel van het tracé (nabij het platform) en bij de kust voorkomen. De kans op het aantreffen van de zandkokerwormriffen in het overige gebied is zeer gering. Dit wordt bevestigd door een model van habitatgeschiktheid voor de zandkokerworm, zie Figuur 3-12 (Bos et al., 2019). Hierbij dient vermeld te worden dat de betrouwbaarheid van de voorspelling door de onderzoekers zelf, voornamelijk in kustgebieden, wordt ingeschat als laag tot matig. In kustgebieden zijn vooral scheepswrakken en ander substraat bemonsterd, waar veel wormen in een hoge dichtheid op zaten. Er zijn alleen niet veel plekken met hard substraat binnen (<10km) de kustzone waardoor de kans dat individuele wormen of riffen op het gewone zeebed aangetroffen worden vrij klein is. Verder constateerden de onderzoekers: *'De voorspelling laat zien dat de zandkokerworm vooral op ruime afstand van de Noord-Hollandse kust voorkomt, en niet in slibrijke gebieden, zoals de diepere delen in het midden van de Nederlandse Noordzee (bv Oestergronden).'*



Figuur 3-11 Bathymetrie meting Noordzee ten opzichte van Netten op zee Nederwiek 1 en Nederwiek 2 bathymetriegegevens (EMODnet, Nd..).



Figuur 3-12 Kaart met de gemodelleerde habitatgeschiktheid voor *S. spinulosa* uit Bos et al. (2019). Het oranje kader geeft het projectgebied aan.

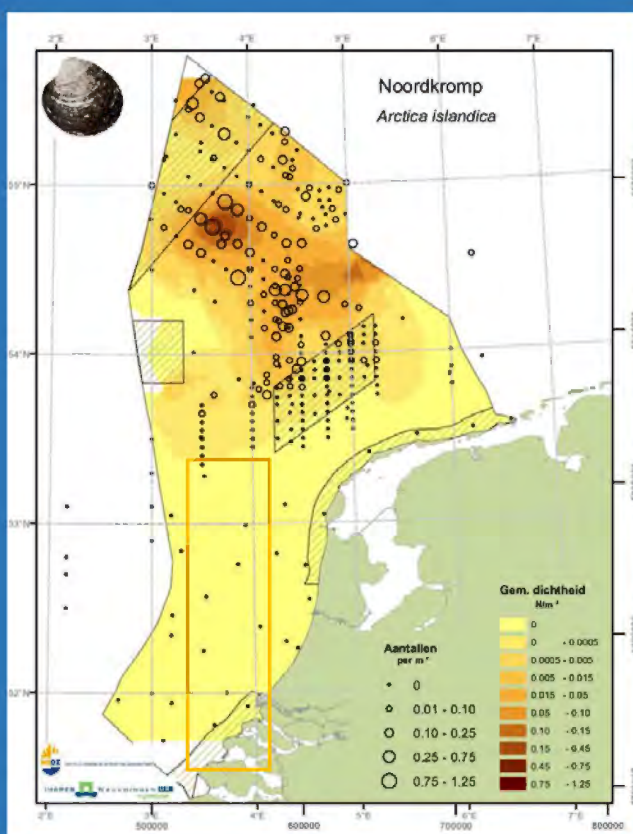
De kans op het aantreffen van zandkokerworm riffen zal zich daardoor hoofdzakelijk limiteren tot het noordelijke deel van het tracé. Omdat er niet kan worden uitgesloten dat het tracé zich (deels) bevindt in geschikt gebied voor de zandkokerwormriffen, is er sprake van aantasting van leefgebied en leiden de werkzaamheden tot tijdelijke beperkingen zoals oppervlakteverkleining van de riffen. De reikwijdte van de aantasting zal hoogstwaarschijnlijk beperkt blijven tot de reikwijdte het bagger/frezen en sedimentatie in de directe omgeving. Eventuele aangetaste riffen hebben de mogelijkheid zich te herstellen. Uit literatuuranalyse blijkt dat de zandkokerworm riffen zich relatief snel herstellen (Arcadis, 2020). Gedeeltelijk aangetaste zandkokerwormriffen kunnen binnen dagen tot weken hersteld zijn. Na aantasting kunnen (grotendeels) lege velden na 6 maanden weer als rif herkenbaar zijn. De doorontwikkeling tot een zo optimaal mogelijk functioneel rif inclusief biodiversiteit duurt langer (orde grootte enkele jaren).

Habitataantasting van de zeebodem is een tijdelijk effect. Uit onderzoek is gebleken dat de morfologie van een aangetaste zeebodem zich vaak al binnen een jaar weer kan herstellen door de natuurlijke dynamiek (Baptist et al., 2009). De tijd dat bodemfauna nodig heeft om in een aangetast gebied de oude biomassa en dichtheid weer te bereiken bedraagt doorgaans ook één jaar, dit neemt toe tot 2-5 jaar voor organismen met langere levenscycli (zoals verschillende tweekleppige en zee-egels) (Baptist et al., 2009; Boudewijn, 2016; Coates et al., 2015; Rozemeijer et al., 2013). Na een worst-case periode van vijf jaar zal de bodem opnieuw gekoloniseerd zijn door bodemfauna en een natuurlijke morfologie vertonen. Negatieve effecten zullen daarom niet merkbaar zijn op systeemniveau.

### Overige bodemdieren

In de Noordzee en kustzone kunnen ook andere minder algemeen voorkomende benthosoorten voorkomen langs het tracé die niet zijn behandeld in de huidige studie, zoals de Noordkromp (*Arctica islandica*). De noordkromp komt vooral in het Noorden van het NCP voor. De soort is kwetsbaar voor bodemverstoring (onder andere als gevolg van aanleg van kabels) door zijn leefwijze, namelijk ondiep onder het oppervlak van de zeebodem (de Bruyne et al., 2013). In het projectgebied komt de noordkromp in verwaarloosbaar lage dichtheden voor (<0,0005 stuks per m<sup>2</sup>, oftewel 1 individu per >2000 m<sup>2</sup>, zie onderstaand figuur). Uitgaande van de worst-case aannames, zoals beschreven in Hoofdstuk 2, kunnen effecten op soortniveau van minder algemeen voorkomende benthische soorten, zoals de noordkromp, worden uitgesloten.

De noordkromp heeft in gebieden waar bodemroerende visserij is toegestaan erg te lijden. Mogelijk dat de noordkromp profiteert van de aanwezige Wind op zee parken aangezien er in deze parken niet gevist mag worden (Lindeboom et al., 2008).



Verspreiding Noordkromp op het Nederlandse Continentaal Plat (Lindeboom et al., 2008). Het oranje kader geeft het projectgebied aan.

### 3.2.8 Opwerveling van historische verontreiniging op zee

In deze paragraaf wordt het effect van verontreiniging op de descriptor D8 vervuilende stoffen en D9 vervuilende stoffen in visproducten behandeld.

### Slibconcentraties en verspreiding

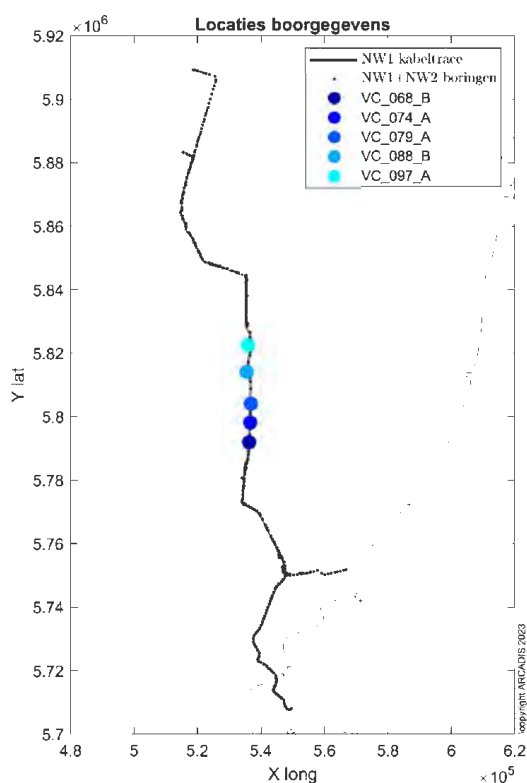
Gevolgen van de verontreinigen treden op doordat veen- en slibdeeltjes met verontreinigen tijdens het jet trenchen in de waterkolom terecht komen. De vertroebelingsstudies die zijn uitgevoerd voor de verschillende kabeltracés op de Noordzee geven inzicht in de concentraties van de deeltjes in de waterkolom. In de Noordzee vindt door het optreden van getijdestroming verspreiding plaats van de slibdeeltjes in de waterkolom nabij de bagger- en verspreidingslocatie. Het betekent dat de concentraties die lokaal en tijdelijk hoog zijn snel veel lager zijn, door de verdunning die optreedt door de stroming. In modelsimulaties voor de slibverspreiding is deze verdunning door de stroming berekend. In de slibsimulaties wordt gebruik gemaakt van conservatieve aannames over de hoeveelheden slib in de bodem en over baggervolumes voor de verschillende delen van het kabeltracé. De slibpercentages zijn gebaseerd op korrelgroottebepalingen van het bodemsediment. De berekeningsresultaten zijn daarmee bruikbaar om inzicht te geven in de gemiddelde slibconcentratie in de waterkolom. De hoogste concentraties slib treden op bij de bodem, omdat daar het meeste slib in het water terechtkomt door de werkzaamheden en doordat de getijdestroming het verspreide sediment van de bodem erodeert. De daggemiddelde concentraties bij de bodem komen niet boven de 5 mg/l uit. Ook bij de wateroppervlakte is sprake van iets verhoogde concentraties slib in de waterkolom, omdat bij het baggeren water met slib uit het baggerschip stroomt. De concentraties slib zijn wel lager dan bij de waterbodem. Over de hele waterkolom komt gemiddeld per dag de slibconcentratie niet boven de 2 mg/l uit.

### Arseenconcentraties in de bodem

De arseenconcentraties in deze veenlagen is gemeten op verschillende dieptes, in het totaal zeven monsters. Tabel 3-5 geeft de code van de locatie, die terug is te vinden in Figuur 3-13, de diepte van de laag waaruit het monster is genomen, de percentages organisch stof, fracties kleiner dan 2 en 63 µm en de arseenconcentratie weer.

Tabel 3-5 Arseenconcentraties in de diverse monsters

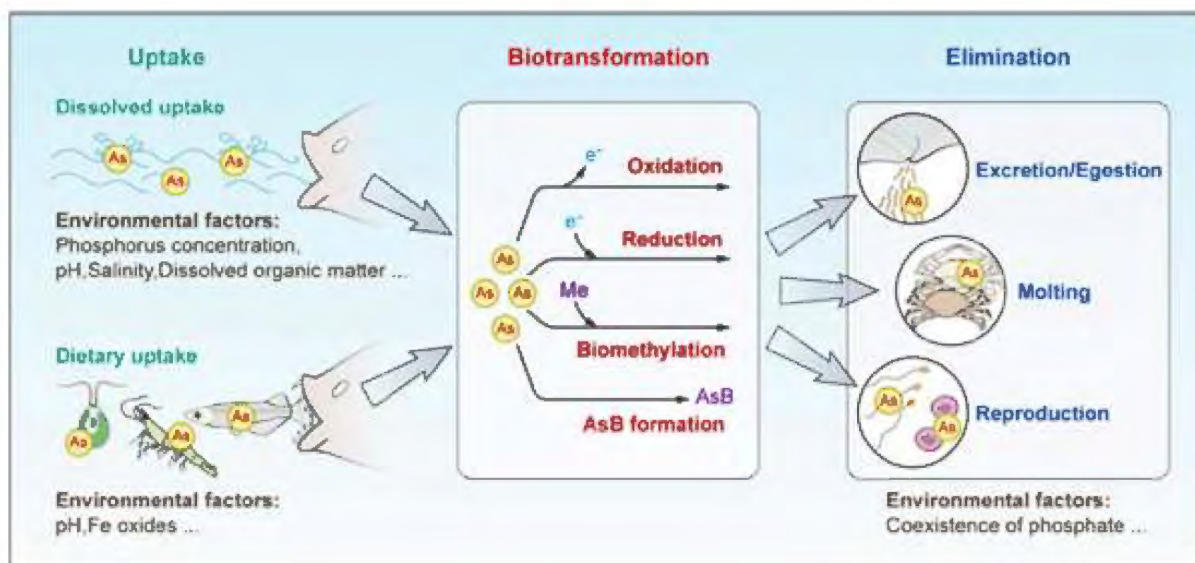
Code	Diepte (m)	OS (%)	<2 µm (%)	<63 µm (%)	As (mg/kg d.s.)
VC_068_B	1,37-3,00	1.7	22	63	15
	3,00-3,80	1.3	18	50	10
VC_074_A	0,57-1,69	1.2	19	49	11
VC_079_A	0,60-0,82	2.3	14	51	19
	1,27-1,52	2.9	11	47	31
VC_088_B	1,75-2,08	49,7	<2	<2	54
VC_097_A	4,13-4,43	28,3	2,3	8,9	46



Figuur 3-13 Locaties van de monsters waarin arseen is bepaald

### Gedrag van arseen

Het arseen in de Noordzeebodem is anorganisch arseen (waarschijnlijk voornamelijk in de vorm van arsenaat  $As^V$ ) en kan als het vrijkomt uit de bodem door organismen worden opgenomen. De opname wordt door veel omgevingsfactoren bepaald. Na opname ondergaat het arseen vaak biotransformatie en kan het worden omgezet naar organisch arseen en worden uitgescheiden. Er zijn meer dan 300 vormen van organisch arseen (Zhang et al., 2022), de meest voorkomende zijn monomethyarsonic acid (MMA), dimethylarsonic acid (DMA), arsenobetaine (AsB), arsenocholine (AsC) en arsenosugars (AsS). Figuur 3-14 uit (Zhang et al., 2022) geeft het proces rondom arseen schematisch weer.



Figuur 3-14 Proces van opname, biotransformatie en verwijdering van stoffen uit Zhang et al., (2022).

De organische verbindingen worden dus weer uitgescheiden en het zijn vooral deze verbindingen die tot biomagnificatie leiden (Ghosh et al., 2022). Ook diverse andere recente papers benoemen deze eigenschap van de organische arseenverbindingen. Bij de bepaling van effecten van het vrijkomende arseen wordt aangenomen dat in een getijdesysteem als de Noordzee er voldoende zuurstof aanwezig is en dat er geen zuurstofloze omstandigheden zijn net boven de bodem. Onder zuurstofloze omstandigheden wordt het arseen namelijk niet biobeschikbaar (Wang et al., 2022).

### Normen en achtergrondconcentratie

De huidige normen voor arseen in zout water zijn te vinden via de site van het RIVM.<sup>4</sup> In Tabel 3-6 zijn de normen en achtergrondconcentraties vermeld. De MAC-MKN (maximaal aanvaardbare concentratie – milieukwaliteitsnorm) wordt door het RIVM gedefinieerd als: *de maximaal aanvaardbare concentratienorm beschermt het ecosysteem tegen kortdurende concentratiepieken*.<sup>5</sup> Wanneer deze norm niet wordt overschreden is het ecosysteem beschermd tegen een arseenpiek in het water na jet trenchen.

Er is voor arseen geen MKN-biota afgeleid. Dat dat niet nodig is en de in Tabel 3-6 genoemde normen voldoende bescherming bieden, wordt beargumenteerd op het stofgegevensblad (ICBR, 2009) waar de RIVM website naar refereert. Hier wordt echter niet gesproken over biomagnificatie van de organische vormen van arseen, welke dus vooral in recente papers wordt benoemd.

Tabel 3-6 Normen en achtergrondconcentraties voor arseen

Categorie	Compartiment/Normtype	Norm	Arseen (7440-38-2)
Milieu	Oppervlakte zout	Andere oppervlaktewateren achtergrondconcentratie (opgelost)	0,62 µg/l
Milieu	Oppervlakte zout	Andere oppervlaktewateren wettelijk JG-MKN (opgelost)	0,6 µg/l
Milieu	Oppervlakte zout	Andere oppervlaktewateren wettelijk MAC-MKN (opgelost)	1,1 µg/l

<sup>4</sup> Zoeksysteem | Risico's van stoffen (rivm.nl), bezocht op 15 mei 2023.

<sup>5</sup> Oppervlaktewater | Risico's van stoffen (rivm.nl), bezocht op 15 mei 2023.



### **Inschatting arseenconcentratie in het water**

In Arcadis (2021) is vanuit een stofconcentratie in de bodem een inschatting gemaakt van de concentratie in het water. Deze inschatting is gemaakt met behulp van relatief eenvoudige rekenregels waarbij er wordt uitgegaan van één bodemconcentratie wat resulteert in één waterconcentratie.

Eerder in deze paragraaf is bepaald dat de hoogste daggemiddelde slib- en veenconcentratie in het water net boven de bodem maximaal 5 mg/l is. Uitgaande van de hoogste bodemconcentratie (54 mg/kg ds) leidt dat tot een schatting van 0,3 µg/l arseen in het water. Samen met de al aanwezige achtergrondconcentratie levert dit een concentratie van 0,93 µg/l arseen op, wat lager is dan de MAC-MKN van 1,1 µg/l. Er zal dus geen effect op het ecosysteem optreden door het jet trenchen van de historische lagen met arseen. Vogels zullen geen effect ondervinden van de opwoeling van arseen en mogelijke bioaccumulatie, en er worden geen verbodsbepalingen overtreden.

### **3.2.9 Elektromagnetische velden**

In deze paragraaf wordt het effect van elektromagnetische velden (EMV) op de descriptorren biologische diversiteit (D1), commerciële vis, schaal- en schelpdieren (D3), voedselwebben (D4), en toevoer van energie (D11) beschouwd.

EMV kunnen worden waargenomen door verschillende soorten vissen (bijvoorbeeld haaien en roggen), ongewervelden (bijvoorbeeld krabben) en bepaalde zeezoogdieren (bijvoorbeeld bepaalde dolfinsoorten) (zie de Bijlage VII-D). Deze soorten kunnen mogelijk negatieve effecten ondervinden bij hoge EMV-waarden (Gill & Desender, 2020; Hutchison et al., 2018; Normandeau et al., 2011). In de volgende paragrafen is voor de soortgroepen uiteengezet wat de meest recente inzichten zijn met betrekking tot EMV.

#### **Bodemdieren (schaal- en schelpdieren)**

Een studie met gewone mosselen (*Mytilus edulis*) en garnalen (*Crangon crangon*) liet zien dat blootstelling aan magnetische velden van 3.700 µT gedurende zeven weken geen lethale effecten tot gevolg had (Bochert & Zettler, 2004). Onderzoek van (Otremba et al., 2019), heeft echter uitgewezen dat effecten van een magnetisch veld invloed hebben op veranderingen in hydratatie en aminestikstofwaarde van de gewone mossel bij 5.000 µT (Otremba et al., 2019). Garnalen worden aangetrokken door magnetische velden rondom windparken (Gill et al., 2014).

Jonge Europese kreeften (*Homarus gammarus*) vertonen geen verandering in het zoeken naar schuilplaatsen tijdens blootstelling aan 200 µT (Taormina et al., 2020). Bij de Amerikaanse kreeft (*Homarus americanus*) en de kleine rog (*Leucoraja erinacea*) werd het ruimtelijke gedrag gemeten na blootstelling aan een EMV (maximaal 14 µT hoger dan het magnetisch veld van de aarde (51,3 µT) van een gelijkstroomstroomkabel (330 MW, 1175 Amps) (Hutchison et al., 2018). De kreeften lieten statistisch significante maar wel subtiele ruimtelijke gedragsveranderingen zien. Ten opzichte van de controlegroep bleven zij lager bij de bodem en maakten zij vaker bochten van 180 graden. Uit het onderzoek bleek echter wel dat de kabels geen barrière vormden voor de kreeften om te passeren.

Bij krabben is aangetoond dat soorten minder agressief worden door blootstelling aan magnetische velden rondom windparkkabels (Gill et al., 2014). Voor de Noordzeekrab is aangetoond dat deze soort kiest voor schuilplaatsen met hoge magneetveldwaardes (lab-studie) (Gill & Desender, 2020).

Van rivierkreeften is bekend dat ze een aantrekkingsreactie vertonen op elektrische gelijkstroomvelden met stroomdichtheden van  $0,4 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  (Snoek et al., 2016).

### **Benthische en demersale vissen**

Vissen zijn gevoelig voor sterke magnetische velden. Zo vertoonde de heilbot (*Hippoglossus hippoglossus*) verminderde groei en ontwikkeling na blootstelling aan  $3.000 \mu\text{T}$  in het laboratorium (Gill, 2015). De heilbot is een zeldzame soort in de Nederlandse kustwateren, maar andere platvissen, waaronder dicht aan deze soort gerelateerde vissen zoals de schol, komen wel in grote getallen voor in de Nederlandse wateren. Mogelijk ondervinden deze soorten vergelijkbare effecten. Botten (een platvis) gingen niet dood van een blootstelling van zeven weken aan een magnetisch veld van  $3.700 \mu\text{T}$  (lab-studie) (Normandeau et al., 2011).

Over het belang van magnetisme voor oriëntatie en navigatie bij vissen is weinig bekend. Vooral vissen die magnetisch materiaal in hun lichaam hebben kunnen door magnetische velden worden beïnvloed. Zo heeft de Europese paling (*Anguilla anguilla*) magnetisch materiaal in de schedel, ruggengraat en bekkengordel (Otremba et al., 2019). De paling kan hierdoor magnetische velden waarnemen. Aangetoond is dat palingen langzamer zwemmen als zij een magnetisch veld van een wisselstroomkabel (115 kV, geen magneetveldsterkte genoemd) passeren, maar dat het magnetische veld palingen niet tegenhoudt. De onderzoekers concludeerden dat de kabel geen permanente barrière was voor de vis (Westerberg & Lagenfelt, 2008).

### **Pelagische vissen**

Zoutwatertrekvisseren kunnen mogelijk effecten ondervinden van magnetische velden. Beschermden of gevoelige soorten die belangrijk zijn voor de Noordzee zijn fint (*Alosa fallax*), elft (*Alosa alosa*), zeeprik (*Petromyzon marinus*), rivierprik (*Lampetra fluviatilis*), houting (*Coregonus oxyrinchus*) en Atlantische steur (*Acipenser sturio*). De Atlantische steur heeft ampullen van Lorenzini in zijn lichaam. Dit zijn elektroreceptoren die ervoor zorgen dat de steur (geïnduceerde) elektrische velden in het water kan detecteren (Jørgensen, 1980). Deze receptoren zijn ook aanwezig in zeeprikken (Snoek et al., 2016). Informatie over de effecten van elektromagnetische velden op de Atlantische steur of zeeprik zijn echter tot op heden nog niet gevonden. Ook over de fint, elft, houting en rivierprik is geen informatie over gevoeligheid van deze soorten voor elektromagnetische velden. Van soortgelijke vissen, zoals de regenboogforel (*Oncorhynchus mykiss*), is bekend dat deze soorten een verandering van meer dan  $50 \mu\text{T}$  kan waarnemen (Gill, 2015).

Dat deze soorten elektromagnetische velden kunnen waarnemen, betekent niet dat effecten schadelijk of blijvend zijn of dat soorten een verandering van gedrag vertonen. In een experiment met de Atlantische zalm (*Salmo salar*) passeerden vissen een magnetisch veld om van de ene kant naar de andere kant van een gebied te zwemmen. Er werd geen veranderingen in gedrag waargenomen en in het aantal passerende vissen nadat er een magnetisch veld werd gegenereerd tot  $95 \mu\text{T}$  (Armstrong et al., 2015).

Vislarven kunnen mogelijk ook effecten ondervinden van elektromagnetische velden. Dit is afhankelijk van de soort vis. Zo blijkt uit onderzoek dat de larven van de Atlantische schelvis (*Melanogrammus aeglofinus*) trager gaan zwemmen bij een magneetveld tussen de  $50 - 150 \mu\text{T}$ . Hierdoor zijn de larven mogelijk makkelijker te vangen door predatoren (Cresci, Durif, et al., 2022). Voor de larven van de zandspiering (*Ammodytes marinus*) is er echter geen effect ondervonden in een soortgelijk experiment (Cresci, Perrichon, et al., 2022). Er is dus een mogelijkheid dat larven van vissoorten trager gaan zwemmen, maar dit is soortspecifiek.

## Elasmobranchen

Voor de elasmobranchen, zoals de gevlekte toonhaai, gewone pijlstaartrog, stekelrog, grote blauwe haai en doornhaai, is bekend dat deze elektrische velden kunnen waarnemen (Öhman et al., 2007). Alle elasmobranchen bezitten ampullen van Lorenzini, waarmee de dieren elektrische velden kunnen detecteren (Snoek et al., 2016). Er zijn meerdere onderzoeken gedaan die aantonen dat haaien en roggen eenzelfde gevoeligheid hebben. De stekelrog (*Raja clavata*) liet reacties aan hart en kieuwen zien wanneer deze door een veld van 5 Hz bij een spanningsgradiënt van 0.01  $\mu\text{V}/\text{cm}$  (volt per centimeter) zwom (Fisher & Slater, 2010). Een experiment van Gill et al. (2009) heeft aangetoond dat sommige stekelroggen meer rondzwommen wanneer er stroom door een kabel getransporteerd werd (130 kV AC). Deze reacties waren echter individu specifiek, er kan niets gezegd worden over de effecten van elektrische velden op soortniveau. Het is echter waarschijnlijk dat haaien, en andere vis- en zoogdiersoorten gevoelig zijn voor elektrische velden en dat de door de kabelsystemen opgewekte elektrische velden waarschijnlijk waarneembaar zijn voor deze soorten.

Ook voor magnetische velden zijn er aanwijzingen dat elasmobranchen deze kunnen waarnemen. Zo bleek uit het eerder beschreven experiment van (Hutchison et al., 2018) dat individuen van de kleine rog (*Leucoraja erinacea*) die werden losgelaten in een omheining op een ingegraven gelijkstroomkabel sterke gedragsverandering vertoonden ten opzichte van een controle gebied zonder stroomkabel. De roggen brachten meer tijd door op zones binnen de omheining waar het magnetisch veld hoger was dan 52,6  $\mu\text{T}$ , zwommen langzamer en lager bij de bodem. Dit duidde volgens de onderzoekers op verkennend/foeragerend gedrag. Belangrijk was dat ook voor de roggen de kabels geen barrière vormden om te kunnen passeren. Verder is bekend dat de hondshaai onderscheid kan maken tussen kunstmatige en natuurlijke directe elektrische stromingen en is kabelbijten (het stukbijten van kabels op de zeebodem) van haaien en roggen waargenomen (Newton et al., 2019).

## Zeezoogdieren

Zeehonden zijn lichamelijk niet in staat EMV waar te nemen omdat er geen aanwezigheid is van ampullen van Lorenzini, of andere elektroreceptoren waardoor zeehonden magnetische velden kunnen waarnemen. Hierdoor worden zeehonden niet verder meegenomen in deze analyse (Bray et al., 2016; Normandeau et al., 2011).

Er is een aantal zeezoogdieren waarbij het mineraal magnetiet ontdekt is in hun brein of botten. De bultrug (*Megaptera novaeangliae*), gewone dolfijn (*Delphinus delphis*) en de tuimelaar (*Tursiops truncatus*) hebben allemaal een vorm van magnetiet in hun lichaam (Kirschvink et al., 1986; Zoeger et al., 1981). Dit mineraal werd door Zoeger et al. (1981) gevonden in het brein van een gewone dolfijn, waar het verbonden was met zenuwweefsel. Hij beargumenteerde dat magnetiet gebruikt wordt als een magnetisch veld receptor. Hoewel dit zou betekenen dat deze zoogdieren gevoelig zijn voor magnetische velden, is er nog niet genoeg onderzoek gedaan om de rol van magnetiet in zeezoogdieren te bevestigen.

De bruinvis (*Phocoena phocoena*) is een veel onderzocht zoogdier als het gaat om de effecten van windparken.

Onderzoek van Teilmann et al. (2002) laat zien dat bruinvissen nog steeds door gebieden zwemmen waar windparken gebouwd zijn en waar dus ook stroomkabels liggen. Dit laat zien dat er geen

sprake is van volledige barrièrewerking door elektromagnetische velden. Het enige onderzoek naar de effecten van magnetische velden op bruinvissen dat kwantificeerbare data noemt is het onderzoek van Kirschvink (1986). Kirschvink heeft twee onderzoeken gepubliceerd naar de effecten van het aardmagnetisch veld op strandingen van zeezoogdieren voor de oostkust van de Verenigde Staten (Kirschvink, 1990; Kirschvink et al., 1986). In deze onderzoeken zijn strandingsdata gekoppeld aan gemeten afwijkingen in het aardmagnetisch veld. Het onderzoek besloeg een groot studiegebied en daarom is de data over magnetische velden verzameld per vliegtuig. In het onderzoek werd het aardmagnetisch veld gemeten op 300 tot 400 meter hoogte. De gevonden waarden werden vervolgens gekoppeld aan geregistreerde strandingen aan de oostkust van de Verenigde Staten. Uit het onderzoek bleek dat bij afwijkingen van  $0,05 \mu\text{T}$  aan het gemeten aardmagnetische veld er een grotere correlatie was met stranding van zeezoogdieren (Kirschvink, 1990; Kirschvink et al., 1986)

Deze waarde van  $0,05 \mu\text{T}$  wordt daarom vaak gehanteerd als kwantitatieve grenswaarde om de kans op een mogelijk effect van magnetische velden op bruinvissen (en andere walvisachtigen en dolfinen) te bepalen. Hierbij is het wel belangrijk om de goede context te hanteren. Aangezien het aardmagnetisch veld, net als elk ander veld, afneemt met afstand tot de bron (in dit geval de aarde, zie o.a. van Essen 2021c), zullen fluctuaties van het aardmagnetisch veld ook lastiger te meten zijn. Dit resulteert erin dat de fluctuaties gemeten door (Kirschvink, 1990) zeer klein zijn. Dit komt met name door de (vlieg)hoogte waarop deze waarden gemeten zijn en waarop dus de grenswaarde geldt (300 á 400 meter). In deze effectbepaling wordt dan ook  $0,05 \mu\text{T}$  op 300 meter boven het wateroppervlak als bovenste grenswaarde gebruikt. Bij Kirschvink moet worden meegerekend dat er geen andere factoren zijn meegenomen. Strandingen zijn naar waarschijnlijkheid niet (enkel) afhankelijk van fluctuatie in het magnetisch veld, maar gedragsveranderingen in zeezoogdieren door de aanwezigheid van elektromagnetische velden zijn niet uit te sluiten. Daarom wordt deze gevonden waarde van Kirschvink alsnog als worst-case gebruikt.

Met de huidige kennis wordt dit als grenswaarde gesteld voor “hoge” magneetvelden.

Voor de gewone vinvis (*Balaenoptera physalus*), bulrugwalvis (*Megaptera novaeangliae*), gestreepte dolfin (*Stenella coeruleoalba*), gewone dolfin (*Delphinus delphis*), grijze dolfin (*Grampus griseus*), witflankdolfin (*Lagenorhynchus acutus*), witsnuitdolfin (*Lagenorhynchus albirostris*), griend (*Globicephala melas*), tuimelaar (*Tursiops truncatus*) en potvis (*Physeter macrocephalus*) geldt hetzelfde als voor de bruinvis, met dezelfde kanttekeningen. Alleen voor de gewone dolfin en tuimelaar zijn aanwijzingen gevonden dat ze fysiologische kenmerken hebben om op magneetvelden te kunnen reageren, voor de rest van de soorten is dus nog een kennisleemte (Zoeger et al., 1981).

Ook hier zijn geen verdere onderzoeken geweest naar mogelijke effecten van magnetische velden.

## Conclusie

Er zijn aanwijzingen dat er van alle belangrijke diergroepen in de Noordzee diersoorten zijn die elektromagnetische velden kunnen waarnemen en hier effecten van kunnen ondervinden. Voor verschillende soorten vissen en invertebrata die gevoelig zijn voor elektriciteit en magnetisme, kunnen elektromagnetische velden mogelijke gedragsveranderingen teweegbrengen. Andere soorten kunnen mogelijke nadelige effecten ondervinden bij lange blootstelling aan hoge magnetische veldwaarden. Veel onderzoeken spreken over waarden van boven de  $1.000 \mu\text{T}$ , allen laboratoriumstudies (zie bovenliggende paragrafen). Deze waarden zijn significant hoger dan de waarden van het EMV van IJmuiden ver Gamma, zoals berekend door van Essen, (2020, 2021). De berekeningen gedaan door van Essen, (2020, 2021) op de magneetvelden van IJmuiden Ver Gamma zijn toepasbaar op Net op zee Nederwiek 1 doordat er identieke kabelconfiguratie wordt gebruikt. Er

is op basis van de huidige kennis geen aanleiding om aan te nemen dat deze relatief minimale veldsterktes leiden tot concrete nadelige effecten. Op basis van de op dit moment beschikbare kennis zijn negatieve effecten op de goede milieutoestand van de KRM-descriptoren daarom niet aan de orde.

Over de effecten op de bruinvis en andere walvisachtigen kan nog weinig gezegd worden, er zijn nog veel kennisleemtes over de interactie tussen elektromagnetische velden en zeezoogdieren. Bij slechts een enkele soort (tuimelaar en gewone dolfijn) zijn aanwijzingen voor gevoeligheid voor magnetisme. Wel kan ervan uitgegaan worden dat zolang een elektriciteitskabel geen magnetisch veld genereert wat op 350 tot 400 meter hoogte nog meetbaar is als meer dan  $0.05 \mu\text{T}$  boven het aardmagnetisch veld, er geen bekende effecten zullen zijn. Aangezien het elektromagnetisch veld sterk afneemt naarmate de afstand tot de kabel toeneemt (Figuur 2-11), wordt deze waarde van  $0.05 \mu\text{T}$  niet bereikt op 350-400 meter hoogte met de elektrische kabelsystemen die er nu liggen of in de toekomst worden gelegd. De waardes op deze hoogte met het huidige kabelsysteem zijn daarmee verwaarloosbaar. Op basis van de op dit moment beschikbare kennis zijn negatieve effecten op de goede milieutoestand van de KRM-descriptoren daarom niet aan de orde.

### **3.3 Toetsing KRM**

#### **3.3.1 Inleiding**

In deze paragraaf wordt de activiteit aan elk van de descriptoren van de KRM, beschreven in paragraaf 3.1 getoetst. Dit wordt gedaan aan de hand van de beschreven effecten in paragraaf 3.2. Tabel 3-1 toont welke effecten voor welke descriptoren relevant zijn.

#### **3.3.2 D1. Biologische diversiteit**

Uit Tabel 3-7 blijkt dat de meeste effecten geen gevolgen hebben en er verder enkel sprake is van tijdelijke negatieve effecten op de biodiversiteit. Wanneer er gebruik gemaakt wordt van mitigerende maatregelen zal de geluidsnorm niet worden overschreden. Onderwatergeluid heeft een tijdelijke impact op het foerageergedrag en -gebied van zeezoogdieren, maar geen impact op hun aantallen en verspreiding. Verstoring boven water heeft een tijdelijke impact op vogels, maar er is voldoende door de werkzaamheden onverstoord leefgebied beschikbaar om naar uit te wijken. Wanneer verstoring plaatsvindt tussen juli en de eerste helft van september heeft deze relatief een grotere impact op zeekoeten aangezien ze in deze periode niet kunnen vliegen. Echter gezien het zeer lage aantal zeekoeten dat in deze periode aanwezig is, zijn effecten op de populatie uit te sluiten.

Tabel 3-7 Effecten op de biologische diversiteit. \*> = positieve verandering, 0 = geen impact, <0 = tijdelijke negatieve verandering, < = permanente negatieve verandering.

Gevolg	Soortgroep	Effect	Categorie*
Vertroebeling	Fytoplankton/ Primaire productie	Geen significante effecten	0
Vertroebeling	Trekvissen	Geen significante effecten	0
Vertroebeling	Zichtjagende vogels	Geen significante effecten	0
Vertroebeling	Filterfeeders	Geen significante effecten	0
Sedimentatie	Bodemdieren	Geen significante effecten	0
Onderwatergeluid (continu)	Zeezoogdieren, vissen	Lokale en tijdelijke verstoring van individuen, die een vermijdingsreactie kan veroorzaken. Er blijft ruim voldoende onverstoorde areaal beschikbaar. Effecten op populatieniveau zijn uitgesloten.	0
Onderwatergeluid (impuls)	Zeezoogdieren, (trek)vissen	Met toepassing van mitigerende maatregelen wordt binnen de geluidsnorm en het toegestane aantal bruinvisdagen gebleven. Effecten van impuls geluid op zeezoogdieren leiden hoofdzakelijk tot een tijdelijke verplaatsing van dieren naar andere route of foerageergebied. Dit zal op populatieniveau geen effect hebben.  Gehoorgevoelige vissen zullen vermijdingsreacties vertonen. Zoutwatervis wordt slechts zeer lokaal verstoord, er ontstaat geen migratie barrière. Effecten op populatieniveau zijn uitgesloten.	0
Bovenwater verstoring	Vogels, Zeehonden	De werkzaamheden resulteren in een tijdelijke verstoring, maar er zijn voldoende uitwijkmogelijkheden. Bij verstoring tussen juli en de eerste helft van september een relatief grotere impact op zeezoeten aangezien ze niet kunnen vliegen. Vanwege het zeer lage aantal zeezoeten dat in deze periode aanwezig is, zijn populatie-effecten uit te sluiten.	0
Habitataantasting en verandering	Bodemdieren	Tijdelijk habitatverlies door kabelaanleg, zal na 2-5 jaar herstellen. Op de platformlocaties zal de habitat van een zanderige platte bodem in hard substraat veranderen. Dit biedt aanhechtingsmogelijkheden en schuilplaatsen voor bodemdieren en vissen.	<0
Elektromagnetische straling	Zeezoogdieren, gevoelige vissen, bodemdieren	Op basis van de nu beschikbare informatie liggen de veldsterktes van dit project ver onder de waarden waarbij mogelijk verstoring optreedt in het navigatievermogen van soorten.	0

De vertroebeling die optreedt bevindt zich in nutriënt-gelimiteerd gebied tijdens de zomer. Daarnaast is in de winter de primaire productieactiviteit zo laag dat het bijkomend effect van tijdelijke lokale vertroebeling verwaarloosbaar is. Verminderde lichtinval als gevolg van vertroebeling door de activiteit zal daarom geen remmende werking hebben op primaire productie in het Noordzeegebied. Ook treedt geen barrièrewerking voor trekvissen op. Filterfeeders hebben het vermogen zich aan te passen aan tijdelijke en lokale verhoging van de slibconcentraties. Bodemdieren krijgen zeer lokaal met habitatverlies te maken. Van nature leven deze dieren al in een zeer dynamisch milieu en na 2 tot 5 jaar zullen zij zich hersteld hebben. Ook worden er extra kansen gecreëerd voor bodemdieren op de platformlocaties. Het systeem waarin deze platforms gebouwd worden is momenteel zeer dynamisch, met een lage biodiversiteit. Die kan door de aanwezigheid van hard substraat en schuilplaatsen worden vergroot. De gebieden waar daadwerkelijk eventuele sterfte en habitataantasting verwacht wordt zijn verwaarloosbaar klein ten op zichte van het gehele Noordzeegebied.

Op basis van de op dit moment beschikbare kennis over elektromagnetische velden is het niet te verwachten dat zeehonden of trekvissen een nadelig effect ondervinden van elektromagnetische velden. Walvissen en dolfijnen zijn mogelijk wel gevoelig voor elektromagnetische velden, maar op basis van de nu beschikbare informatie liggen de veldsterktes van dit project ver onder de waarden waarbij mogelijk verstoring optreedt in het navigatievermogen. Negatieve effecten zijn daardoor niet te verwachten.

Op de lange termijn kan worden geconstateerd dat de voorgenomen activiteiten geen negatieve invloed zullen hebben op de goede milieutoestand voor deze descriptor. Door het toevoegen van hard substraat zou zelfs lokaal een positief effect kunnen ontstaan.

### 3.3.3 D2. Niet-inheemse soorten

#### Aanlegfase

Tijdens de aanlegfase worden geen exoten geïntroduceerd in het systeem omdat voor de aanleg schepen worden gebruikt met anti-exootsystemen die voldoen aan de richtlijnen van de IMO (International Maritime Organisation, 2018).

#### Impact activiteiten

De geplande activiteiten veroorzaken een tijdelijke habitatverstoring op de zeebodem. Hierdoor ontstaan er kansen voor soorten om zich te vestigen. Met de aanleg van het platform wordt een geheel nieuw habitat gecreëerd waar zowel inheemse soorten als exoten zich zouden kunnen vestigen. Een voorbeeldgroep waar kansen voor gecreëerd worden zijn koralen. Een aantal koralen vestigt zich niet op een zanderige bodem, maar wel op hard substraat, bijvoorbeeld *Caryophyllia smithii* (Coolen et al., 2015).

De goede milieutoestand voor deze descriptor wordt omschreven als: *Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten (exoten) komen voor op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert.* Tijdens de voorgenomen activiteiten worden geen exoten geïntroduceerd, maar er ontstaan wel vestigingskansen voor al in het systeem aanwezige exoten. Dit zal vermoedelijk niet leiden tot een verandering van het ecosysteem ten opzichte van de huidige situatie op de plekken waar alleen sprake is van tijdelijke habitataantasting. De uiteindelijke verhouding (ongewenste) exoten op de platformlocaties is moeilijk te voorspellen. Op bestaande platforms in de Noordzee lijkt de biodiversiteit in evenwicht en worden er zelfs nieuwe gewenste inheemse soorten aangetroffen zoals *Caryophyllia smithii* en mossel (*Mytilus edulis*) (Coolen et al., 2015; van der Stap et al., 2016). De mossel is een belangrijke voedselbron voor soorten en creëert ook habitat voor andere soorten (Mouritsen et al., 2022; Norling & Kautsky, 2007). Zodoende wordt er geen negatieve impact op de goede milieutoestand verwacht.

### 3.3.4 D3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren

De geplande activiteiten hebben geen directe impact op de vis, schaal- en schelpdierpopulaties. Na het toepassen van mitigerende maatregelen ondervinden de vissen in het gebied ook geen effecten van impulsgeluid door heilwerkzaamheden. Effecten op populaties van vertroebeling en sedimentatie zijn niet aan de orde. Op basis van de huidige kennis liggen nadelige effecten op populaties van elektromagnetische velden van Nederwiek 1 ook niet in de lijn der verwachting. Derhalve wordt er geen impact op deze descriptor en de goede milieutoestand verwacht.

### **3.3.5 D4. Voedselwebben**

Er vindt geen remming van de primaire productie plaats. Door het toevoegen van hard substraat aan het systeem bij het plaatsen van de platforms zal de plaatselijke habitat veranderen. Doordat op hard substraat andere organismes leven zal ook de samenstelling van de voedselketens hier veranderen. Beide effecten vinden slechts op een klein deel van het totale NCP plaats. Overige effecten hebben geen invloed op de mariene voedselketens. Op de lange termijn zullen de geplande activiteiten daarom geen effect hebben op de goede milieutoestand.

### **3.3.6 D5. Eutrofiëring**

De geplande activiteiten zijn niet biochemisch van aard en als de kabels en het platform zijn geïnstalleerd voegen deze geen nutriënten toe aan het ecosysteem en niet tot eutrofiëring leiden. Tijdens de installatie veroorzaakt een deel van de uitstoot van de baggerschepen en andere apparatuur stikstofdepositie. Dit zou vervolgens een vermestende en dus eutrofiërende werking op het ecosysteem kunnen hebben. Met de duur en schaal van de activiteiten ten opzichte van het oppervlak van het NCP is de verwachting dat dit een verwaarloosbaar effect is.

### **3.3.7 D6. Integriteit van de zeebodem**

Doordat de werkzaamheden zich beperken tot een relatief klein oppervlakte en tijdelijk van aard zijn is er slechts sprake van een tijdelijke aantasting van de integriteit van de zeebodem. Op de lange termijn tasten de activiteiten het bentische ecosysteem niet aan. De toevoeging van hard substraat bij het platform zou, zoals eerder genoemd, zelfs voor een meer divers bentisch ecosysteem kunnen zorgen door een vergroting van aanhechtingsoppervlak en schuilplaatsen.

### **3.3.8 D7. Hydrografische eigenschappen**

Doordat gegraven geulen weer dichtslibben, worden er bij het leggen van de kabels geen permanente wijzigingen van hydrografische eigenschappen verwacht. Het aanleggen van de platforms is een permanente wijziging. Binnen dit oppervlakte zal de habitatfunctie mogelijk veranderen doordat zacht substraat vervangen wordt door hard substraat. Hierdoor ontstaan meer aanhechtings- en schuilplaatsen waardoor de habitat geschikter wordt als rustplaats voor vissen. Tevens worden er rondom de jacket een combinatie van vishotels en grove steenbestorting aangelegd om de biodiversiteit te bevorderen. De verandering van de hydrografische eigenschappen gaat om een verwaarloosbaar oppervlak in vergelijking met het gehele NCP, namelijk minder dan 0,05% (26.5 km<sup>2</sup>) van ruim 57.000 km<sup>2</sup>). Hierdoor hebben de voorgenomen activiteiten geen negatieve invloed op de goede milieutoestand.

### **3.3.9 D8. Vervuilende stoffen**

Er worden bij de aanleg en gebruik van het platform geen vervuilende stoffen in het milieu geïntroduceerd. Bij baggeren en jet trenchen voor het tracé wordt arseen uit historische veenlagen in het mariene milieu geïntroduceerd. Deze concentraties zijn echter zo laag dat de MAC-MKN niet wordt overschreden en geen sprake is van concentraties die effect hebben op het ecosysteem. Voor deze descriptor is dus geen sprake van verontreinigingseffecten en aantasting van de goede milieutoestand.



### 3.3.10 D9. Vervuilende stoffen in visproducten

Zoals hierboven vermeld, geldt ook voor deze descriptor dat er tijdens aanleg en gebruik geen verontreinigingen worden geïntroduceerd die tot overschrijding van de MAC-MKN leiden. Dus wordt er ook geen impact op de concentratie vervuilende stoffen in visproducten voor menselijke consumptie verwacht.

### 3.3.11 D10. Zwerfvuil

Zowel de kabels als het platform veroorzaken in de gebruiksfase geen zwerfvuil en hebben dus geen impact op deze descriptor. Het is volgens MARPOL-verdrag 73/78 verboden om afval over boord te gooien in de Noordzee, van de uitvoerder wordt geëist dat deze binnen de geldende wetskaders werkt en dus wordt er ook tijdens de aanlegfase geen zwerfvuil in zee veroorzaakt.

### 3.3.12 D11. Toevoer aan energie, waaronder onderwatergeluid

Door de voorgenomen activiteiten waarbij energie door de kabels wordt getransporteerd ontstaan elektromagnetische velden. Uit de effectbeoordeling blijkt dat er op basis van de op dit moment beschikbare kennis geen aanleiding is om aan te nemen dat soorten een nadelig effect ondervinden van de relatief beperkte elektromagnetische veldsterkte van Nederwiek 1.

Bij de voorgenomen activiteiten wordt zowel continu als impuls onderwatergeluid veroorzaakt. Het continue geluid tijdens de aanlegfase, zal mogelijk leiden tot een tijdelijke verstoring van zeezoogdieren. Als er continu geluid wordt geproduceerd (bijv. door schepen) gaan zij mogelijk elders foerageren. Doordat er mitigerende maatregelen worden genomen, zie paragraaf 3.2.5, zal ook het impuls geluid slechts leiden tot tijdelijke verstoringen. Hierdoor is de toevoer van onderwatergeluid op een niveau waarop er geen schade aan het mariene milieu wordt berokkend, en is er dus geen invloed op de goede milieutoestand.

## 3.4 Conclusie

In Tabel 3-8 is per descriptor de impact van de geplande activiteiten op de goede milieutoestand weergegeven. Uit Tabel 3-8 kan worden geconstateerd dat de voorgenomen activiteiten op de lange termijn geen effect hebben op de goede milieutoestanden die worden nagestreefd in de Kaderrichtlijn Mariene Strategie.

Tabel 3-8 Overzicht van de invloed van de voorgenomen activiteiten op de goede milieutoestand

Descriptor	Invloed op de goede milieutoestand
D1. Biologische diversiteit	Mogelijke plaatselijke verhoging van de biodiversiteit op de lange termijn.
D2. Niet-inheemse soorten (exoten)	Hoogstwaarschijnlijk neutraal, zowel positieve als negatieve effecten kunnen niet worden uitgesloten
D3. Commerciële vis, schaal- en schelpdieren	Geen
D4. Voedselwebben	Geen
D5. Eutrofiëring	Geen
D6. Integriteit van de zeebodem	Geen
D7. Hydrografische eigenschappen	Geen
D8. Vervuilende stoffen	Geen
D9. Vervuilende stoffen in vis en visproducten	Geen
D10. Zwerfvuil	Geen
D11. Toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid	Geen

## 4 Kaderrichtlijn Water

### 4.1 Wet- en regelgeving

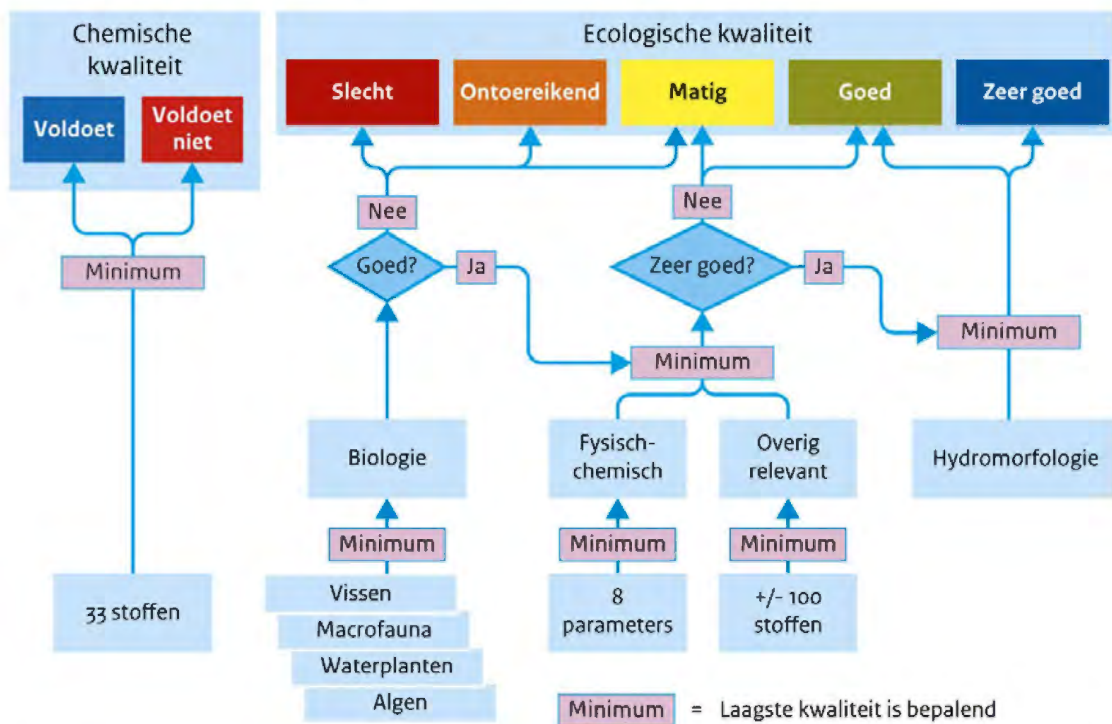
#### 4.1.1 Inleiding

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) richt zich op de bescherming van rivieren, meren, kustwateren en grondwateren in Europa. De KRW beoogt een bescherming en verbetering van aquatische ecosystemen en stimuleert het duurzame gebruik van water. De KRW biedt hiervoor een kader door het vaststellen van doelen, het monitoren van de kwaliteit en het nemen van maatregelen (STOWA, 2012). De KRW is in Nederland verankerd in de Waterwet en de Wet milieubeheer.

De beoordeling van de KRW is opgebouwd uit de beoordelingen van de chemische kwaliteit en de ecologische kwaliteit (Figuur 4-1). De ecologische kwaliteit bestaat uit vier verschillende categorieën: Biologische kwaliteit (welke tevens uit vier biologische maatlatten bestaat), fysisch-chemische kwaliteit, specifieke verontreinigende stoffen en de hydromorfologie.

Binnen de maatlatten en tussen de maatlatten wordt het 'one out, all out' principe toegepast: van een groep van indicatoren is de laagste beoordeling bepalend (één niet goed, geheel niet goed). Daarmee geeft de KRW een streng oordeel over de Nederlandse waterkwaliteit. De beoordeling start hierbij bij de chemische toestand, pas wanneer dit volstaat weegt de ecologische kwaliteit mee in de score van het waterlichaam, beginnend bij de biologische kwaliteit.

#### Beoordeling waterkwaliteit volgens Kaderrichtlijn Water



Bron: PBL

PBL/jul20  
www.clo.nl/nl141205

Figuur 4-1 Beoordelingstabel waterkwaliteit volgens Kaderrichtlijn Water (CLO, 2020).

In de Kaderrichtlijn Water (KRW) is vastgelegd dat projecten die een achteruitgang van de toestand van een oppervlaktewaterlichaam teweegbrengen niet zondermeer mogen worden uitgevoerd. De duur van de achteruitgang is daarbij niet relevant (EUR-Lex, 2022). Dit houdt in dat een tijdelijke achteruitgang van bijvoorbeeld een chemische parameter ook niet is toegestaan.

Doelen voor de waterkwaliteit worden per waterlichaam vastgesteld. De toetsingskaders voor de KRW zijn daarmee voor elk type waterlichaam anders. Elk waterlichaam is toegedeeld aan een van onderstaande categorieën:

- Natuurlijk water
- Sterk-veranderd water
- Kunstmatig water

Voor natuurlijke wateren is het doel een goede ecologische toestand (GET) vergelijkbaar met een natuurlijke referentie (de zeer goede ecologische toestand, ZGET). De referentie is de onverstoorde natuurlijke toestand waarbij er geen of slechts zeer geringe verstoring door de mens plaatsvindt. Natuurlijke wateren komen in Nederland vrijwel niet meer voor: Naast een klein aantal binnenwateren (beken, kleine rivieren), valt vooral de kustlijn hieronder (Compendium voor de Leefomgeving, 2014; STOWA, 2012). De KRW geldt van de kustlijn tot één zeemijl (1.852 meter) uit de kust voor de ecologische doelen en tot twaalf zeemijl (22,2 km) uit de kust voor de chemische doelen (RWS, 2016).

Voor (hydrologisch) sterk veranderde wateren is een natuurlijke referentie niet haalbaar, daarom is het doel daar een goed ecologisch potentieel (GEP). Voor kunstmatige wateren is er geen natuurlijke referentie. Als referentie is er daarom een theoretisch maximaal ecologisch potentieel (MEP). Ook hier wordt naar een GEP gestreefd (Compendium voor de Leefomgeving, 2014; STOWA, 2012). Naast de zeer goede ecologische toestand (ZGET of MEP) bestaan er nog vier andere klassen: slecht, ontoereikend, matig en goed. De beschrijvingen van de maatlatten zijn gebaseerd op de referenties voor maatlatten (2015-2021) van STOWA.

#### **4.1.2 Chemische kwaliteit**

De 'chemische kwaliteit' is gebaseerd op de 33 prioritair verontreinigende stoffen (Europese Commissie, 2006). Dit zijn de stoffen die in de wateren van veel lidstaten van de Europese Unie voor problemen zorgen en daarom met voorrang moeten worden aangepakt. Binnen de categorie chemische kwaliteit wordt onderscheid gemaakt tussen ubiquitaire en niet-ubiquitaire stoffen. Ubiquitaire stoffen zijn stoffen die momenteel zijn verbannen maar door historische oorzaken (bijvoorbeeld vroegere industriële toepassing) nog decennialang in veel wateren zullen worden aangetroffen. Niet-ubiquitaire stoffen zijn verontreinigde stoffen die in de huidige tijd nog in het milieu terecht kunnen komen. De maatlat chemische kwaliteit van de KRW geldt tot twaalf zeemijl (22,2 km) uit de Nederlandse kust.

De Europese commissie heeft bepaald dat er twee verschillende maatregelen getroffen moeten worden ten aanzien van prioritair verontreinigende stoffen (RIVM, 2017);

- Emissies van prioritair gevaarlijke stoffen moet stoppen.
- Emissies van overige prioritair stoffen moet verminderen.

### 4.1.3 Ecologische kwaliteit

De ecologische kwaliteit is opgebouwd uit de beoordelingen van de 'biologische kwaliteit', de 'algemene fysisch-chemische kwaliteit', de 'overig relevante verontreinigende stoffen' en de 'hydromorfologie'. Deze worden in de volgende paragrafen besproken. De biologische kwaliteit is meestal bepalend voor de ecologische kwaliteit. Alleen als die goed is, dan worden de beoordelingen van de fysisch-chemische kwaliteit en de kwaliteit van de overig relevante stoffen beschouwd voor het onderscheid tussen een (zeer) goede en een matige ecologische kwaliteit. Voor het onderscheid tussen een zeer goede en een goede kwaliteit moet ook de hydromorfologie goed zijn (Compendium voor de Leefomgeving, 2014).

#### Biologische kwaliteit

Alle KRW-waterlichamen hebben een KRW-watertype toegedeeld gekregen. Per KRW-watertype wordt een vergelijkbare methodiek gevolgd. Voor het bepalen van de biologische kwaliteit zijn vier biologische kwaliteitselementen gedefinieerd:

- Fytoplankton
- Overige waterflora (met fyto benthos, macrofyten en angiospermen)
- Macrofauna (benthische invertebrata)
- Vis

Per KRW-watertype is vastgesteld welke biologische kwaliteitselementen van toepassing zijn. Het ecologisch doelbereik wordt afgemeten met de KRW-maatlatten (Van der Molen et al., 2018). Deze zijn specifiek voor elk KRW-watertype en biologisch kwaliteitselement opgesteld. Het resultaat van de maatlatten is een EKR-score (Ecologisch Kwaliteits Ratio), met waarden tussen 0 (zeer slecht) en 1 (referentiesituatie).

Bij het beoordelen van de maatlatten voor de biologische kwaliteit wordt gebruik gemaakt van bemonsteringsdata uit het veld (verkregen via de benodigde protocollen). Hiertoe worden o.a. berekeningen gemaakt omtrent de aanwezige biomassa's en de relatieve verdelingen tussen soortgroepen en lengte-/leeftijdsklassen. Een individuele plant of dier is hierin dus minder relevant, het gaat om een overkoepelend beeld van de toestand waarin de gemeenschap verkeert in het specifieke waterlichaam.

#### Fysisch-chemisch

De fysisch-chemische kwaliteitselementen zijn voor verschillende categorieën waterlichamen uitgewerkt in maatlatten (Heinis & Evers, 2007). Ze zijn ondersteunend aan de biologische kwaliteitselementen. Dit wil zeggen dat de beoordeling van de fysisch-chemische kwaliteitselementen een indicatie is of de goede ecologische toestand (GET) duurzaam gehandhaafd kan blijven. Het eindresultaat van de maatlat is afhankelijk van het laagst-scorende kwaliteitselement.

#### Specifieke verontreinigende stoffen

Naast de chemische stoffen die beoordeeld moeten worden in de chemische beoordeling zijn er stoffen die alleen in Nederland voor problemen zorgen. Dit zijn de overig relevante verontreinigende stoffen (ca. 100). Deze stoffen worden op de schaal van stroomgebieden vastgesteld (Compendium voor de Leefomgeving, 2014; RIVM, 2017). Ze zijn onderdeel van de beoordelingsmethode van de ecologische kwaliteit.

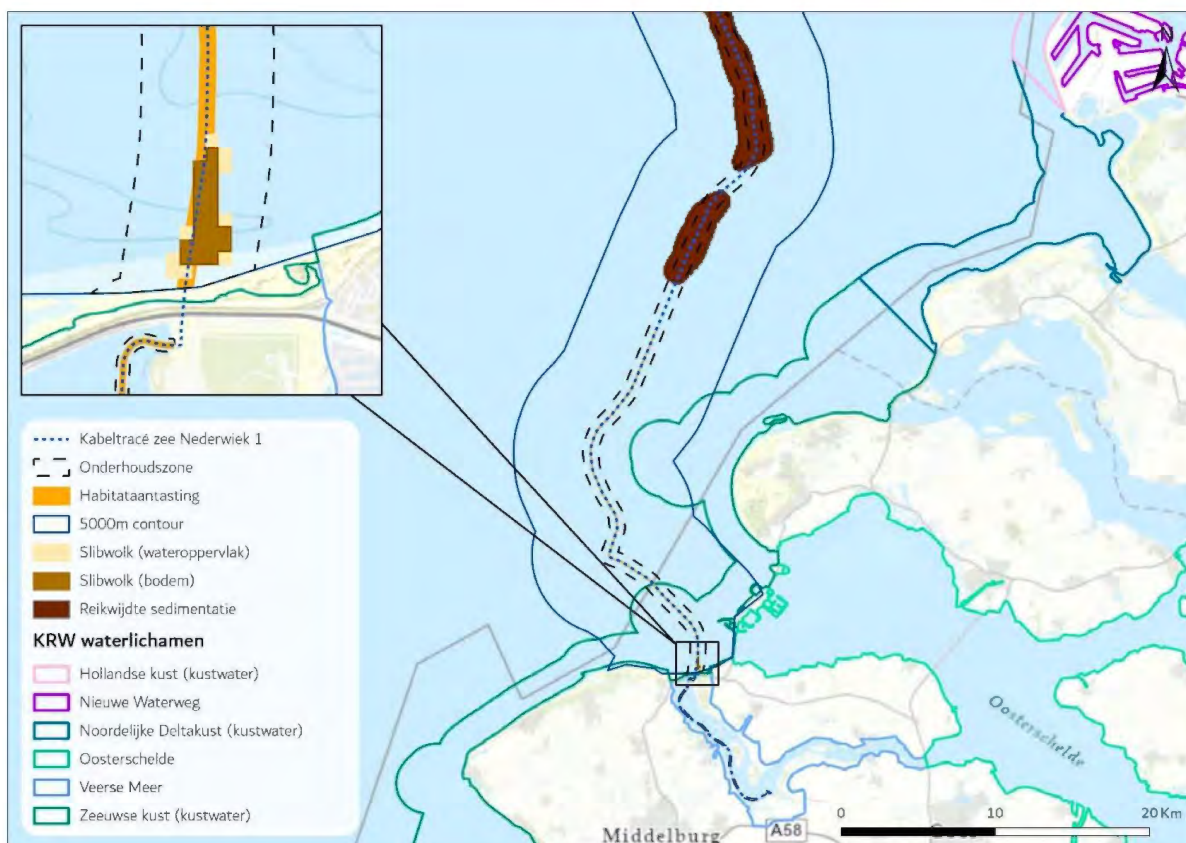
## Hydromorfologie

Hydromorfologie houdt zich bezig met het landschap en de bodem dat gevormd wordt door water. Binnen de categorie ecologische kwaliteit wordt de beoordeling voor de hydromorfologie alleen gebruikt om een onderscheid te maken tussen een goede en een zeer goede toestand. De hydromorfologie wordt daarom alleen beschreven voor de natuurlijke wateren. Voor sterk veranderde en kustmatige waterlichamen heeft de hydromorfologische toestand geen invloed op de uitkomst van de beoordeling (STOWA, 2012; van der molen et al., 2018).

## 4.2 KRW-waterlichamen

### 4.2.1 Betrokken KRW-waterlichamen

In Hoofdstuk 2 is per gevolg onderzocht welke reikwijdte deze heeft. In Figuur 4-2 zijn de reikwijdtes getoond in relatie tot de ligging van KRW-waterlichamen. Het Figuur 4-2 laat zien dat er overlap is tussen de gevolgen en KRW-waterlichamen Zeeuwse kust (kustwater) en het Veerse Meer. Door de aanleg en het gebruik van Net op zee Nederwiek 1 kan de ecologische en chemische kwaliteit van deze KRW-waterlichamen mogelijk worden beïnvloed. Tabel 4-1 geeft de optredende gevolgen per KRW-waterlichaam weer. Verontreiniging van Arseen in historische bodemlagen op zee is uitgesloten in KRW-kustwaterlichaam Zeeuwse kust. In paragraaf 2.9.2 is namelijk toegelicht dat de potentiële plekken waar Arseen opgehoopt kan zijn uitsluitend ver buiten de kustzone liggen.



Figuur 4-2 Samenvatting reikwijdte gevolgen op zee ten opzichte van KRW-waterlichamen. Vertroebeling en sedimentatie in het Veerse Meer is niet weergegeven in dit figuur maar wordt wel meegenomen.

Tabel 4-1 Optredende gevolgen per KRW-waterlichaam. X = ruimtelijke overlap van gevolg met een KRW-waterlichaam.

KRW-waterlichaam	Vertroebeling	Sedimentatie	continu onderwater geluid	Habitat-aantasting	Elektromagnetische velden	Verontreiniging
Zeeuwse kust (kustwater)	X		X	X	X	
Veerse Meer	X	X	X	X	X	X

#### 4.2.2 Huidige toestand KRW-waterlichamen

Voor alle KRW-waterlichamen zijn doelstellingen vastgelegd voor de bijpassende ecologische en chemische kwaliteit. In de volgende paragrafen wordt voor ieder betrokken KRW-waterlichaam de huidige toestand van de chemische en ecologische kwaliteit beschreven.

##### Zeeuwse kust (kustwater)

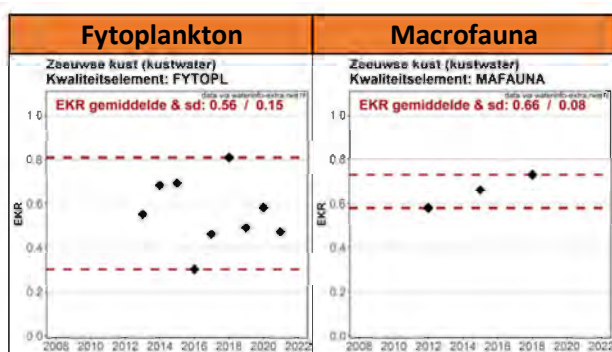
Het KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) heeft de status ‘natuurlijk’ en behoort tot watertype ‘Kustwater, open en euhalien’ (K3). In dit watertype zijn twee van de vier biologische kwaliteitselementen van toepassing: fytoplankton en macrofauna. Ook wordt voor de bepaling van de toestand van het waterlichaam een aantal fysisch-chemische parameters in beschouwing genomen. Het is bekend dat meerdere verontreinigde stoffen voorkomen in KRW-waterlichaam

Zeeuwse kust (kustwater), zowel binnen de categorie prioritaire stoffen als specifieke verontreinigde stoffen.

In deze paragraaf is een beschrijving gegeven van de toestand van de twee relevante biologische kwaliteitselementen in KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater). Dit is gedaan middels de openbaar beschikbare ‘KRW-oordelen Rijkswaterstaat’ (via [waterinfo-extra.rws.nl](http://waterinfo-extra.rws.nl)). Na de biologische kwaliteitselementen is nog beknopt ingegaan op de relevante chemische en fysisch-chemische doelen aan de hand van de Factsheet KRW - Stroomgebiedbeheerplan 2022-2027 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022).

### Biologische kwaliteitselementen

In Figuur 4-3 zijn de EKR-scores van de twee relevante biologische kwaliteitselementen over de jaren weergegeven. Na Figuur 4-3 is voor beide kwaliteitselementen een toelichting gegeven aan de hand van deze data. Daaruit volgt een conclusie wat het algemene risico op achteruitgang voor dat kwaliteitselement is. Deze risico inschatting wordt toegepast bij de effectbeoordeling en toetsing van de voorgenomen activiteit.



Figuur 4-3 EKR-scores per biologisch kwaliteitselement voor KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) over de afgelopen jaren. EKR-score (zwarte punt), minimum en maximum EKR-score (rode stippellijnen). De gemiddelde EKR-score over de tijd en de bijbehorende standaard deviatie (sd) is in het figuur genoteerd. Figuren samengesteld o.b.v. ‘KRW-oordelen Rijkswaterstaat’ data via [waterinfo-extra.rws.nl](http://waterinfo-extra.rws.nl).

### Fytoplankton

Om de toestand van kwaliteitselement fytoplankton in watertype K3 te duiden wordt alleen een deelmaatlat voor kwantiteit (o.b.v. abundantie) in beschouwing genomen (STOWA, 2018). De score voor de deelmaatlat wordt vertaald in één EKR-score voor het gehele KRW-waterlichaam.

In KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) schommelt de EKR voor fytoplankton de laatste jaren tussen de 0,30 en 0,81. De gemiddelde EKR is 0,56 met een standaarddeviatie van 0,15. Om te voldoen aan een Goed Ecologisch Potentieel (GEP) moet de EKR minstens 0,60 bedragen. In dat geval wordt de klasse ‘goed’ behaald. Dit is de laatste 10 jaar niet altijd het geval, het laatste meetjaar ligt de EKR bijvoorbeeld op 0,47. De EKR-score voor fytoplankton oogt dus niet erg robuust.

Worst-case uitgangspunt is dat de EKR van kwaliteitselement fytoplankton zich dicht bij een klassegrens begeeft en dat er een risico aanwezig is op achteruitgang. Dit gegeven wordt meegenomen in de effectbeoordeling.

### Macrofauna

Om de toestand van kwaliteitselement macrofauna in watertype K3 te duiden wordt de aanpak gevolgd van de overgangs- en kustwateren. Hierbij is de beoordeling samengesteld uit drie indexen die allen apart worden berekend voor ieder onderscheidend ecotoop in het KRW-waterlichaam. In de basis is deze aanpak samen te vatten in een deelmaatlat voor kwaliteit (o.b.v. diversiteit middels Shannon index én AZTI Marine Biotic Index) en een deelmaatlat voor kwantiteit (o.b.v. soortenrijkdom). De scores van de drie indexen worden per ecotoop gecombineerd. Middels oppervlakte-gebaseerde gewichtsfactoren wordt uit alle ecotopen één EKR-score berekend voor de toestand van de macrofaunagemeenschap in het gehele waterlichaam.

Op basis van de toegepaste data van Rijkswaterstaat bedraagt de meest recente EKR voor macrofauna in de Zeeuwse kust (kustwater) 0,73 en laat het een stijgende trend zien. Om te voldoen aan GEP moet de EKR minstens 0,60 bedragen. Dit is met een EKR van 0,73 dus het geval. Op basis van de EKR-score is het risico op achteruitgang van het kwaliteitselement beperkt, zeker gezien de stijgende trend. Achteruitgang zou kunnen plaatsvinden wanneer de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in de Zeeuwse kust aanzienlijk wordt beïnvloed. De EKR moet dan afnemen vanaf het huidige niveau van 0,73 tot <0,60. Dit gegeven wordt meegenomen in de effectbeoordeling.

### Chemisch en chemisch-fysisch

Voor het KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) is de chemische kwaliteit niet op orde. Diverse verontreinigde stoffen komen voor boven de norm binnen zowel de categorie prioritaire stoffen als specifieke verontreinigde stoffen (Tabel 4-2). Voor deelmaatlat fysisch-chemisch wordt voor de toestand van watertype K3 getoetst op DIN (opgeloste anorganische stikstof), temperatuur en zuurstofverzadiging. In Zeeuwse kust (kustwater) is DIN niet op orde (zie Tabel 4-3).

*Tabel 4-2 Norm overschrijdende prioritaire stoffen (chemische kwaliteit) en specifieke verontreinigde stoffen (ecologische kwaliteit) voor het KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater).*

Norm overschrijdende prioritaire stoffen	Toestand 2015	Toestand 2021	Doelbereik 2027
Benzo(ghi)peryleen	Voldoet niet	Voldoet niet	Redelijk zeker
Kwik	Voldoet	Voldoet niet	Onzeker
Som PBDE28, 47, 99, 100, 153, 154	Voldoet	Voldoet niet	Onzeker
Norm overschrijdende specifieke verontreinigde stoffen	Toestand 2015	Toestand 2021	Doelbereik 2027
Arseen	Voldoet niet	Voldoet niet	Onzeker

*Tabel 4-3 Toestand van de relevante chemisch-fysische parameters van het KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) voor 2019 en 2021 (toestand), en 2027 (doelbereik)*

Ecologische kwaliteit Zeeuwse kust (kustwater)			
Fysisch-chemisch	Toestand 2015	Toestand 2021	Doelbereik 2027
DIN (mg N/l) (winterperiode)	Matig	Matig	Redelijk zeker
Temperatuur (°C) (max. waarde)	Goed	Goed	Vrijwel zeker
Zuurstofverzadiging (%) (zomergemiddelde)	Goed	Goed	Vrijwel zeker



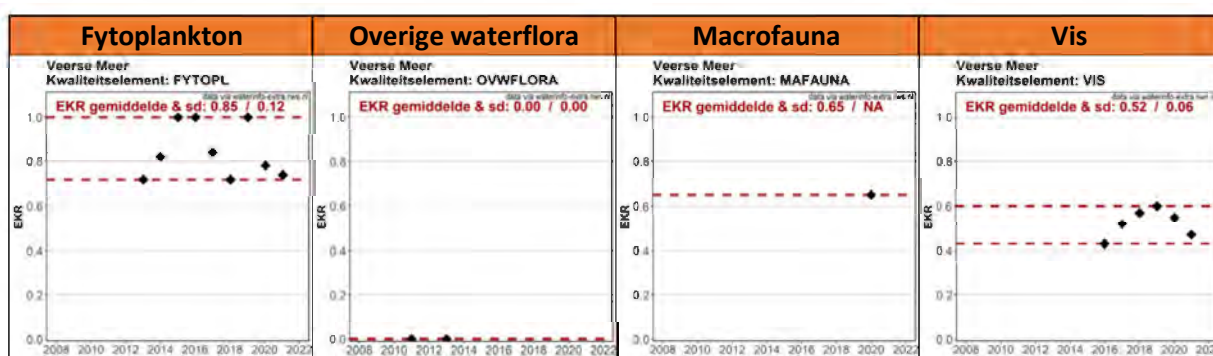
## Veerse Meer

Het KRW-waterlichaam Veerse Meer heeft de status ‘sterk veranderd’ en behoort tot watertype ‘Grote brakke tot zoute meren’ (M32). In dit watertype zijn alle vier van de biologische kwaliteitselementen van toepassing. Ook worden voor de bepaling van de toestand van het waterlichaam meerdere fysisch-chemische parameters in beschouwing genomen. Het is bekend dat diverse verontreinigde stoffen voorkomen in het Veerse Meer, zowel binnen de categorie prioritaire stoffen als specifieke verontreinigde stoffen.

In deze paragraaf is een beschrijving gegeven van de toestand van ieder biologisch kwaliteitselement van het Veerse Meer. Dit is gedaan middels de openbaar beschikbare ‘KRW-oordelen Rijkswaterstaat’ (via [waterinfo-extra.rws.nl](http://waterinfo-extra.rws.nl)). Na de biologische kwaliteitselementen is nog beknopt ingegaan op de relevante chemische en fysisch-chemische doelen aan de hand van de Factsheet KRW - Stroomgebiedbeheerplan 2022-2027.

### Biologische kwaliteitselementen

In Figuur 4-4 zijn de EKR-scores van de biologische kwaliteitselementen over de jaren weergegeven. Onder Figuur 4-4 is voor ieder kwaliteitselement een toelichting gegeven aan de hand van deze data. Daaruit volgt een conclusie wat het algemene risico op achteruitgang voor dat kwaliteitselement is. Deze risico inschatting wordt toegepast bij de effectbeoordeling en toetsing van de voorgenomen activiteit.



Figuur 4-4 EKR-scores per biologisch kwaliteitselement voor KRW-waterlichaam Veerse Meer over de afgelopen jaren. EKR-score (zwarte punt), minimum en maximum EKR-score (rode stippellijnen). De gemiddelde EKR-score over de tijd en de bijbehorende standaard deviatie (sd) is in het figuur genoteerd. Figuren samengesteld o.b.v. ‘KRW-oordelen Rijkswaterstaat’ data via [waterinfo-extra.rws.nl](http://waterinfo-extra.rws.nl).

### Fytoplankton

Om de toestand van kwaliteitselement fytoplankton in watertype M32 te duiden wordt alleen een deelmaatlat voor kwantiteit (o.b.v. abundantie) in beschouwing genomen (STOWA, 2018). De score voor de deelmaatlat wordt vertaald in één EKR-score voor het gehele KRW-waterlichaam.

In het Veerse Meer schommelt de EKR voor fytoplankton de laatste jaren tussen de 0,72 en 1,00 zonder duidelijke trend. De gemiddelde EKR is 0,85 met een standaarddeviatie van 0,12. Om te voldoen aan een Goed Ecologisch Potentieel (GEP) moet de EKR minstens 0,60 bedragen. In dat geval wordt de klasse ‘goed’ behaald. Dit is de laatste 10 jaar ruimschoots het geval. De EKR van Fytoplankton in het Veerse Meer ligt al geruime tijd ruim boven het GEP.

Het risico op achteruitgang van kwaliteitselement fytoplankton is daarmee ten tijde van schrijven laag. Dit gegeven wordt meegenomen in de effectbeoordeling.

### *Overige waterflora*

Om de toestand van kwaliteitselement overige waterflora in watertype M32 te duiden worden twee deelmaatlaten toegepast: één voor kwaliteit (o.b.v. bedekking groot/klein zeegras) en één voor kwantiteit (o.b.v. bedekt areaal) (STOWA, 2018). De score voor de deelmaatlaten wordt omvat in één EKR-score voor het gehele KRW-waterlichaam.

In het Veerse Meer is de EKR voor overige waterflora de laatste jaren 0,00. Dit is gebaseerd op basis van twee datapunten uit 2011 en 2013. Om te voldoen aan het GEP moet de EKR voor overige waterflora in het Veerse Meer minstens 0,01 bedragen. In dat geval wordt de klasse 'goed' behaald.

De reden voor deze lage score is dat zeegras al sinds 2003 geheel verdwenen uit het Veerse Meer (Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Rijkswaterstaat, 2016). Ten tijde van schrijven wordt het zeegrasherstelproject opgezet om de score van dit kwaliteitselement in (onder andere) het Veerse Meer te verbeteren naar 'goed'. Het zeegrasherstelproject beoogt om in 2027 vijf hectare aan zeegrasvelden gerealiseerd te hebben in het Veerse Meer (Rijkswaterstaat, 2022).

Medio oktober 2022 heeft contact plaatsgevonden met Rijkswaterstaat wat betreft het zeegrasherstelproject en de planlocatie in het Veerse Meer die beoogd is om de vijf hectare zeegras te realiseren. Hieruit werd duidelijk dat de plek in het Veerse Meer waar vroeger ook zeegras groeide de meest logische en waarschijnlijke keuze is voor de herintroductie. Dit betreft een regio in het oosten van het Veerse Meer, tussen de Zandkreekdam en Kortgene. Hier was in 1994 nog sprake van een bedekking van een substantieel areaal zeegras van 30-49% (Wolfstein, 2004).

Aangezien momenteel geen zeegras aanwezig is in het Veerse Meer is (verdere) achteruitgang onder een EKR van 0,00 niet mogelijk. Het zeegrasherstelproject vindt aan de andere kant van het Veerse Meer plaats dan waar de voorgenomen activiteiten van Net op zee Nederwiek 1 plaatsvinden. Achteruitgang van kwaliteitselement overige waterflora is daarmee niet aan de orde omdat de slibwolk deze locatie niet bereikt. Voor 'overige waterflora' is de beoordeling hiermee afgerond.

### *Macrofauna*

Om de toestand van kwaliteitselement macrofauna in watertype M32 te duiden wordt de aanpak gevolgd van de overgangswateren. Hierbij is de beoordeling samengesteld uit drie indexen die allen apart worden berekend voor ieder onderscheidend ecotoop in het KRW-waterlichaam. In de basis is deze aanpak samen te vatten in een deelmaatlat voor kwaliteit (o.b.v. diversiteit middels Shannon index én AZTI Marine Biotic Index) en een deelmaatlat voor kwantiteit (o.b.v. soortenrijkdom). De scores van de drie indexen worden per ecotoop gecombineerd. Middels oppervlakte-gebaseerde gewichtsfactoren wordt uit alle ecotopen één EKR-score berekend voor de toestand van de macrofaunagemeenschap in het gehele waterlichaam.

Op basis van de toegepaste data van Rijkswaterstaat bedraagt de meest recente EKR voor macrofauna in het Veerse Meer 0,65. Dit is gebaseerd op basis van één datapunt uit 2020. Om te voldoen aan GEP moet de EKR minstens 0,60 bedragen. Dit is met een EKR van 0,65 dus het geval. Hier bestaat wel enige onduidelijkheid over afhankelijk van de toegepaste bron. Bureau Waardenburg & Antea Group (2021) geven namelijk aan dat de EKR van macrofauna in het Veerse Meer in 2019 een waarde had van 0,738. Er wordt daarin ook gesproken over een neergaande trend

in kwantiteit van macrofauna. De Factsheet KRW - Stroomgebiedbeheerplan 2022-2027 geeft daarnaast aan dat toestand van macrofauna in het Veerse Meer matig is in 2021. Hier ligt de EKR dus beneden 0,60 (exacte waarde niet gespecificeerd). Er van uitgaande dat alle datapunten correct zijn lijkt er inderdaad een neergaande trend zichtbaar over 2019, 2020 en 2021. De trend loopt van 0,738 tot <0,60.

Bovenstaande omschrijft een onzekerheid in de werkelijke toestand van macrofauna in het Veerse Meer. De toestand van het kwaliteitselement oogt in de autonome situatie niet robuust. Als meest representatieve uitgangspunt wordt het meest recente en tevens laagste datapunt van <0,60 aangehouden. Dit strookt ook met de geïdentificeerde neerwaartse trend. Dit is beneden GEP. De volgende klassegrens (matig naar ontoereikend) ligt op een EKR van 0,40. Er is geen indicatie dat de EKR dermate is gedaald dat het deze ondergrens nadert. Als uitgangspunt wordt daarom aangenomen dat de huidige EKR tussen 0,50 en 0,60 ligt. De worst-case hierbij is 0,50 (meest dicht bij de ondergrens), dit vormt dus het uitgangspunt.

Op basis van de EKR is een beperkt risico aanwezig op achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna. Belangrijk is wel dat de macrofaunagemeenschap niet robuust lijkt. Achteruitgang zou kunnen plaatsvinden wanneer de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het Veerse Meer meetbaar wordt beïnvloed. Dit gegeven wordt meegenomen in de effectbeoordeling.

#### *Vis*

Om de toestand van kwaliteitselement vis in watertype M32 te duiden worden twee deelmaatlaten toegepast: één voor kwaliteit (o.b.v. soortsaanstelling in aantal soorten per 'visgilde') en één voor kwantiteit (o.b.v. abundantie in biomassa per 'visgilde') (STOWA, 2018). De score voor de deelmaatlaten wordt omvat in één EKR-score voor het gehele KRW-waterlichaam.

In het Veerse Meer schommelt de EKR voor vis de laatste jaren tussen de 0,43 en 0,60. De gemiddelde EKR is 0,52 met een standaarddeviatie van 0,06. Om te voldoen aan GEP moet de EKR minstens 0,45 bedragen. In dat geval wordt de klasse 'goed' behaald. Dit is de meeste jaren het geval, het laatste meetpunt van 2021 (0,47) ligt boven deze grens. De jaargemiddelde EKR over de tijd zit respectievelijk 0,07 boven GEP, maar het minimum ligt hier 0,03 onder. Er is ogenschijnlijk sprake van een negatieve trend over de laatste 3 meetjaren.

Bovenstaande laat zien dat kwaliteitselement vis in het Veerse Meer net boven de grens van het GEP schommelt. Als uitgangspunt wordt de meest recente EKR van 0,47 aangehouden. Er bestaat daarmee een risico op achteruitgang van het kwaliteitselement. Achteruitgang kan plaatsvinden wanneer de soortsaanstelling en/of abundantie van vis in het Veerse Meer dusdanig wordt beïnvloed dat de EKR zakt tot 0,45. Dit gegeven wordt meegenomen in de effectbeoordeling.

#### *Chemisch en chemisch-fysisch*

Voor het KRW-waterlichaam Veerse Meer is de chemische kwaliteit niet op orde. Diverse verontreinigde stoffen komen in het water voor boven de norm, zowel binnen de categorie prioritaire stoffen als specifieke verontreinigde stoffen (Tabel 4-4). Aanvullend op deze norm overschrijdende stoffen is voor de waterbodem van het Veerse Meer bekend dat er ook nog andere verontreinigde stoffen aanwezig zijn in het slib. Dit volgt uit waterbodemonderzoek voor de kabel van Net op zee IJmuiden ver Alpha. De stoffen die hieruit naar voren komen zijn ook relevant in het kader van de KRW maar zijn momenteel niet norm overschrijdend aanwezig in het water. Omdat op voorhand niet uitgesloten kan worden dat deze stoffen in de bodem als gevolg van de activiteit wel

norm overschrijdend in het water belanden, worden de stoffen verder behandeld in de effectbeoordeling.

Voor deelmaatlat fysisch-chemisch wordt voor de toestand van watertype M32 getoetst op DIN (opgeloste anorganische stikstof), zoutgehalte, temperatuur, zuurgraad, zuurstofverzadiging en doorzicht. In het Veerse Meer voldoet DIN niet aan de norm.

*Tabel 4-4 Norm overschrijdende prioritaire stoffen (chemische kwaliteit) en specifieke verontreinigde stoffen (ecologische kwaliteit) voor het KRW-waterlichaam Veerse Meer.*

Norm overschrijdende prioritaire stoffen	Toestand 2015	Toestand 2021	Doelbereik 2027
Kwik	Voldoet	Voldoet niet	Onzeker
Som PBDE-28, 47, 99, 100, 153, 154	Voldoet	Voldoet niet	Onzeker
Norm overschrijdende specifieke verontreinigde stoffen	Toestand 2015	Toestand 2021	Doelbereik 2027
Arseen	Voldoet niet	Voldoet niet	Onzeker
Koper	Voldoet niet	Voldoet niet	Onzeker

*Tabel 4-5 Toestand van de relevante chemisch-fysische parameters van het KRW-waterlichaam Veerse Meer voor 2015 en 2021 (toestand), en 2027 (doelbereik).*

Fysisch-chemisch	Toestand 2015	Toestand 2021	Doelbereik 2027
DIN (mg N/l) (winterperiode)	Matig	Matig	Redelijk zeker
Zoutgehalte (mg Cl/l) (zomergemiddelde)	Goed	Goed	Vrijwel zeker
Temperatuur (°C) (max. waarde)	Goed	Goed	Vrijwel zeker
Zuurgraad (-) (zomergemiddelde)	Goed	Goed	Vrijwel zeker
Zuurstofverzadiging (%) (zomergemiddelde)	Goed	Goed	Vrijwel zeker
Doorzicht (m) (zomergemiddelde)	Goed	Goed	Vrijwel zeker

### 4.2.3 Samenvatting

In Tabel 4-6 is per gevolg weergegeven welk kwaliteitselement verder wordt behandeld voor ieder KRW-waterlichaam. In Tabel 4-6 is ook samenvattend weergegeven wat de mogelijke effecten zijn van de mogelijke gevolgen, dit volgt reeds uit Hoofdstuk 2. De effecten van deze gevolgen met een 'X' worden nader onderzocht in de hiernavolgende effectbepaling.

Tabel 4-6 Overzicht van de gevolgen en de mogelijk bijbehorende effecten op biologische kwaliteitselement. Per KRW-waterlichaam is aangegeven (met 'X') of het gevolg een relevant kwaliteitselement kan beïnvloeden. Bij een leeg vakje is dus geen sprake van beïnvloeding. Grijs gemarkeerde kwaliteitselementen zijn niet van toepassing in het watertype van dat KRW-waterlichaam.

Gevolg	Mogelijk effect	Mogelijk beïnvloede kwaliteitselement	Zeeuwse kust	Veerse Meer
Vertroebeling	Vermindering doorzicht, afname primaire productie door afname fotosynthese capaciteit, afname filtercapaciteit filterfeeders, barrièrewerking. Eventuele afname foerageersucces roofvis en toename overlevingskansen prooivis.	Fytoplankton	X	X
		Overige waterflora		
		Macrofauna	X	X
		Vis		X
		Doorzicht		X
Sedimentatie	Verstikking van bodemdieren en watervegetatie	Overige waterflora		
		Macrofauna		X
Continu onderwatergeluid	Verstoring leidend tot gedragsverandering, verminderde voedselopname, verminderde conditie, met eventueel sterfte tot gevolg	Macrofauna	X	X
		Vis		X
Habitataantasting	Mechanische aantasting van bodemleven en watervegetatie met eventueel sterfte tot gevolg	Overige waterflora		
		Macrofauna	X	X
Elektromagnetische velden	Barrière werking, desoriëntatie, gedragsverandering	Macrofauna	X	X
		Vis		X
Verontreiniging	Concentratieverhoging(en) boven de norm (MAC) door bodemberoering. Ophoping van verontreiniging in organismen, met eventueel verminderde fitness of sterfte tot gevolg	Prioritaire stoffen		X
		Specifieke verontreinigde stoffen		X
		Fytoplankton		X
		Macrofauna		X
		Vis		X

## 4.3 Effectbepaling

### 4.3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn per gevolg de effecten bepaald. Dit is gedaan voor ieder relevante kwaliteitselement en KRW-waterlichaam.

### 4.3.2 Vertroebeling

De reikwijdte van vertroebeling op zee en het Veerse Meer is toegelicht in paragraaf 4.2.2. Uitgebreide samenvattingen van de modelstudies voor vertroebeling op zee en het Veerse Meer zijn te vinden in Bijlage VII-F. Paragraaf 2.2 ligt de maximale reikwijdte toe van de vertroebeling op zee ten opzichte van de ligging van KRW-waterlichamen. Zoals te zien raakt de vertroebeling het KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater). Vertroebeling treedt ook op in het Veerse Meer. De effecten in beide KRW-waterlichamen zijn toegelicht in de paragrafen hieronder.

## **Zeeuwse kust**

In KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) treedt vertroebeling op aan het wateroppervlak (ca. 28 ha) en aan de bodem (circa 19 hectare) (zie Figuur 4-2).

### *Fytoplankton*

In paragraaf 4.2.2 is de huidige staat van fytoplankton in het waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) toegelicht. Hieruit bleek dat de toestand van fytoplankton in het waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) niet robuust is. De toestand van fytoplankton wordt bepaald aan de hand van de deelmaatlat abundantie. Worst-case uitgangspunt is dat de EKR van kwaliteitselement fytoplankton zich dicht bij een klassegrens begeeft en dat er een risico op achteruitgang aanwezig is. Om achteruitgang teweeg te brengen zou vertroebeling de abundantie van fytoplankton in het gehele waterlichaam meetbaar moeten beïnvloeden.

Het areaal van vertroebeling aan het wateroppervlak is beperkt (<0,08% van het KRW-waterlichaam) en van tijdelijke aard. De daggemiddelde concentratieverhoging blijft onder de 5 mg/L. Deze tijdelijke verhoging valt binnen de natuurlijke variatie in de dynamische kuststrook. Bovendien is primaire productie hier doorgaans niet gelimiteerd door licht maar door fosfor (P). Een afname in doorzicht werkt zodoende niet altijd direct door op fytoplankton. Alles bij elkaar genomen zijn effecten op fytoplankton verwaarloosbaar. Er is geen doorwerkend meetbaar effect op de abundantie. Achteruitgang van kwaliteitselement fytoplankton is uitgesloten.

### *Macrofauna*

In paragraaf 4.2.2 is de huidige staat van macrofauna in het waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) toegelicht. Hieruit bleek dat het risico op achteruitgang laag is. De toestand van macrofauna in het waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) wordt bepaald aan de hand van deelmaatlaten voor de diversiteit en soortenrijkdom per ecotoop. Om achteruitgang teweeg te brengen zou vertroebeling dus de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) aanzienlijk moeten beïnvloeden (EKR van 0,73 naar <0,60, paragraaf 4.2.2).

Het areaal van vertroebeling aan de bodem is beperkt (<0,06% van het KRW-waterlichaam) en van tijdelijke aard. De daggemiddelde concentratieverhoging blijft onder de 5 mg/L. Deze tijdelijke verhoging valt binnen de natuurlijke variatie in de dynamische kuststrook. Filterfeeders hebben een tolerantie voor dergelijke concentratieverhoging in vertroebeling. Effecten op macrofauna zijn daarom niet aan de orde. De diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het waterlichaam Zeeuwse kust wordt daarom niet beïnvloed. Achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna is uitgesloten.

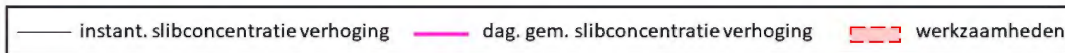
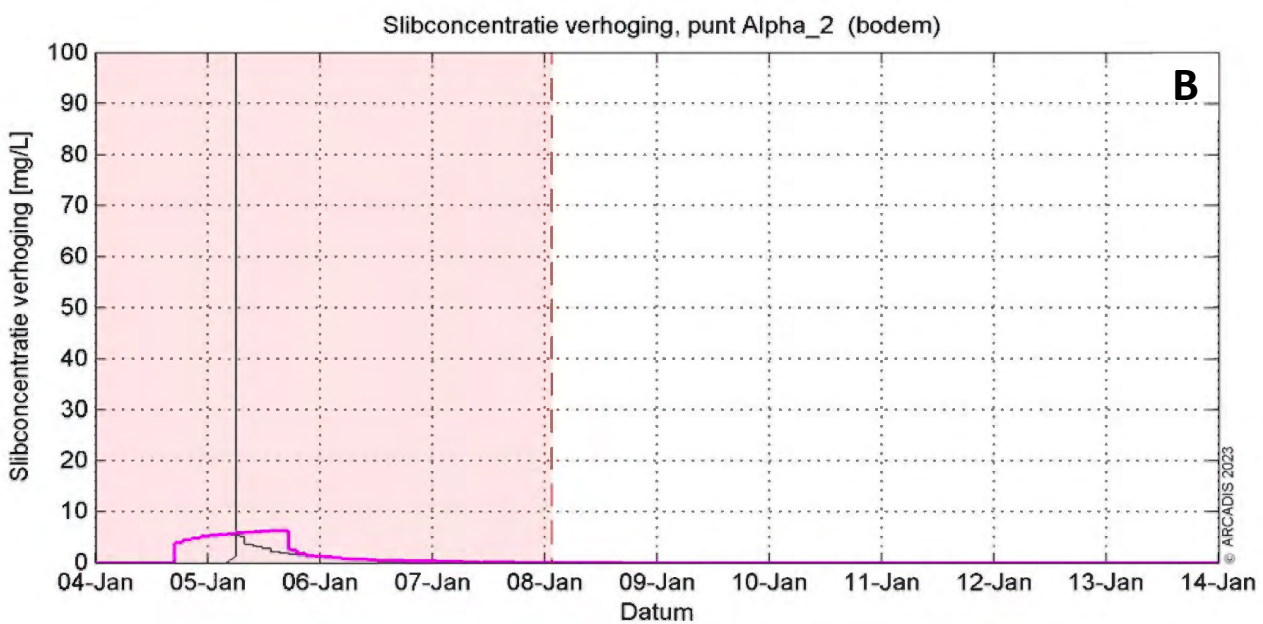
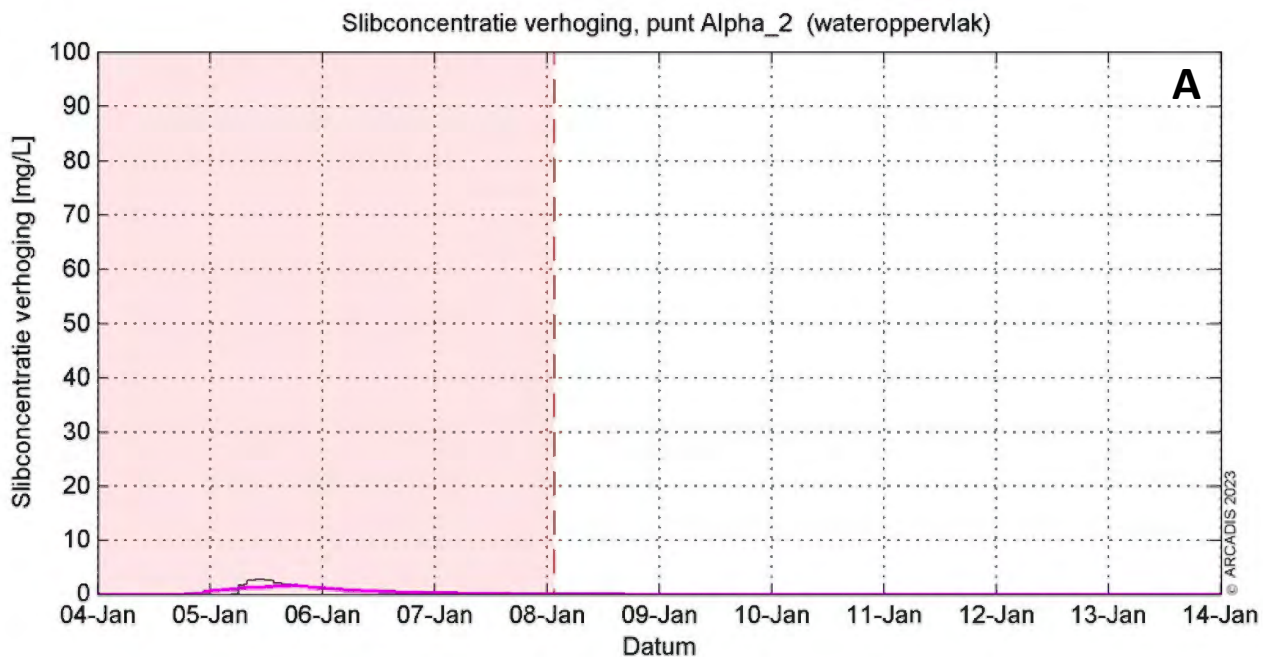
## **Veerse Meer**

### *Vertroebeling in ruimte en tijd*

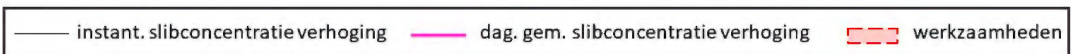
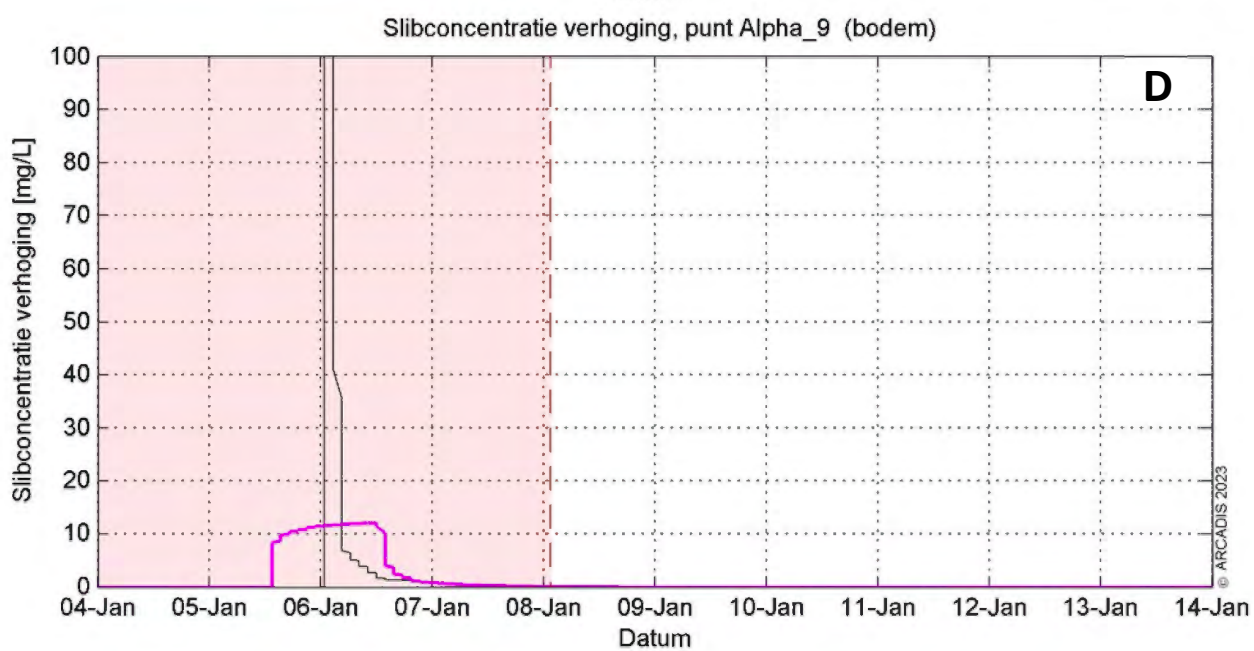
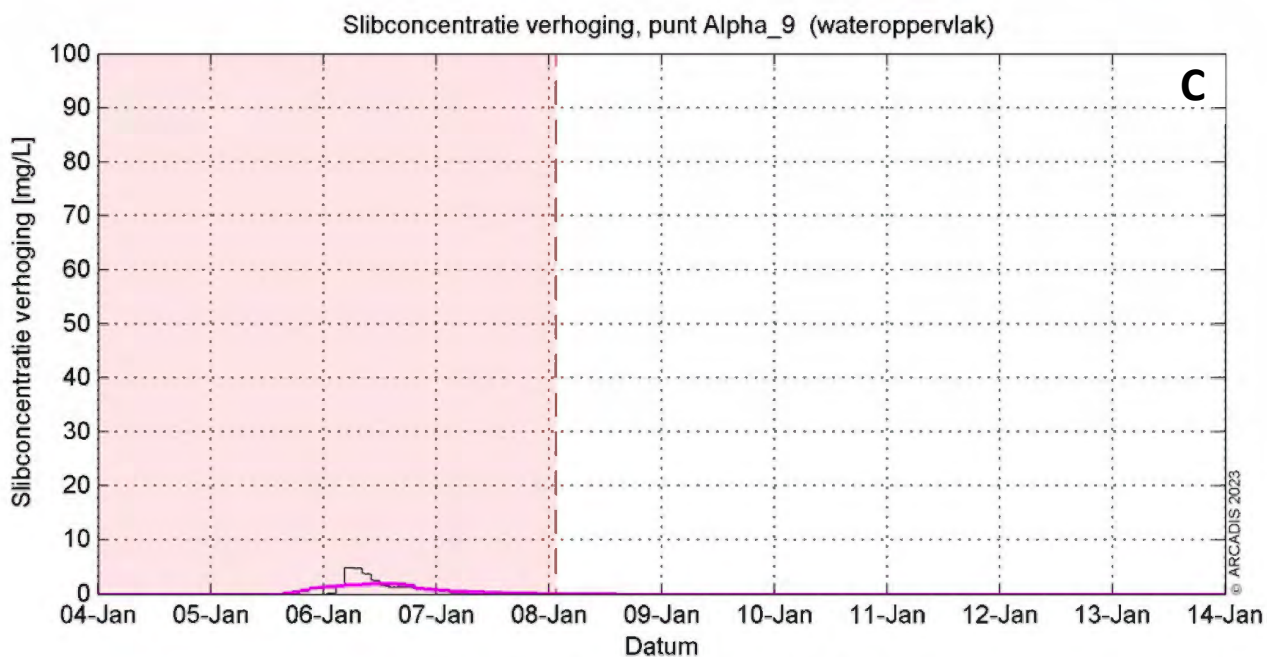
In Paragraaf 2.2.2 is toegelicht dat de kortdurende verhoging van de slibconcentratie als gevolg van het jet trenchen voor Net op zee Nederwiek 1 aan de bodem de grootste reikwijdte heeft. In totaal betreft het een areaal van circa 241 hectare. Aan het wateroppervlak is dit circa 87 hectare. Dit staat gelijk aan respectievelijk 11,9% en 4,3% van het totale nat oppervlak van het Veerse Meer (ca. 2.030 hectare). De maximale daggemiddelde verhoging in slibconcentratie is eveneens het hoogst aan de bodem, zeer lokaal loopt de daggemiddelde concentratie op tot circa 35 mg/L. Aan het wateroppervlak is dit doorgaans maximaal circa 5 mg/L, alleen direct nabij de aanlandingen loopt de concentratie hoger op.

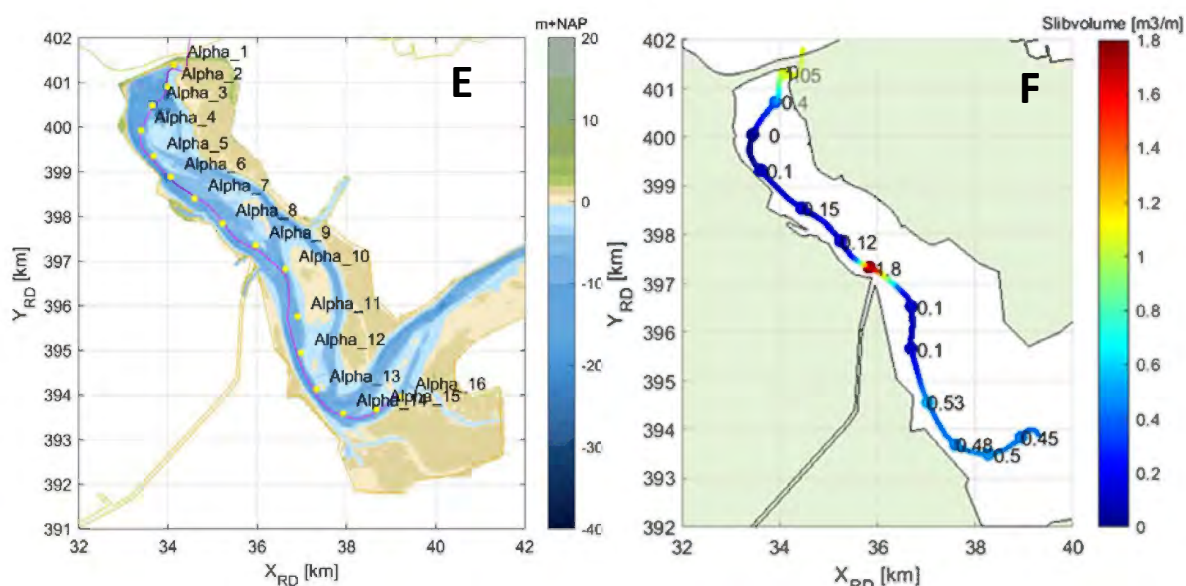
Het bovengenoemde totale vertroebelde areaal is niet allemaal tegelijk vertroebeld. Na bodemberoering verdwijnt de vertroebelingspluim weer binnen circa één dag. Dit is goed terug te zien in de tijdsreeksen van het model (Figuur 4-5 A t/m F, **let op**, de deelfiguren A t/m F strekken zich uit over 2,5 pagina). Figuur 4-5 laat zien dat vanaf het moment dat de jet trencher langs het simulatiepunt (in het model) komt de slibconcentratie toeneemt en na ongeveer een dag weer volledig is afgenomen. Dit blijkt uit de roze lijn in Figuur 4-5 A t/m D. Neem bijvoorbeeld figuur D, hier neemt de roze lijn toe vanaf het middaguur op 5-jan, van 0 mg/l tot maximaal circa 13 mg/l. Rond het middaguur op 6-jan is de roze lijn alweer afgenomen tot circa 3 mg/l, vanaf dat moment is na circa een halve dag de slibconcentratie weer terug op 0 mg/l.

Het areaal dat tegelijkertijd vertroebeld is, en het oppervlak waar de hoogste slibconcentratie aanwezig is, beweegt dus geleidelijk mee met de aanlegwerkzaamheden. De veroorzaakte vertroebeling neemt binnen circa 1 dag weer volledig af tot het achtergrondniveau en treedt zodoende niet overal gelijktijdig op.





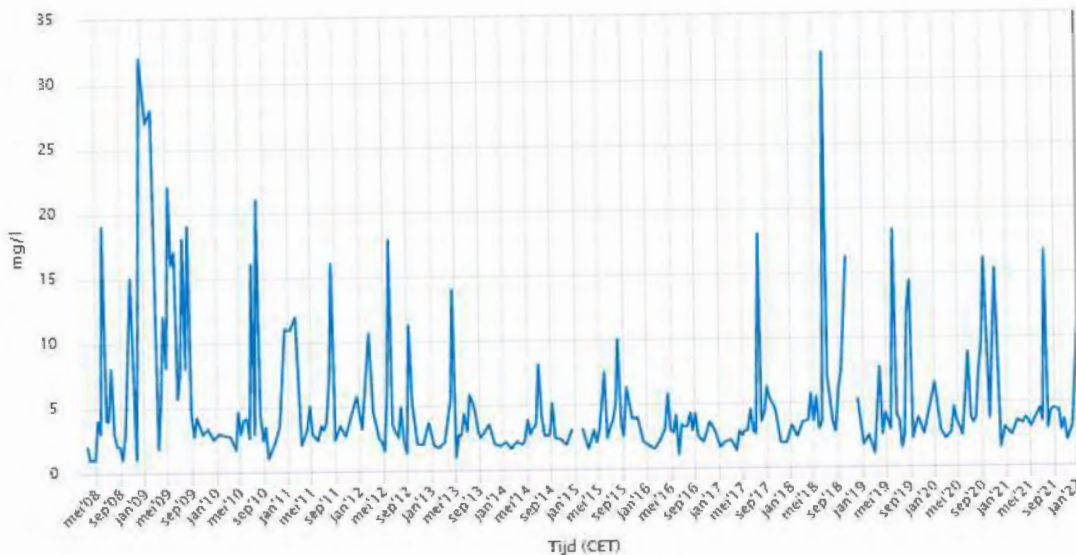




*Figuur 4-5 Concentratie gesuspendeerd slib over de tijd aan het wateroppervlak (A) en de bodem (B) op simulatiepunt ‘Alpha 2’ (zie afbeelding E). Op dit simulatiepunt op het tracé is de bodem relatief slibarm (zie afbeelding F). In afbeelding C en D is de concentratie gesuspendeerd slib over de tijd weergegeven aan het wateroppervlak en de bodem op simulatiepunt ‘Alpha 9’ (zie afbeelding E), dit is een slibrijke zone (zie afbeelding F). In afbeelding A t/m D geeft de roze lijn de daggemiddelde concentratie gesuspendeerd slib aan. De zwarte lijn geeft de 10 minuten gemiddelde (vrijwel instantane) concentratie gesuspendeerd slib aan. In de beoordeling wordt de daggemiddelde waarde gebruikt.*

#### Achtergrondconcentratie

De activiteit leidt tot een kortdurende verhoging van de slibconcentratie, deze verhoging komt boven op een zekere achtergrond slibconcentratie die van nature aanwezig is in het water. Data van waterinfo.rws.nl van onopgeloste stoffen in het water over de laatste 15 jaar wijst uit dat de achtergrondconcentratie in het Veerse Meer minimaal circa 2,0 mg/l bedraagt. De achtergrondvertroebeling is echter niet constant: vrijwel ieder jaar zijn er kortdurende piekwaarden te zien die reiken tot circa 15 mg/l, enkele keren zelfs tot 30 mg/l, zie Figuur 4-6. Dit schetst de achtergrondsituatie qua vertroebeling waar rekening mee wordt gehouden in onderstaande effectbeoordeling. Als uitgangspunt wordt aangehouden dat jaarlijks kortdurende natuurlijke piekwaarden van 15 mg/l voorkomen.



Figuur 4-6 Achtergrondconcentratie onopgeloste stoffen (vertroebeling) in het Veerse Meer over mei 2008 t/m januari 2022 via [waterinfo.rws.nl](http://waterinfo.rws.nl)

#### Fytoplankton

In paragraaf 4.2.2 is de huidige staat van fytoplankton in het Veerse Meer toegelicht. Hieruit bleek dat kwaliteitselement fytoplankton al geruime tijd in goede toestand aanwezig is en vrij robuust in de klasse ‘goed’ zit (EKR ruim boven GEP). Het risico op achteruitgang van kwaliteitselement fytoplankton is daarom laag. De toestand van fytoplankton in het Veerse Meer wordt bepaald aan de hand van de deelmaatlat abundantie. Om achteruitgang teweeg te brengen zou de abundantie van fytoplankton in het Veerse Meer dus aanzienlijk moeten worden beïnvloed (EKR van 0,85 naar <0,60, zie paragraaf 4.2.2).

Voor effecten op fytoplankton is de vertroebeling aan het wateroppervlak van belang, er dient immers zonlicht beschikbaar te zijn waardoor fotosynthese kan plaatsvinden. Als worst-case wordt als uitgangspunt aangehouden dat primaire productie in het Veerse Meer licht gelimiteerd is, hier is geen eenduidige informatie over beschikbaar.

In deel A is eerder toegelicht dat de aanleg van het tracé in het Veerse Meer plaatsvindt tussen 1 september en 1 mei. Hiermee wordt op voorhand de meest kritieke periode voor fytoplankton al ontzien. De fotosynthetische activiteit is gedurende de zomermaanden namelijk het hoogst (Riegman, 2014), onder andere als gevolg van de lange daglicht periode en hogere watertemperaturen.

In paragraaf 2.2.2 is eerder beschreven dat vertroebeling als gevolg van het jet trenchen voor Net op zee Nederwiek 1 aan het wateroppervlak maximaal circa 5 mg/l bereikt. De vertroebeling is tijdelijk (tot 1 dag na het moment van resuspensie) en beweegt langzaam mee met de aanlegwerkzaamheden. Eerder is ook de achtergrond concentratie van vertroebeling in het Veerse Meer toegelicht. Hieruit bleek dat jaarlijks sprake is van kortdurende natuurlijke piekconcentraties in vertroebeling van circa 15 mg/l (Figuur 4-6). Een lokale kortdurende verhoging van circa 5 mg/l aan het oppervlak als gevolg van de activiteit is soortgelijk aan zo’n natuurlijke piek. Dit in combinatie met het gegeven dat de vertroebeling slechts één dag aanhoudt vanaf het moment van ontstaan maakt dat de abundantie van fytoplankton niet meetbaar wordt beïnvloed. Achteruitgang van kwaliteitselement fytoplankton is daarom uitgesloten.

### Macrofauna

In paragraaf 4.2.2 is de huidige staat van macrofauna in het Veerse Meer toegelicht. Hieruit bleek dat de toestand van kwaliteitselement macrofauna niet erg robuust is. Als uitgangspunt is aangenomen dat de EKR voor macrofauna momenteel onder de GEP zit tussen de 0,50 en 0,59. Op basis van de EKR is een beperkt risico aanwezig op achteruitgang. Belangrijk is wel dat de macrofaunagemeenschap niet robuust lijkt en dus relatief snel lijkt te reageren op veranderingen. Op basis van de EKR is een beperkt risico aanwezig op achteruitgang. De toestand van macrofauna in het Veerse Meer wordt bepaald aan de hand van de diversiteit en soortenrijkdom per ecotoop. Om achteruitgang teweeg te brengen zou vertroebeling dus de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het Veerse Meer aanzienlijk moeten beïnvloeden (van minstens 0,50 naar <0,40, zie paragraaf 4.2.2).

Het tracé ligt voor het overgrote deel in de diepe delen van het Veerse Meer, hier worden ook de hoogste slibconcentraties veroorzaakt. Dit relatief diepe water vormt suboptimaal leefgebied voor bodemleven omdat hier met enige regelmaat zuurstofloosheid optreedt (van der Pool et al., 2020). Uit MWTL-monitoring blijkt dat de grootste hoeveelheid benthos in het Veerse Meer in ondiep water (<8 meter) te vinden is (Kruijt et al., 2020; Troost et al., 2021). De dichtheid van de macrofaunagemeenschap was in de diepe zones circa 5 keer lager dan de ondiepe zones (Kruijt et al., 2020). Ook de soortenrijkdom en diversiteit was in de diepe zone lager, de gemeenschap bestaat hier vooral uit *Polychaeta* en *Bivalvia*, *Crustacea* worden hier nog slechts in zeer lage dichtheden aangetroffen (Kruijt et al., 2020). De dichtheid, soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna is dus laag binnen het over grote deel waar tijdelijk vertroebeling plaatsvindt (ca. 241 ha, oftewel 11,9% van het nat oppervlak van het Veerse Meer).

De achterliggende data uit Troost et al. (2021) is ook beschikbaar op de 'schelpdiermonitor' van WMR. Het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 1 is geprojecteerd op de schelpdiermonitorkaarten die de dichtheid en biomassa van macrofauna in het Veerse Meer tot en met 2022 weergeven (Figuur 4-7). Hieruit blijkt ook dat het tracé inderdaad niet in aanraking komt met duidelijke hotspots van macrofauna, oftewel (clusters van) meetpunten waar hoge dichtheden/biomassa's zijn gevonden. De hoge dichtheden/biomassa's worden vrijwel uitsluitend gemeten nabij oevers, dit zijn de ondiepere zones. Ook rond de twee aanlandingslocaties, waar het ondieper is, zijn geen hotspots voor macrofauna in aanwezig.

Daarbij moet gezegd worden dat er bij het onderzoek naar macrofauna in het Veerse Meer meer onderzoeksinspanning uitgaat naar de ondiep gelegen waterbodems dan de dieper gelegen waterbodems (zie bijvoorbeeld Troost et al. (2021)). Dit heeft als reden dat het voor de onderzoekers evident is dat er in die diepe zones -waar de kabel met name wordt aangelegd- een veel lagere soortenrijkdom en dichtheid aanwezig is. Deze zones zijn dus simpelweg minder relevant om te onderzoeken.



Figuur 4-7 De dichtheid (links) en biomassa (rechts) van de totale macrofauna gemeenschap op meetpunten in het westen van het Veerse Meer (via de WMR schelpdiermonitor). Het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 1 (gele lijn) overlapt zodoende niet met duidelijke macrofauna hotspots in het Veerse Meer.

Bij de vertroebeling die komt kijken bij de aanlegwerkzaamheden gaat het om kortdurende (<1 dag) pieken in slibconcentratie van maximaal 20 mg/l, tot zeer lokaal circa 35 mg/l direct langs het tracé in diep water. Verder van het tracé en richting het oppervlak zijn de maximale concentraties lager, tot circa 10 mg/l. Eerder is de achtergrond concentratie van vertroebeling in het Veerse Meer toegelicht. Hieruit bleek dat jaarlijks sprake is van natuurlijke piekconcentraties in vertroebeling van circa 15 mg/l (Figuur 4-6). De veroorzaakte vertroebeling is dus overwegend vergelijkbaar met natuurlijke jaarlijkse voorkomende pieken in slibconcentratie die .

Veel soorten bodemdieren hebben zich aangepast om tijdelijk dergelijke piekconcentraties in vertroebeling te doorstaan middels morfologische en fysiologische aanpassingen (Cattrijsse, 1997; Witbaard et al., 2013). Het gaat bijvoorbeeld om het tijdelijk sluiten van de schelp waarbij ze stoppen met het filteren van water ('eten').

Bovenstaande beschrijft dat de macrofaunagemeenschap in het Veerse Meer niet meetbaar wordt beïnvloed. Het gaat namelijk slechts op zeer beperkte lokale schaal direct langs het tracé om kortdurende (<1 dag) vertroebeling van relatief hoge concentratie (tot 35 mg/L). Langs het tracé is macrofauna in lage dichtheden aanwezig, ook is de diversiteit laag. Tot slot is veel macrofauna bestand tegen dergelijke kortdurende piekconcentraties. Het beïnvloeden van de soortenrijkdom en/of diversiteit van macrofauna in het Veerse Meer door vertroebeling van Nederwiek 1 is daarom niet aan de orde. Kwaliteitselement macrofauna wordt niet meetbaar beïnvloed door vertroebeling. Er is geen sprake van achteruitgang.

#### Vis

In paragraaf 4.2.2 is de huidige staat van vis in het Veerse Meer toegelicht. De toestand van vis in het Veerse Meer wordt bepaald aan de hand van twee deelmaatlaten: soortsaamenstelling (aantal aanwezige soorten) en abundantie (in biomassa per 'visgilde'). De huidige toestand van vis zit

relatief dicht bij de ondergrens van de klasse goed (respectievelijk EKR 0,47 vs. 0,45). Om achteruitgang teweeg te brengen zou de soortsaanstelling en/of abundantie van vis in het Veerse Meer dus meetbaar moeten worden beïnvloed.

Wilber & Clarke (2001) hebben aan de hand van alle beschikbare data en onderzoeken een algemene respons van estuariene vissen op gesuspendeerd sediment uiteengezet. De meeste onderzoeken gebruiken sedimentconcentraties van meer dan 1.000 mg/L met blootstellingen tot en met een week. Hierbij is geen duidelijke correlatie te vinden tussen concentratie sediment en (sterfte)respons.

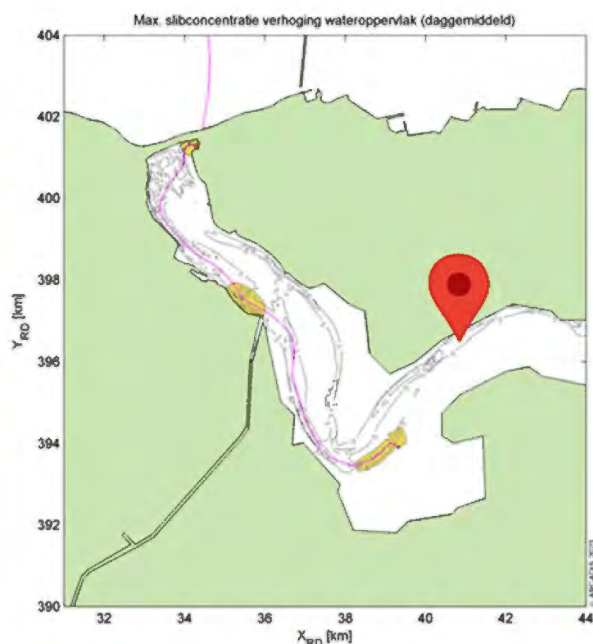
Roofvissen kunnen hinder ondervinden van een verhoogde troebelheid vanwege het verminderde zicht wat hiermee gepaard gaat (De Robertis et al., 2003). Vissen die veelal op zicht jagen, zoals makreel en tarbot, vermijden een turbiditeitspluim terwijl vissen die normaal gesproken in troebel wateren leven en meer op reuk jagen dit niet doen (de Groot, 1979). Maes et al., (1998) beschrijft bijvoorbeeld dat juveniele vis (haringachtigen zoals fint, elft, haring en sprot) graag schuilt in vertroebelde gebieden om roofdieren te vermijden. Een vertroebelingswolk kan dus leiden tot een tijdelijke verplaatsing van diverse vissoort(groep)en.

De vertroebeling als gevolg van het jet trenchen voor Net op zee Nederwiek 1 is relatief lokaal en van korte duur (<1 dag) (paragraaf 2.2.2). Ook is het vergelijkbaar met piekwaarden in vertroebeling die van nature voorkomen (eerder toegelicht). Bovenstaande omschrijft dat er hooguit sprake zal zijn van een kortdurende verplaatsing van diverse vissoort(groep)en op lokale schaal. Dit werkt niet door op de soortsaanstelling en/of abundantie van vis op het niveau van het Veerse Meer. Er is daarom geen sprake van achteruitgang van het kwaliteitselement Vis.

#### *Doorzicht (fysisch-chemisch)*

Doorzicht wordt, net als verontreiniging en andere chemisch-fysische parameters, gemeten op een specifiek KRW-meetpunt. In het Veerse Meer gaat het om meetpunt 'NL89\_SOELKKPDOT', welke gelegen is op de coördinaten 51.5420, 3.7308 (Figuur 4-8). Het betreft een locatie aan de noordoever in het middelste deel van het Veerse Meer, ten noorden van de Middelpalen. Het meetpunt is daarmee circa 3 km verwijderd van het meest dichtbij gelegen punt van het tracé (zuidelijke aanlandingslocatie). Doorzicht wordt ten behoeve van de reguliere KRW-beoordeling in het veld gemeten aan het wateroppervlak met een 'Secchi disk' (STOWA, 2010). Om achteruitgang teweeg te brengen moet vertroebeling leiden tot een afname in doorzicht tot <0,90 meter.

Figuur 4-8 laat de gesimuleerde vertroebeling aan het wateroppervlak zien ten opzichte van de locatie van het meetpunt. Hieruit blijkt dat vertroebeling niet reikt tot het KRW-meetpunt. Er is daarom geen sprake van beïnvloeding van het doorzicht op het KRW-meetpunt. Achteruitgang van chemisch-fysisch kwaliteitselement doorzicht is uitgesloten.



Figuur 4-8 Vertroebeling aan het wateroppervlak (geel) veroorzaakt door de aanleg van het kabeltracé van Nederwiek 1 (roze) ten opzichte van de locatie van het KRW-meetpunt 'NL89\_SOELKKPDOT' (rood).

### 4.3.3 Sedimentatie

#### Veerse Meer

De activiteit jet trenchen in het Veerse Meer leidt tot sedimentatie. In paragraaf 2.3.2 is toegelicht dat sedimentatie tot maximaal 150 meter aan weerszijde van het tracé reikt op de meest slibrijke locaties. Op de overige delen van het tracé reikt sedimentatie tot hooguit enkele tientallen meters van het tracé. In totaal gaat het om circa 130 hectare waarbinnen sedimentatie optreedt. Dit staat gelijk aan circa 6,4% van het totale nat oppervlak van het Veerse Meer (ca. 2.030 hectare).

#### Macrofauna

In paragraaf 4.3.2 is het effect van vertroebeling op macrofauna behandeld. Dit is enigszins vergelijkbaar met de effecten van sedimentatie. Het beïnvloedde oppervlak van sedimentatie is echter kleiner dan vertroebeling. In paragraaf 4.3.2 kwam al naar voren dat op basis van de EKR een beperkt risico aanwezig is op achteruitgang. Ook is toegelicht dat de toestand van macrofauna in het Veerse Meer wordt bepaald aan de hand van de diversiteit en soortenrijkdom per ecotoop. Om achteruitgang tweeweg te brengen zou sedimentatie dus de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het Veerse Meer aanzienlijk moeten beïnvloeden (van minstens 0,50 naar <0,40, zie paragraaf 4.2.2).

Zoals in paragraaf 4.3.2 al is omschreven is de dichtheid, soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna rond het tracé relatief zeer laag. Hier bleek ook dat het tracé geen overlap vertoont met hotspots voor macrofauna (Figuur 4-7), ook niet rond de ondiepe aanlandingslocaties. Aanwezige macrofauna kan binnen de door sedimentatie beïnvloedde zone gedeeltelijk in aantal verminderen, dit is afhankelijk van de soortspecifieke tolerantie (eerder toegelicht in paragraaf 2.3). Het gaat hierbij om effecten op lokale schaal direct langs het tracé, waar macrofauna dus aanwezig is met een lage dichtheid en diversiteit. Hierbij is meetbare doorwerking op de soortenrijkdom en/of diversiteit van macrofauna in het Veerse Meer uitgesloten. Kwaliteitsaspect macrofauna wordt niet meetbaar beïnvloed door sedimentatie. Er is geen sprake van achteruitgang.

#### 4.3.4 Verstoring als gevolg van continu onderwatergeluid

De reikwijdte van continu onderwatergeluid en de studie die hiernaar gedaan is, zijn toegelicht in paragraaf 2.4. Paragraaf 2.6 licht de maximale reikwijdte toe van continu onderwaterverstoring ten opzichte van de ligging van KRW-waterlichamen. Continu-onderwatergeluid reikt tot KRW-waterlichamen Zeeuwse kust en Veerse Meer. Macrofauna en vis kunnen effecten ondervinden van onderwatergeluid (continu en impuls) (Solan et al., 2016).

##### Zeeuwse kust

###### *Macrofauna*

In paragraaf 4.2.2 is de huidige staat van macrofauna in het waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) toegelicht. Hieruit bleek dat het risico op achteruitgang laag is. Om achteruitgang teweeg te brengen zou verstoring met continu onderwatergeluid de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het gehele waterlichaam aanzienlijk moeten beïnvloeden (EKR van 0.73 naar <0,60, zie paragraaf 4.2.2).

In KRW-waterlichaam Zeeuwse kust treedt continu onderwatergeluid op in een gebied van 6789 hectare (9,7% van het gebied), zie Figuur 4-2. Door de werkzaamheden zal macrofauna tijdelijk met een toename in continu onderwaterverstoring te maken krijgen. Macrofauna is vooral gevoelig voor geluid met hoge dB-waardes die vooral bij impuls-onderwatergeluid vrijkomt (André et al., 2011; de Soto, 2016). Impuls-onderwatergeluid wordt niet geproduceerd bij de werkzaamheden in en rond KRW-waterlichaam Zeeuwse kust.

In de Delta varen voortdurend grote hoeveelheden schepen. Hierdoor treedt in het KRW-waterlichaam vrijwel constant continu onderwaterverstoring op. Het continu onderwatergeluid veroorzaakt door de werkzaamheden verschilt niet van de verstoring waar macrofauna in het KRW-waterlichaam al vrijwel permanent aan wordt blootgesteld. Dit leidt daarom niet tot effecten op de soortenrijkdom en/of diversiteit van macrofauna in het gehele KRW-waterlichaam. Achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna is uitgesloten.

##### Veerse Meer

###### *Vis*

Voor kwaliteitselement vis is een risico op achteruitgang aanwezig (paragraaf 4.2.2). De huidige toestand van vis zit relatief dicht bij de ondergrens van de klasse goed (respectievelijk EKR 0,47 vs. 0,45, zie paragraaf 4.2.2). Om achteruitgang teweeg te brengen zou de soortsaanpak en/of abundantie van vis in het Veerse Meer meetbaar moeten worden beïnvloed door de verstoring met continu onderwatergeluid (paragraaf 4.2.2). In onderstaande tekst is uiteengezet of dit het geval is.

Als gevolg van de aanlegwerkzaamheden in het Veerse Meer is sprake van verstoring door continu onderwatergeluid. De onderwaterverstoring die plaatsvindt verplaatst zich mee met de werkzaamheden langs het tracé, het vindt dus niet overal tegelijk plaats. Autonome scheepvaart zorgt reeds voor autonome verstoring door continu onderwatergeluid in het Veerse Meer. Ter indicatie: er passeerden in 2006 (meest recente data) zo'n 2.500 beroepsvaartschepen en 27.000 recreatievaartuigen sluiscomplex Veere (Rijkswaterstaat Dienst Zeeland, 2009). Een groot deel hiervan zal in ieder geval gedeeltelijk het tracé hebben gevolgd, gezien het tracé vrijwel parallel ligt met de vaargeul. De enkele aanlegsschepen leiden dus tot een zeer beperkte hoeveelheid additionele onderwaterverstoring. Effecten die doorwerken op de soortsaanpak en/of abundantie van de



visgemeenschap in het Veerse Meer zijn daarom uitgesloten. Er is geen sprake van achteruitgang van kwaliteitselement vis door verstoring met continu onderwatergeluid.

### *Macrofauna*

Voor kwaliteitselement macrofauna is een beperkt risico op achteruitgang aanwezig (paragraaf 4.2.2). Om achteruitgang teweeg te brengen zou de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het Veerse Meer aanzienlijk moeten worden beïnvloed door de verstoring met continu onderwatergeluid (van minstens 0,50 naar <0,40, zie paragraaf 4.2.2). In onderstaande tekst is uiteengezet of dit het geval is.

In KRW-waterlichaam Veerse Meer treedt tijdens de aanlegwerkzaamheden continu onderwatergeluid op in ruim de helft van het natoppervlak van het waterlichaam. Autonome scheepvaart zorgt echter reeds voor autonome verstoring door continu onderwatergeluid in het hele Veerse Meer. Zoals ook toegelicht in bovenstaande paragraaf voor het kwaliteitselement vis leiden de vaarbewegingen ten behoeve van de voorgenomen activiteit hierdoor slecht tot een geringe hoeveelheid additionele onderwaterverstoring. Door de werkzaamheden zullen macrofauna dus tijdelijk met een geringe toename in continu onderwaterverstoring te maken krijgen. Hierbij zijn effecten die doorwerken op de soortenrijkdom en/of -diversiteit van macrofaunagemeenschap in het Veerse Meer uitgesloten. Er is geen sprake van achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna door verstoring met continu onderwatergeluid.

## **4.3.5 Habitataantasting**

### **Zeeuwse kust**

#### *Macrofauna*

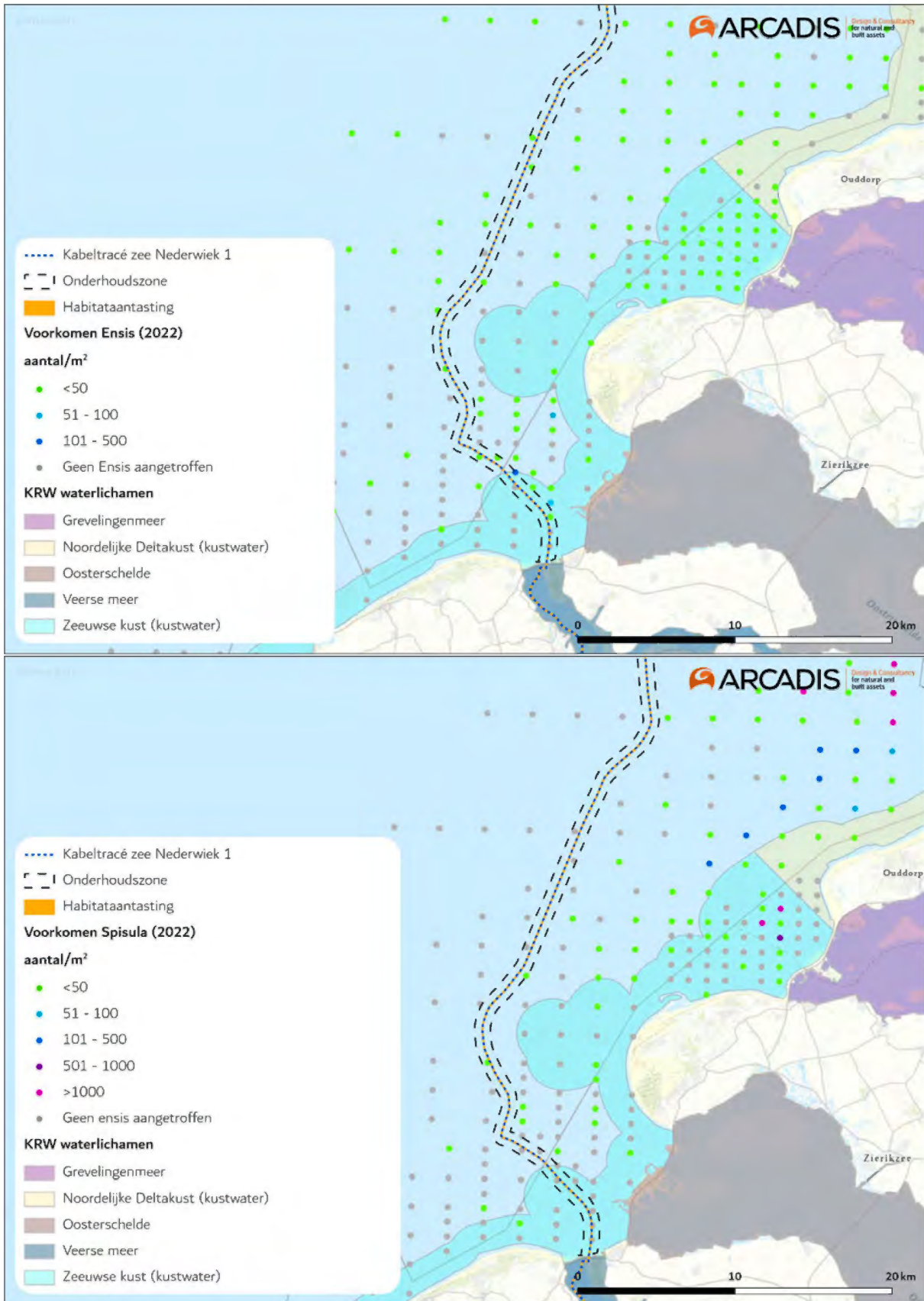
In paragraaf 4.2.2 is de huidige staat van macrofauna in het waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) toegelicht. Hieruit bleek dat het risico op achteruitgang laag is. Om achteruitgang teweeg te brengen zou habitataantasting de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het gehele waterlichaam aanzienlijk moeten beïnvloeden (EKR van 0.73 naar <0,60, zie paragraaf 4.2.2).

De reikwijdte van habitataantasting is toegelicht in paragraaf 2.7. Er kan in KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) aantasting plaatsvinden van circa 17,2 hectare. Dit is een beperkt deel van het totale areaal van dit KRW-waterlichaam (8376 ha; < 0,05 %). Dit zijn absolute worst-case aannames waarbij voor het hele gebied uit wordt gegaan van een reikwijdte van 25 meter van bodemaantasting bij kabelaanleg. In de praktijk zal in de Zeeuwse kust grotendeels getrencht worden en wordt er slechts de laatste kilometer voor aanlanding gebaggerd voorafgaand aan het jet trenchen. Jet trenchen heeft een kleinere reikwijdte dan de gehanteerde worst-case. In de praktijk zal het verstoorde oppervlak daardoor minder zijn.

Binnen het KRW-waterlichaam zijn verschillende soorten schelpdieren aangetroffen rond het kabeltracé, met name halfgeknotte strandschelpen (*Spisula subtruncata*) en in minder mate mesheften (*Ensis*) (Figuur 4-9; Troost et al., 2022). Het kabeltracé loopt niet door bekende hotspots van schelpdiersoorten en de soorten zijn verspreid in de omgeving waargenomen (Figuur 4-9). Het tracé loopt wel langs twee meetpunten waar redelijke hoge dichtheden mesheften (*Ensis*) zijn aangetroffen. De soort komt echter verspreid door het gebied voor. Aantasting van een beperkt oppervlak met hogere dichtheden leidt zodoende niet direct tot beïnvloeding van de overkoepelende soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam.

Alles overwegend zijn effecten op de overkoepelende soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam niet aan de orde. Met name door het marginale aantastingsoppervlak is dit uitgesloten. Met de aantasting is dus geen sprake van achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna in KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater).

Achteruitgang is dus uit te sluiten. Daarnaast is het nog wel noemenswaardig dat habitataantasting van de zeebodem slechts een tijdelijk effect is. Uit onderzoek is gebleken dat de morfologie van een aangetaste zeebodem zich vaak al binnen een jaar herstelt door de natuurlijke dynamiek (Baptist et al., 2009). De tijd dat bodemfauna nodig heeft om in een aangetast gebied de oude biomassa en dichtheid weer te bereiken bedraagt doorgaans ook slechts één jaar, dit neemt toe tot 2-5 jaar voor organismen met langere levenscycli (zoals verschillende tweekleppige en zee-egels) (Baptist et al., 2009; Boudewijn, 2016; Coates et al., 2015; Rozemeijer et al., 2013). Na een worst-case periode van vijf jaar zal de lokaal omgewoelde bodem dus opnieuw gekoloniseerd zijn door bodemfauna en een natuurlijke morfologie vertonen.



Figuur 4-9 Ensis banken (boven) en Spisula banken (onder) in het kust gebied. Alle gegevens zijn op basis van puntmetingen Figuur aangepast uit (Troost et al., 2022).

## **Veerse Meer**

### *Macrofauna*

Voor kwaliteitselement macrofauna is een beperkt risico op achteruitgang aanwezig (paragraaf 4.2.2). Om achteruitgang teweeg te brengen zou de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het Veerse Meer aanzienlijk moeten worden beïnvloed door de habitataantasting (van minstens 0,50 naar <0,40, zie paragraaf 4.2.2). In onderstaande tekst is uiteengezet of dit het geval is.

Voor het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 1 door het Veerse Meer hoeft niet gebaggerd te worden, er wordt alleen getrencht. De activiteit jet trenchen in het Veerse Meer leidt tot habitataantasting, dit heeft een gezamenlijke reikwijdte van 1,2 meter. Het beslaat daarmee in totaal een areaal van 1,42 hectare rond het tracé. Dit staat gelijk aan circa 0,07% van het totale natte oppervlak van het Veerse Meer (ca. 2.030 hectare).

Aanwezige macrofauna zal binnen de door habitataantasting beïnvloedde zone in aantal verminderen. Het gaat hierbij om effecten op zeer lokale schaal direct langs het tracé. Op deze locaties is een minimale hoeveelheid macrofauna aanwezig, ook is de diversiteit laag, dit is eerder in paragraaf 4.3.2 al uitgebreid omschreven. Daar bleek ook dat het tracé geen overlap vertoont met hotspots voor macrofauna (Figuur 4-7), ook niet bij de ondiepe aanlandingslocaties. In het Veerse Meer wordt dus minimaal oppervlak aangetast direct rond het tracé waar relatief lage dichthedenmacrofauna te verwachten zijn. Effecten die doorwerken op de soortenrijkdom en/of diversiteit van de macrofaunagemeenschap in het Veerse Meer zijn hierbij uitgesloten. Er is geen sprake van achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna door habitataantasting.

Tevens wordt na enige tijd het aangetaste deel van de bodem weer geherkoloniseerd door macrofauna. Waardoor na enkele jaren de 'oude' situatie van voor de aantasting weer terugkeert. Dit positieve aspect is eerder toegelicht bij waterlichaam Zeeuwse kust. Het heeft geen invloed op de argumentatie dat geen sprake is van achteruitgang.

## **4.3.6 Elektromagnetische velden**

### **Zeeuwse kust**

#### *Macrofauna*

In paragraaf 4.2.2 is de huidige staat van macrofauna in het waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) toegelicht. Hieruit bleek dat het risico op achteruitgang laag is. Om achteruitgang teweeg te brengen zou het elektromagnetisch veld (EMV) de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) aanzienlijk moeten beïnvloeden (EKR van 0.73 naar <0,60, zie paragraaf 4.2.2).

In paragraaf 3.2.8 is per soortgroep uiteengezet wat de meest recente inzichten zijn met betrekking tot EMV. Een uitgebreide literatuurstudie hierover is ook te vinden in Bijlage VII – D Effecten van elektromagnetische velden op zee. Er zijn aanwijzingen dat er van alle belangrijke soortgroepen soorten zijn die elektromagnetische velden kunnen waarnemen en hier effecten van kunnen ondervinden. Veel onderzoeken spreken over waardes van boven de 1.000  $\mu\text{T}$ , allen laboratoriumstudies, waarbij de effecten tevens vaak uit (lichte) veranderingen in gedrag gaat (zie paragraaf 2.8.1). De EMV-waarden van het huidige project zijn significant lager dan de EMV-waarden gebruikt in de onderzoeken (zie ook Figuur 2-12). Aangezien niet alle soortgroepen gedekt zijn in

deze onderzoeken en er geen onderzoeken naar langdurige effecten in vivo zijn gedaan, is er sprake van een kennisleemte op het gebied van elektromagnetische velden. .

Samengevat wijst de meest actuele beschikbare kennis uit dat er kennisleemtes aanwezig zijn, maar dat meetbare effecten pas optreden bij zeer sterke elektromagnetische velden. De momenteel beschikbare kennis over EMV's suggereert dat er bij hoge EMV-waarden geen sprake is van concrete nadelige effecten die zouden kunnen doorwerken op de soortsaamenstelling en/of abundantie van de macrofaunagemeenschap. Op basis daarvan is er geen aanleiding om aan te nemen dat er bij de relatief lage EMV-waarden van Nederwiek 1 een nadelige beïnvloeding plaatsvindt van de soortsaamenstelling en/of abundantie van de macrofaunagemeenschap in KRW-waterlichaam. Het optreden van achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna door elektromagnetische velden is daarom met voldoende zekerheid uitgesloten.

### **Veerse Meer**

#### *Macrofauna*

Eerder is toegelicht dat macrofauna in het Veerse Meer een relatief beperkt risico heeft op achteruitgang. Om achteruitgang teweeg te brengen zou het elektromagnetische veld de diversiteit en/of soortenrijkdom van macrofauna in het gehele waterlichaam aanzienlijk moeten beïnvloeden (van minstens 0,50 naar <0,40, zie paragraaf 4.2.2). In onderstaande tekst is uiteengezet of dit het geval is.

De beoordeling voor kwaliteitselement macrofauna in KRW-waterlichaam Veerse Meer berust zich op eenzelfde redenatie als hierboven toegelicht voor macrofauna in KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater). Bijkomend argument is dat het over grote deel van het tracé in het Veerse Meer, met het daarbij behorende elektromagnetische veld, in de diepe zone gelegen is. Hier is bodemleven in relatief lage dichtheden aanwezig en is de soortenrijkdom en diversiteit laag (eerder toegelicht). Eerder is aangetoond dat er geen sprake is van overlap met hotspots voor macrofauna in het Veerse Meer (Figuur 4-7).

Alles overwegend liggen concrete nadelige effecten op macrofauna van elektromagnetische velden die doorwerken op de soortenrijkdom en/of -diversiteit van de macrofaunagemeenschap op basis van de beschikbare kennis niet in de lijn der verwachting. Er is daarom geen aanleiding om aan te nemen dat de relatief lage EMV-waarden van Nederwiek 1 de soortsaamenstelling en/of abundantie van de macrofaunagemeenschap nadelig zouden beïnvloeden in het Veerse Meer. Het optreden van achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna door elektromagnetische velden is daarom met voldoende zekerheid uitgesloten en zodoende niet aan de orde.

#### *Vis*

Voor kwaliteitselement vis is een risico op achteruitgang aanwezig (paragraaf 4.2.2). De huidige toestand van vis zit relatief dicht bij de ondergrens van de klasse goed (respectievelijk EKR 0,47 vs. 0,45, zie paragraaf 4.2.2). Om achteruitgang teweeg te brengen zou de soortsaamenstelling en/of abundantie van vis in het Veerse Meer meetbaar moeten worden beïnvloed door de elektromagnetische velden. In onderstaande tekst is uiteengezet of dit het geval is.

Zoals eerder omschreven is er sprake van een elektromagnetisch veld wanneer de kabel van Net op zee Nederwiek 1 in gebruik wordt genomen. Voor diverse vissoorten is bekend dat zij elektromagnetische velden kunnen waarnemen (Jørgensen, 1980; Otremba et al., 2019; Snoek et al., 2016). Wetenschappelijke literatuur levert verschillende bewijzen voor het feit dat vissen (lichtelijke)

veranderingen laten zien door elektromagnetische velden (Gill, 2015; Hutchison et al., 2018; Otremba et al., 2019). Palingen zwemmen bijvoorbeeld langzamer wanneer zij een magnetisch veld passeren (Otremba et al., 2019). Anderzijds zijn er ook bronnen die aangeven dat bepaalde vissoorten geen veranderingen in gedrag laten zien (Armstrong et al., 2015). Overkoepelend zijn er geen concrete aanwijzingen die suggereren dat een elektromagnetisch veld werkt als een (migratie) barrière voor vissen of dat het duidelijke negatieve gevolgen heeft voor de overlevingskansen e.d.

Bovenstaande studies zijn doorgaans uitgevoerd bij extreme laboratoriumomstandigheden boven de 1.000  $\mu$ T. Het elektromagnetisch veld rond de kabel van Net op zee Nederwiek 1 bedraagt slechts een fractie van dergelijke waarden (2.8.1).

De huidige literatuur suggereert dat er bij hoge EMV-waarden geen sprake is van concrete nadelige effecten of barrièrewerking. Op basis van de beschikbare kennis is er daarom geen aanleiding om aan te nemen dat de relatief lage EMV-waarden van Nederwiek 1 de soortsaanstelling en/of abundantie van de visgemeenschap nadelig zouden beïnvloeden. Het optreden van achteruitgang van kwaliteitselement Vis door elektromagnetische velden is daarom op basis van de huidige kennis met voldoende zekerheid uit te sluiten en zodoende niet aan de orde.

#### 4.3.7 Verontreiniging

##### **Veerse Meer**

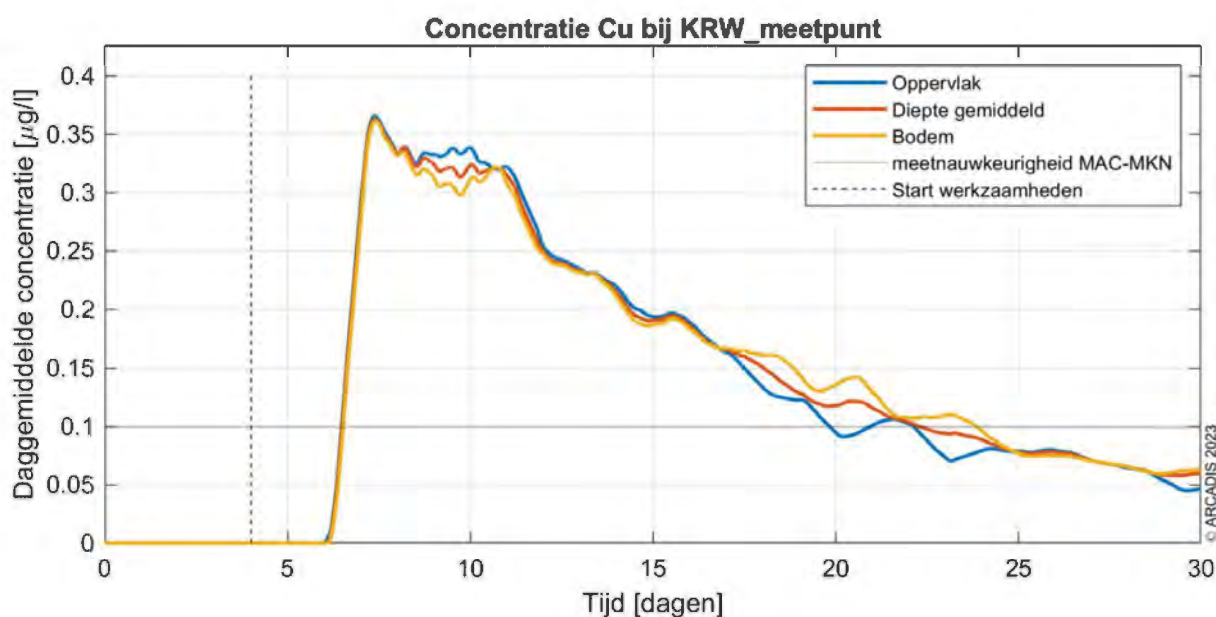
###### *Prioritaire stoffen en specifieke verontreinigende stoffen*

Voor prioritaire stoffen is een risico op achteruitgang aanwezig (paragraaf 4.2.2). Om achteruitgang teweeg te brengen moet een prioritaire stof de grenswaarde overschrijden als gevolg van de bodemroerende werkzaamheden. Wanneer een prioritaire stof de grenswaarde al overschrijdt is iedere concentratieverhoging achteruitgang. Hiervoor is gebruik gemaakt van het Indicatief waterbodemonderzoek Veerse Meer (zie ook paragraaf 2.9.2) en modelberekeningen, voor een deel met waterkwaliteitsmodel DELWAQ. In onderstaande tekst is aan de hand van deze bronnen uiteengezet of achteruitgang aan de orde is.

Met behulp van het waterkwaliteitsmodel DELWAQ is voor een aantal stoffen de verspreiding op basis van de hydrodynamische processen in het Veerse Meer berekend. Voor iedere stof is een tijdreeks gemaakt over het verloop van de (toegevoegde) concentratie op het KRW-meetpunt (meetpunt eerder getoond in Figuur 4-8<sup>6</sup>). Figuur 4-10 geeft een voorbeeld voor koper. Hierin is te zien dat de daggemiddelde concentratie oploopt na bijna twee dagen na de start van de werkzaamheden. Na 3,5 weken is de concentratie op het KRW-meetpunt weer onder de meetnauwkeurigheid voor koper. Voor iedere stof het maximale daggemiddelde als uitgangspunt genomen om aan te toetsen. Dit om te voorkomen dat het beeld wordt bepaald door een worst-case modelsignaal van slechts 10 minuten. De hoogte cq concentratie verlopen voor de overige gemodelleerde stoffen is opgenomen in hoofdstuk 6.

---

<sup>6</sup> NB: Ondanks dat uit de vertroebelingsstudie in het Veerse Meer blijkt dat vertroebeling niet reikt tot het KRW-meetpunt (Figuur 4-8) reiken sommige verontreinigde stoffen wel tot dit meetpunt. Dit komt omdat in de vertroebelingsfiguren gewerkt wordt met een ondergrens van 2 mg/l, de meetbare grens voor slib. Aan slib gebonden stoffen kunnen wel verder door het systeem verspreiden, ook als de slibconcentraties heel laag zijn. Daarnaast zijn er ook opgeloste, niet aan slib gebonden, stoffen die zich door de waterkolom verspreiden.



Figuur 4-10 Verloop van de daggemiddelde koperconcentratie op het KRW-meetpunt.

*Toetsing aan de piek middels de MAC-MKN*

Ten behoeve van de beoordeling is voor een groot aantal stoffen een modelberekening uitgevoerd met DELWAQ (zie ook bijlage 1 bij de Watertoets). DELWAQ bevat echter niet alle stoffen die in het Veerse meer als prioritair of specifiek verontreinigende stof zijn aangewezen (zie paragraaf 2.9.2) zijn aangetroffen, voor deze stoffen is een beroep gedaan op de relatief eenvoudige partitieberekeningen uit bijlage 1 en 2 bij deze Watertoets. Hiervoor zijn maximale concentratie-toenames berekend via de evenwichts-coëfficiënten voor die stoffen. In Tabel 4-7 zijn de prioritair stoffen weergegeven, waarbij een onderscheid is gemaakt tussen de stoffen die wel voldoen en niet voldoen aan de goede toestand in 2021 (zie Tabel 4-7). In Tabel 4-8 is dat voor de specifiek verontreinigende stoffen gedaan. De toetsing is uitgevoerd door te onderzoeken of de maximale toename van de concentratie kan leiden tot een overschrijding van de MAC-MKN<sup>7</sup> ter plaatse van de werkzaamheden. Het betreft hier immers een piekwaarde op één dag, en niet een langdurige toename van concentraties. De achtergrondconcentraties zijn bepaald op basis van publiek toegankelijke (<https://waterinfo-extra.rws.nl/overige-links-0/internationale-rapportages/krw-oordelen-rijkswaterstaat/>) meetresultaten op het KRW punt in het Veerse meer in de periode 2019-2021 (laatste drie jaar). Voor een aantal van de stoffen is geen MAC-MKN waarde afgeleid, deze stoffen zijn niet beoordeeld. Het gaat hier om indeno(1,2,3, c,d)pyreen (verhoging van 0,0011 µg/l op basis van de methode uit het rapport Arcadis 2021) en chroom (verhoging van 0,83 µg/l op basis van methode DELWAQ).

In het waterbodemonderzoek zijn geen PDBE's gemeten. Door Akerman et al., (2004) zijn in 2003 PBDE's gemeten in de Nederlandse Kustzone. De concentraties ten noorden van het Veerse Meer zijn gebruikt als indicatieve waarde voor het Veerse meer. Aangezien PDBE's in het water gevolg zijn van atmosferische depositie kunnen deze gegevens worden gebruikt. In dit onderzoek zijn 5 van de 6 verbindingen gemeten, op het punt Haringvliet 1 is de somconcentratie 4,77 µg/kg droge stof.

<sup>7</sup> De MAC-MKN is de maximaal aanvaardbare concentratie milieukwaliteitsnorm. Deze grenswaarde is toepasbaar bij kortstondige blootstelling aan verontreinigde stoffen. Tegenhanger is de jaargemiddelde milieukwaliteitsnorm (JG-MKN), welke toepasbaar is bij langdurige blootstelling.

Uitgaande van deze bodemconcentratie wordt de verhoging door de aanleg van de kabel van de waterconcentratie op 0,00001 µg/l geschat, deze is opgenomen in Tabel 4-7.

Tabel 4-7 Effecten prioritaire stoffen

Toestand 2021	Stof	Toename* (µg/l)	Methode (zie bijlage 1 en 2)	Achtergrondconcentratie (µg/l)	MAC-MKN (µg/l)	MAC overschreden
Voldoet niet	Kwik	0,00063	DELWAQ	0,00012	0,07	Nee
	Som PBDE	0,00001	Partitie-model	n.a.	0,014	Nee
Voldoet wel	Cadmium	0,0040	DELWAQ	0,0090	1,5	Nee
	Lood	0,085	DELWAQ	0,021	14	Nee
	Nikkel	0,21	DELWAQ	0,72	34	Nee
	Antraceen	0	Partitie-model	0,004	0,1	Nee
	Benzo(a)pyreen	0,0019	DELWAQ	0,002	0,027	Nee
	Benzo(k)fluorantheen	0,001	Partitie-model	0,000077	0,017	Nee
	Benzo(g,h,i)perylene	0,0005	Partitie-model	0,00023	0,00082	Nee
	Fluorantheen	0,0018	DELWAQ	0,0023	0,12	Nee
	Naftaleen	0,001	Partitie-model	0,040	130	Nee
	Tributyltin	0,00002	Partitie-model	0,000075	0,0015	Nee

\*Toename voor stoffen beoordeeld met DELWAQ ligt op het KRW meetpunt en voor stoffen met partitiemodel zonder verspreiding direct boven de ingreep.

Tabel 4-8 Effecten specifieke verontreinigde stoffen

Toestand 2021	Stof	Toename* (µg/l)	Methode	Achtergrondconcentratie (µg/l)	MAC-MKN (µg/l)	Meetnauwkeurigheid ((µg/l))	>MAC activiteit/ >onnauwkeurigheid
Voldoet niet	Arseen	0,03	Partitie-model	2,3	1,1	0,1	nee
	Koper	0,43	DELWAQ	1,9	4,5	0,1	Nee
Voldoet wel	Zink	0,62	DELWAQ	2,2	15,6	0,1	Nee
	Benzo(a)antra-ceen	0,0011	Partitie-model	0,0010	0,01	0,01	Nee
	Chryseen	0,001	Partitie-model	0,0040	0,008	0,001	Nee
	Fenantreen	0,001	Partitie-model	0,0052	6,7	0,1	Nee
	PFOA	0,001	Partitie-model	0,0015	560	1	Nee
	PFOS	0,006	Partitie-model	0,0015	7,2	0,1	Nee

\*Toename voor stoffen beoordeeld met DELWAQ ligt op het KRW meetpunt en voor stoffen met partitiemodel zonder verspreiding direct boven de ingreep.

Voor alle stoffen geldt dat de MAC-MKN niet wordt overschreden en is op grond daarvan een overschrijding niet aan de orde. Voor arseen geldt dat in de huidige situatie er een structurele overschrijding is. De toename is echter kleiner dan de meetnauwkeurigheid (dat geldt overigens voor alle stoffen), waardoor er geen sprake is van een toename.

Conclusies is dat de activiteit niet leidt tot achteruitgang van de chemische waterkwaliteit op het KRW-meetpunt. Uitgaande van de resultaten op het KRW-meetpunt is geen achteruitgang te



verwachten bij de biologische kwaliteitselementen fytoplankton, macrofauna en vis. De maximaal aanvaardbare concentratie milieunorm wordt namelijk niet overschreden.

#### *Toetsing aan de jaargemiddelde concentratie (JG-MKN)*

Toetsing aan de JG-MKN doen we alleen voor de stoffen welke nu niet voldoen aan de JG-MKN ([Factsheet Oppervlaktewater \(overheidsbestanden.nl\)](#)). Daar mag immers niets bij komen omdat de norm al wordt overschreden. Het gaat hierbij om de prioritaire stoffen kwik en PBDE en de specifiek verontreinigende stoffen koper en arseen. Op basis van het handboek immisietoets (Rijkswaterstaat, 2019), wordt er gesteld dat een lozing geen relevante invloed kan hebben, wanneer deze ter hoogte van het monitoringspunt niet leidt tot een verhoging van de concentratie van een stof die wordt gemonitord (in het handboek wordt dit geduid als de meetnauwkeurigheid). Dit is een waarde gebaseerd op de JG-MKN. Als de verhoging minder dan 1 van het laatste decimaal van de JG-MKN is, is de verhoging dus niet overschrijdend (voorbeeld: de JG-MKN van koper is 3,5 µg/l. De meetnauwkeurigheid is dan 0,1). Daarvoor is onderzocht of de toename jaargemiddeld in concentratie groter is dan de nauwkeurigheid van de monitoring van de stof. Dit is opgenomen in Tabel 4-9.

*Tabel 4-9 Toetsing aan meetnauwkeurigheid van stoffen die niet voldoen*

Voldoet niet voor	Stof	Jaargemiddelde toename*(µg/l)	Methode	Meetnauwkeurigheid (µg/l)	Toename groter dan meetnauwkeurigheid
<b>Specifiek verontreinigende stoffen</b>	Arseen	0,03	Partitiemodel	0,1	Nee
	Koper	0,013	DELWAQ	0,1	Nee
<b>Prioritaire stoffen</b>	Kwik	0,000009	DELWAQ	0,00001	nee
	PBDE	0,00000071	partitiemodel	0,00001	nee

\*Toename voor stoffen beoordeeld met DELWAQ ligt op het KRW meetpunt en voor stoffen met partitiemodel zonder verspreiding direct boven de ingreep.

Geconcludeerd wordt dat de jaargemiddelde toename van de stoffen die in de huidige situatie niet voldoen aan de JG-MKN kleiner zijn dan de meetnauwkeurigheid van die stoffen, daarmee is er geen sprake van een meetbare toename van de jaargemiddelde concentratie.

### **4.3.8 Combinatie van gevolgen**

Door een combinatie van gevolgen kunnen organismen die onderdeel zijn van de ecologische maatlaten mogelijk langdurigere en/of zwaardere effecten ondervinden. In onderstaande paragrafen is toegelicht of de gecombineerde gevolgen van dit project tot achteruitgang van kwaliteitselementen kan leiden in de KRW-waterlichamen Zeeuwse kust en Veerse Meer.

#### **Zeeuwse kust**

Voor KRW-waterlichaam Zeeuwse kust kan uitsluitend biologisch kwaliteitselement macrofauna een combinatie van gevolgen ondervinden. Tijdens de aanlegfase gaat het hier om een combinatie van vertroebeling, habitataantasting en onderwatergeluid. Tijdens de gebruiksfase gaat het enkel om elektromagnetische velden. Het gevolg elektromagnetische velden is al behandeld in paragraaf 4.3.6 en wordt niet versterkt door een andere effectketen uit de aanlegfase. Het wordt hier daarom niet verder beschouwd.

Voor de aanlegfase gelden de volgende punten:

- Deze gevolgen kunnen in een klein gebied tegelijkertijd optreden. Habitataantasting vindt plaats in een zeer klein areaal, daarbuiten vindt dus geen combinatie van effecten plaats.
- Wat betreft onderwatergeluid, zoals beschreven in paragraaf 4.3.4, is macrofauna vooral gevoelig voor geluid met hoge dB-waardes die vooral bij impuls-onderwatergeluid vrijkomt. Er is ook geen reden om aan te nemen dat effecten van habitataantasting en vertroebeling versterkt worden door onderwatergeluid.
- Buiten de reikwijdte van habitataantasting en onderwatergeluid is enkel vertroebeling nog aan de orde, hetgeen behandeld is in paragraaf 4.3.2.

Voor de combinatie van habitataantasting en vertroebeling geldt dat er een zeer klein stuk van het gehele oppervlakte van KRW-waterlichaam Zeeuwse kust effecten ondervindt van deze gevolgen. Het gaat om 0,05% van het totaaloppervlak van waterlichaam Zeeuwse kust. Het effect van vertroebeling op macrofauna is tevens minimaal, het valt weg in de vertroebeling van het van nature dynamische kustwater (zie ook 4.3.2). Er is geen reden om aan te nemen dat in dit geval effecten van habitataantasting versterkt worden door vertroebeling. Hierdoor ondervindt Macrofauna in KRW-gebied Zeeuwse kust over het algemeen alleen effecten van habitataantasting tijdens de aanleg, welke beschreven staan in paragraaf 4.3.5. Het gecombineerde effect van de verschillende gevolgen van de activiteit is verwaarloosbaar. Achteruitgang door gecombineerde effecten is uitgesloten.

### **Veerse Meer**

In KRW-waterlichaam Veerse Meer kunnen de biologische kwaliteitselementen vis en macrofauna een gecombineerd effect ondervinden. Het gaat in de aanlegfase bij vis om vertroebeling en onderwaterverstoring door continu onderwatergeluid. Voor macrofauna gaat het in de aanlegfase om vertroebeling, sedimentatie, habitataantasting en onderwaterverstoring door continu onderwatergeluid. Tijdens de gebruiksfase is het enige gevolg voor beide kwaliteitselementen elektromagnetische velden. Het gevolg elektromagnetische velden wordt dus niet versterkt door een andere effectketen. Elektromagnetische velden is afzonderlijk behandeld in paragraaf 4.3.6 en wordt hier daarom niet verder beschouwd.

Eerder is bepaald dat zowel de effecten van continu onderwatergeluid als die van vertroebeling wegvallen bij andere autonome verstoringbronnen door bijvoorbeeld scheepvaart, visserij en stormen in het gebied. Hierdoor werd bij de losstaande gevolgen beoordeeld dat vis niet wordt beïnvloed en er geen sprake is van effecten. Er is geen reden om aan te nemen dat de gevolgen elkaar versterken. Het effect op kwaliteitselement vis is daarom niet groter dan eerder beoordeeld. Van achteruitgang door gecombineerde effecten op soortsaanpak en/of abundantie is dus geen sprake.

Ook voor de macrofauna gemeenschap in het Veerse Meer leiden gecombineerde gevolgen van habitataantasting, sedimentatie, vertroebeling en onderwatergeluid niet tot merkbare effecten op de soortenrijkdom en/of -diversiteit. Van achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna is geen sprake. Deze conclusie wordt getrokken omdat alle effecten grotendeels optreden in de diepe zone van het Veerse Meer. De dichtheid, soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna is in deze diepe zone aanzienlijk (ca. 5 keer) lager dan in de ondiepe zones (uitgebreid toegelicht in paragraaf 4.3.2 - Veerse Meer - Macrofauna). Daarnaast is binnen het door habitataantasting beïnvloede oppervlak geen combinatie van effecten mogelijk. Worst-case uitgangspunt is namelijk dat alle macrofauna binnen dit beperkte oppervlak door de aantasting wordt vernietigd. Van de combinatie van sedimentatie, vertroebeling en onderwatergeluid in het gebied daar omheen is het gevolg sedimentatie het meest relevant. vertroebeling en onderwatergeluid is namelijk soortgelijk aan de

autonome situatie, hierbij zijn meetbare effecten eerder uitgesloten (eerder toegelicht in de bijbehorende effectbeoordelingen, paragraaf 4.3.2 en 4.3.4). Het gecombineerde effect van sedimentatie zorgt lokaal mogelijk voor een (tijdelijke) vermindering in dichtheid. De overkoepelende soortenrijkdom en/of -diversiteit van macrofauna in het Veerse Meer wordt daarmee echter niet negatief beïnvloed. Achteruitgang van het kwaliteitselement is daarom uitgesloten.

## 4.4 Cumulatie

### 4.4.1 Toelichting

Bij de effectbepaling van de gevolgen is voor ieder gevolg uitgegaan van een worst-case seizoen van realisatie, voor zover van toepassing. Er zijn geen effecten vastgesteld op zee of het Veerse meer. Wel zijn er enkele gevolgen die geen effect hebben op zichzelf, maar mogelijk wel in combinatie met andere projecten:

- **Vertroebeling.** Geconcludeerd wordt dat vertroebeling geen achteruitgang veroorzaakt van de kwaliteitselementen fytoplankton, macrofauna en vis. Doorzicht (fysisch-chemisch) ondervindt ook geen achteruitgang. Wanneer bij andere projecten ook vertroebeling optreedt, kan in cumulatie mogelijk wel sprake zijn van achteruitgang van kwaliteitselementen of andere relevante parameters. Daarom wordt vertroebeling meegenomen in de cumulatietoets.
- **Sedimentatie.** Geconcludeerd wordt dat sedimentatie niet leidt tot achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna. Door de gelijktijdige aanleg van Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma en Nederwiek 1, kan in cumulatie mogelijk wel sprake zijn van achteruitgang. Daarom wordt habitataantasting meegenomen in de cumulatietoets.
- **Continu-onderwatergeluid.** Continu-onderwatergeluid wat optreedt tijdens de aanlegfase leidt niet tot achteruitgang van macrofauna en/of vis. Door de gelijktijdige aanleg van Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Nederwiek 1, kan dit in cumulatie mogelijk wel leiden tot achteruitgang van kwaliteitselementen. Daarom wordt continu-onderwatergeluid meegenomen in de cumulatietoets.
- **Habitataantasting.** Geconcludeerd wordt dat habitataantasting niet leidt tot achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna. Door de gelijktijdige aanleg van Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma en Nederwiek 1, kan in cumulatie mogelijk sprake zijn van achteruitgang. Daarom wordt habitataantasting meegenomen in de cumulatietoets.
- **Elektromagnetische velden.** Voor EMV-velden is op basis van de beschikbare kennis geconcludeerd dat nadelige effecten niet te verwachten zijn, achteruitgang van kwaliteitselementen door meetbare doorwerking op soortenrijkdom en abundantie is zodoende niet aan de orde. EMV-velden kunnen echter worden beïnvloed door andere kabels in de nabijheid, waaronder Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma en Nederwiek 2. Daarom wordt dit onderwerp in deze cumulatietoets meegenomen.
- **Verontreiniging.** Geconcludeerd wordt dat verontreiniging geen achteruitgang veroorzaakt van de kwaliteitselementen fytoplankton, macrofauna en vis. Chemische kwaliteit ondervindt ook geen achteruitgang. Wanneer bij andere projecten ook verontreiniging optreedt, kan in cumulatie mogelijk wel sprake zijn van achteruitgang van kwaliteitselementen of andere relevante parameters. Daarom wordt verontreiniging meegenomen in de cumulatietoets.

#### 4.4.2 Projecten meegenomen in cumulatie-toets

Projecten worden meegenomen in de cumulatietoets wanneer er sprake is van overlap in tijd of ruimte. Er is gekeken naar projecten in de vergunningenbank en aanvullend ook naar Wind op zee projecten die op het moment van schrijven (juni 2023) nog niet vergund zijn, maar in Routekaart windenergie op zee 2023 en Routekaart windenergie op zee 2030 staan, zie Tabel 4-10 (zie ook paragraaf 1.2 Deel A).

In de vergunningenbank zijn op dit moment (juni 2023) drie mogelijk relevante projecten gevonden voor vertroebeling. Er zijn geen projecten gevonden waarbij EMV of impuls onderwatergeluid wordt geproduceerd. In de cumulatietoets wordt daarom voor impuls onderwatergeluid en EMV alleen gekeken naar cumulatie met Wind op zee projecten die op het moment van schrijven (juni 2023) nog niet vergund zijn.

Voor vertroebeling zijn de volgende projecten gevonden: Vanaf 2018 wordt de Nieuwe Waterweg verdiept en vindt baggeronderhoud plaats van de Nieuwe Waterweg, het Scheur en de hoofdvaargeul van de Botlek (referentie DGAN-NB/16097406). Deze vergunning loopt tot en met januari 2026. Daarnaast is er een vergunning voor baggeronderhoud van de havens bij de Oosterscheldekering en verspreiding van vrijgekomen baggerspecie (referentie DGNVLG/21150069). Deze vergunning loopt van juni 2021 tot en met maart 2025. Het onderhoud van de Tweede Maasvlakte wordt meegenomen aangezien dit in 2026 plaatsvindt. Tevens is ook nog Net op zee Hollandse Kust (west Beta) meegenomen aangezien deze onder Routekaart 2030 valt en de werkzaamheden overlappen met Net op zee Nederwiek 1. In Tabel 4-11 worden de potentiële cumulerende effecten tussen Net op zee Nederwiek 1 en autonome ontwikkelingen opgesomd. In de paragrafen na de tabel wordt per autonoom project beschreven of er potentiële cumulerend effecten optreden of niet.

Tabel 4-10 Projecten die overlap in tijd of locatie hebben met Net op zee Nederwiek 1.

Projectnaam	Locatie	Jaar van uitvoering
<b>Verdieping Nieuwe Waterweg, Botlek en 2e Petroleumhaven</b>	Nieuwe Waterweg, Botlek en 2e Petroleumhaven	2018-2025
<b>Baggeronderhoud havens bij de Oosterscheldekering</b>	Oosterschelde	Winter 2021/2022 t/m winter 2023/2024
<b>Aanleg en onderhoud Tweede Maasvlakte</b>	Tweede Maasvlakte	2024 en 2026
<b>Net op zee Hollandse kust (west Beta)</b>	Noordzee	2024-2025
<b>Net op zee IJmuiden Ver Alpha</b>	Noordzee en Veerse Meer	2024-2029
<b>Net op zee IJmuiden Ver Beta</b>	Noordzee	2024-2028
<b>Net op zee IJmuiden Ver Gamma</b>	Noordzee	2024-2029
<b>Net op zee Nederwiek 2</b>	Noordzee	2025-2029

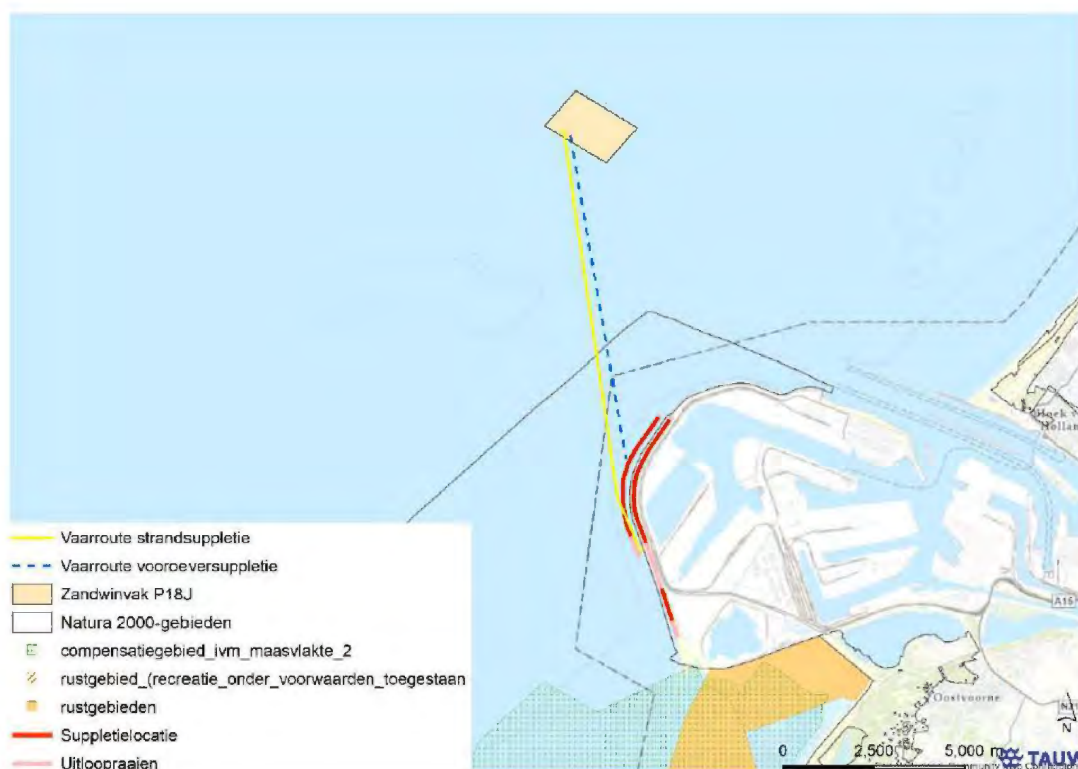
Tabel 4-11 Potentiële cumulerende effecten tussen Net op zee Nederwiek 1 en autonome ontwikkelingen (een X betekent dat er mogelijk cumulerende effecten zijn).

Projectnaam	Vertroebeling	Sedimentatie	Continu-onderwater-verstoring	Habitataantasting	Elektromagnetische velden	verontreiniging
Verdieping Nieuwe Waterweg, Botlek en 2e Petroleumhaven	X					
Baggeronderhoud havens bij de Oosterscheldekering	X					
Aanleg en onderhoud Tweede Maasvlakte	X					
Net op zee Hollandse kust (west Beta)	X		X			
Net op zee IJmuiden Ver Alpha	X	X	X	X	X	X
Net op zee IJmuiden Ver Beta	X	X	X	X	X	
Net op zee IJmuiden Ver Gamma	X	X	X	X	X	
Net op zee Nederwiek 2	X	X	X	X	X	

### Autonome projecten (vergund en toekomstig)

#### Aanleg en onderhoud Tweede Maasvlakte

Elke twee jaar wordt de (zachte) zeewering van de Tweede Maasvlakte onderhouden door middel van zandsuppleties. In een MER voor zandwinning in de Noordzee staan autonome zandwinactiviteiten voor de aanleg en onderhoud van de Tweede Maasvlakte van 10 miljoen m<sup>3</sup> gepland in 2024 en 2026 (Sweco, 2017). Dit zullen ook de jaren zijn waarin zandsuppletie zal plaatsvinden ten behoeve van kusthandhaving. Hoogstwaarschijnlijk zijn dit worst-case aantallen, of zijn dit cumulatieve berekeningen voor verschillende activiteiten. Voor de suppleties van 2022 zijn er meer gedetailleerde bronnen beschikbaar. Voor de aanleg en onderhoud wordt ongeveer 1,4 miljoen m<sup>3</sup> zand gewonnen. Dit zal plaatsvinden in september 2022 (Tauw, 2021). De aanleg en onderhoud activiteiten zijn vergund onder referentie DGNVLG / 20182743. De locatie van deze zandwinning bevindt zich in de Noordzee circa 10 km ten westen/noordwesten van Tweede Maasvlakte (Figuur 4-11). Werkzaamheden voor de aanleg en onderhoud van de Tweede Maasvlakte kunnen in cumulatie optreden met vertroebeling.



Figuur 4-11 Zandwinninglocaties en suppletielocaties voor onderhoud de Tweede Maasvlakte. Overgenomen uit (Tauw, 2021).

### Verdieping Nieuwe Waterweg, Botlek en 2<sup>e</sup> Petroleumhaven

De activiteit betreft de verdieping, met behulp van baggerschepen, van de Nieuwe Waterweg, de Botlek en 2<sup>e</sup> Petroleumhaven, inclusief verdiepingen bij ligplaatsen voor schepen langs kades en steigers, inclusief extra onderhoud dat in de toekomst noodzakelijk is als gevolg van de verdieping. De activiteit is vergund onder referentie DGAN-NB/16097406.

De verdiepingswerkzaamheden vinden gefaseerd plaats. In de periode 2016-2017 is de eerste fase, waarin de voornaamste baggerwerkzaamheden plaatsvinden en circa 4,7 miljoen bodemmateriaal afgegraven wordt. In de periode 2018-2025 is de tweede fase, en zijn verdere verdiepingswerkzaamheden gepland voor een betere bereikbaarheid van aangrenzende havenbekkens en ligplaatsen. De hoeveelheid af te graven bodemmateriaal is deze fase 2 miljoen m<sup>3</sup>. Werkzaamheden voor de verdieping van de Nieuwe Waterweg, Botlek en 2<sup>e</sup> Petroleumhaven kunnen in cumulatie optreden met vertroebeling.

### Baggeronderhoud havens bij de Oosterscheldekering

Omdat de havens niet voldoen aan de benodigde nautische diepte, worden zes (werk)havens aan de Oosterscheldekering gebaggerd. De activiteit is vergund onder referentie DGNVLG / 21150069.

Vier van de havens liggen aan de binnenzijde (Oosterschelde) en twee havens liggen aan de zeezijde (Noordzee) van de Oosterscheldekering. De vrijkomende baggerspecie van de vier binnenhavens wordt in het gebied (de Oosterschelde) nuttig toegepast. De baggerspecie uit de havens aan de buitenzijde wordt geborgen in de Noordzee en op vijf locaties verspreid rondom de monding van de Oosterschelde. Werkzaamheden voor baggeronderhoud havens bij de Oosterscheldekering kunnen in cumulatie optreden met vertroebeling.

### **Net op zee Hollandse Kust (west Beta)**

Voor de Routekaart windenergie op zee 2030 heeft de Nederlandse overheid vastgelegd dat in 2030 verschillende windparken op zee zijn gebouwd en op land zijn aangesloten. Het windpark Hollandse Kust (west) maakt hier deel van uit. Werkzaamheden van Net op zee Hollandse Kust (west Beta) overlappen in tijd met Net op zee Nederwiek 1. In 2024-2025 worden de kabels aangelegd, waarbij ook gebaggerd wordt. Werkzaamheden van Net op zee Hollandse Kust (west Beta) kunnen in cumulatie optreden met vertroebeling.

### **Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2**

Naast Net op zee Nederwiek 1 zijn worden ook Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma en Nederwiek 2 aangelegd. De aanleg van Net op zee Nederwiek 1 rondt af in 2029. De aanleg van Net op zee IJmuiden Ver Beta rondt naar verwachting in 2028 af. De aanleg van Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Gamma rondt naar verwachting in 2029 af. Vanwege de parallelle ligging van Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 worden vertroebeling, impuls- onderwatergeluid, bovenwaterverstoring, elektromagnetische velden, verstoring op land en habitataantasting op land in cumulatie beoordeeld<sup>8</sup>. Van de vijf tracés worden er maximaal 4 tracés tegelijk aangelegd (door TenneT aangegeven uitgangspunt).

Voor het beoordelen van cumulerende effecten op zee is uitgegaan van de onderstaande twee scenario's:

1. Het aanleggen van vier van de vijf Netten van de Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 vindt plaats met **één jaar ertussen**. Er zal geen overlap optreden in werkzaamheden aan de vier projecten.
2. Het aanleggen van de kabels van vier van de vijf Netten van de Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 vindt plaats in **hetzelfde seizoen**.

#### **4.4.3 Vertroebeling**

##### **Aanleg en onderhoud Tweede Maasvlakte**

Gezien de aanleg van Net op zee Nederwiek 1 die op zijn vroegst in maart 2025 start, zal er voor de suppletie van 2022 en 2024 geen overlap in tijd plaatsvinden. Indien soortgelijke zandwinningen en suppleties gepland zijn voor 2026 kan er een overlap in tijd zijn. De zandwinningswerkzaamheden voor aanleg en onderhoud (suppletie) zullen wel voor vertroebeling zorgen. Deze werkzaamheden zijn echter niet op de plek van de aanlanding van Net op zee Nederwiek 2, maar noordelijker. Deze gebieden overlappen dus niet en vanwege de verwachte korte duur van de suppletie treedt er geen cumulatie van effecten op tussen deze projecten.

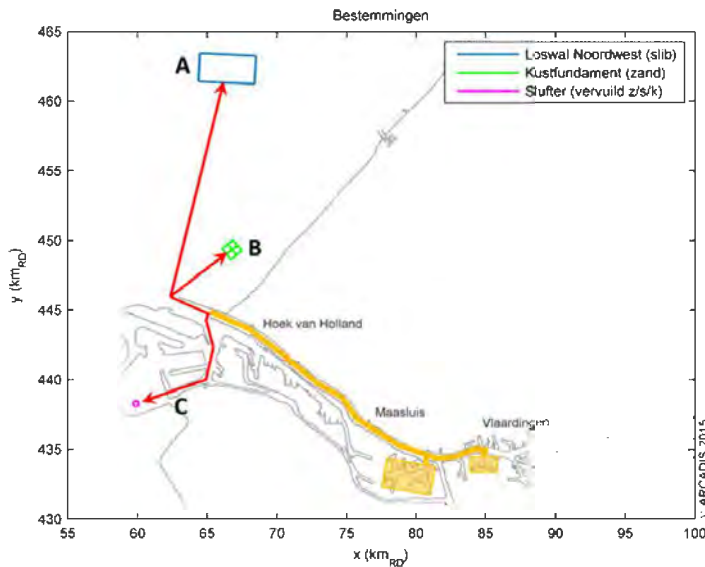
##### **Verdieping Nieuwe Waterweg, Botlek en 2e Petroleumhaven**

Aangezien de aanleg van Net op zee Nederwiek 1 op zijn vroegst in maart 2025 start, is alleen de tweede fase relevant voor mogelijke cumulatie van vertroebeling. In de tweede fase zal het sediment worden verspreid op Loswal Noordwest (zie Figuur 4-12). Voor de worst-case wordt aangenomen dat de tweede fase (2018-2025) in 1 jaar wordt uitgevoerd. In dat geval bedraagt de toename van de tweede fase ten opzichte van de huidige situatie in de orde van 0,5 mg/L verhoging in de kustnabije zone. Het is de vraag of deze verhoging meetbaar is en niet wegvalt in de ruis van het systeem. Verderop langs de kust zal de verhoging als gevolg van de tweede fase nog een stuk

---

<sup>8</sup> Er is geen effectief verschil tussen de resultaten van de modellen of beoordeling van welke 4 van de vijf met elkaar cumuleren. Omdat de overige 3 kabels eerder aangelegd worden, en NW1 en NW2 na elkaar, en daarmee technisch nog niet vergund zijn, is er gekozen om hier te kijken naar cumulatie van NW1 met Alpha, Beta en Gamma.

lager liggen. Daarnaast is het waarschijnlijk dat de tweede fase verspreid over de jaren 2019 – 2025 wordt uitgevoerd. Indien dit het geval is zal er zo’n kleine hoeveelheid per jaar verspreid worden dat dit als niet relevant kan worden beschouwd (Arcadis, 2015). De worst-case verhoging is dusdanig beperkt dat significant negatieve effecten als gevolg van cumulatie worden uitgesloten.



Figuur 4-12 De ligging van verspreidingslocaties gebruikt bij project verdieping Nieuwe Waterweg. Relevant voor cumulatie met Net op zee Nederwiek 1 is verspreidingsvak Loswal Noordwest, welke gebruikt wordt in fase 2 (Arcadis, 2015).

### Baggeronderhoud havens bij de Oosterscheldekering

De bagger- en stortwerkzaamheden worden in drie winterperiodes (tussen 1 oktober en 31 maart) uitgevoerd, te beginnen met winter 2021/2022. De derde en laatste serie van werkzaamheden vindt plaats in de winter 2023/2024. Aanleg van Net op zee Nederwiek 1 begint op zijn vroegst op 1 maart 2025, hierdoor vindt er geen overlap in tijd plaats tussen de projecten. Er treedt geen cumulatie op van vertroebeling.

### Net op zee Hollandse Kust (west Beta)

De slibwolk die vrijkomt bij de werkzaamheden van Net op zee Hollandse Kust (west Beta) verspreid zich niet verder dan de kust van Noord-Holland (zie Figuur 4-13) en zal zodoende niet in geografische locatie overlappen met Net op zee Nederwiek 2. Tevens zijn er genoeg uitwijkmogelijkheden voor duikende en op zichtjagende vogels wanneer beide vertroebelingswolken gelijktijdig optreden. Effecten van cumulatie van vertroebeling tussen deze projecten is uitgesloten.





Figuur 4-13 Gebied tot waar de dieptegemiddelde slibwolk (> 2 mg/L) ten gevolge van de werkzaamheden van Hollandse Kust (west Beta) reikt (Arcadis, 2018). N.B. dit is een ouder figuur gebaseerd op oudere data vanuit Hollandse Kust (west Beta).

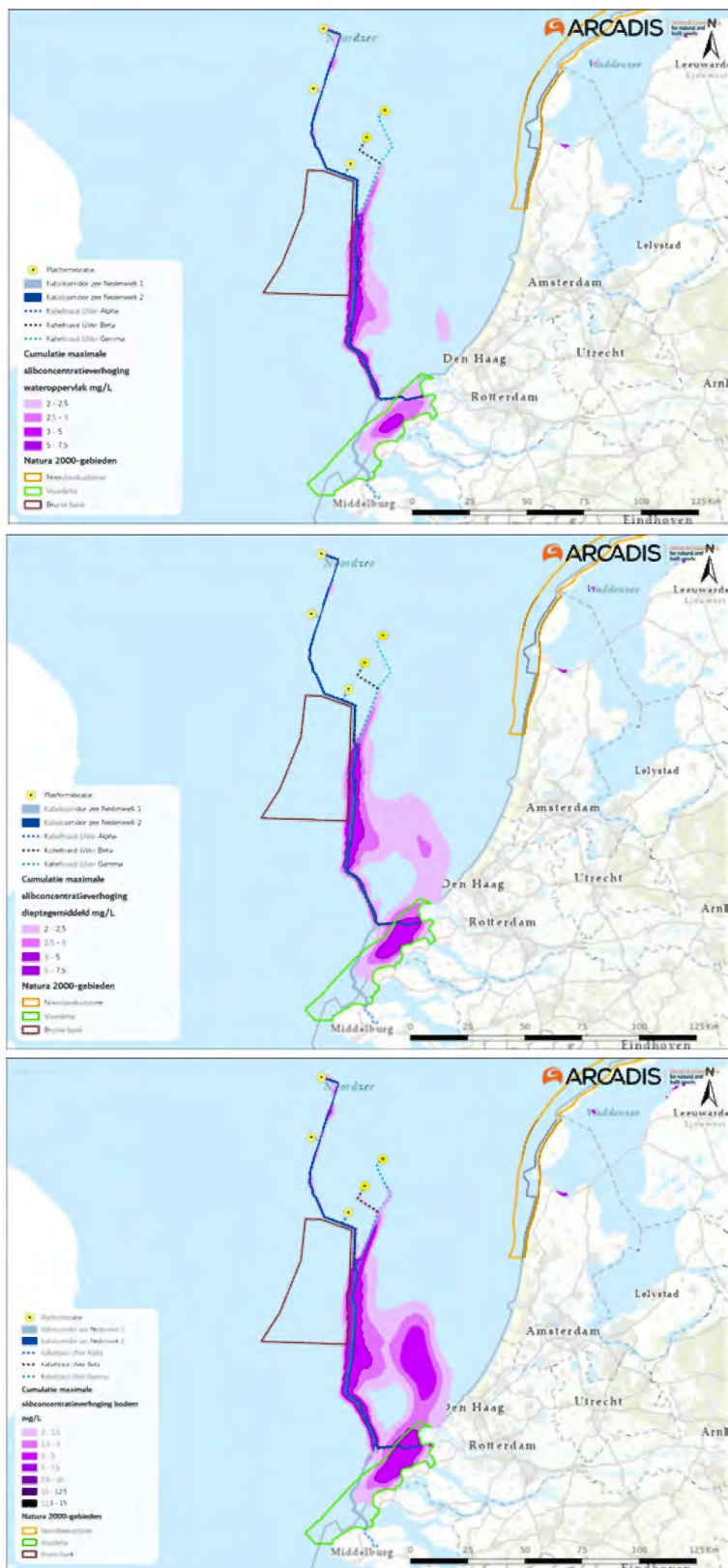
### Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2

Figuur 4-14 geeft een beeld van de cumulatie van de maximale concentratieverhoging van het totale gebied, waar op enig moment gedurende de werkzaamheden van Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma en Nederwiek 1 slibconcentratieverhogingen plaatsvinden. In Figuur 4-13 is een worst-case modellering gebruikt waarin alle 4 de Netten op zee tegelijk aangelegd worden en allemaal starten vanaf land. Ook wordt in de studie gewerkt met een scenario waarbij de aanleg in een korte periode van enkele maanden wordt gedaan. Het ingraven van de kabels kan over een langere periode plaatsvinden, maar dit leidt ten alle tijden tot lagere vertroebeling dan gemodelleerd. Ook is het onwaarschijnlijk dat er daadwerkelijk 4 kabels tegelijk aangelegd worden, in de praktijk zal de vertroebeling dus minder ver reiken.

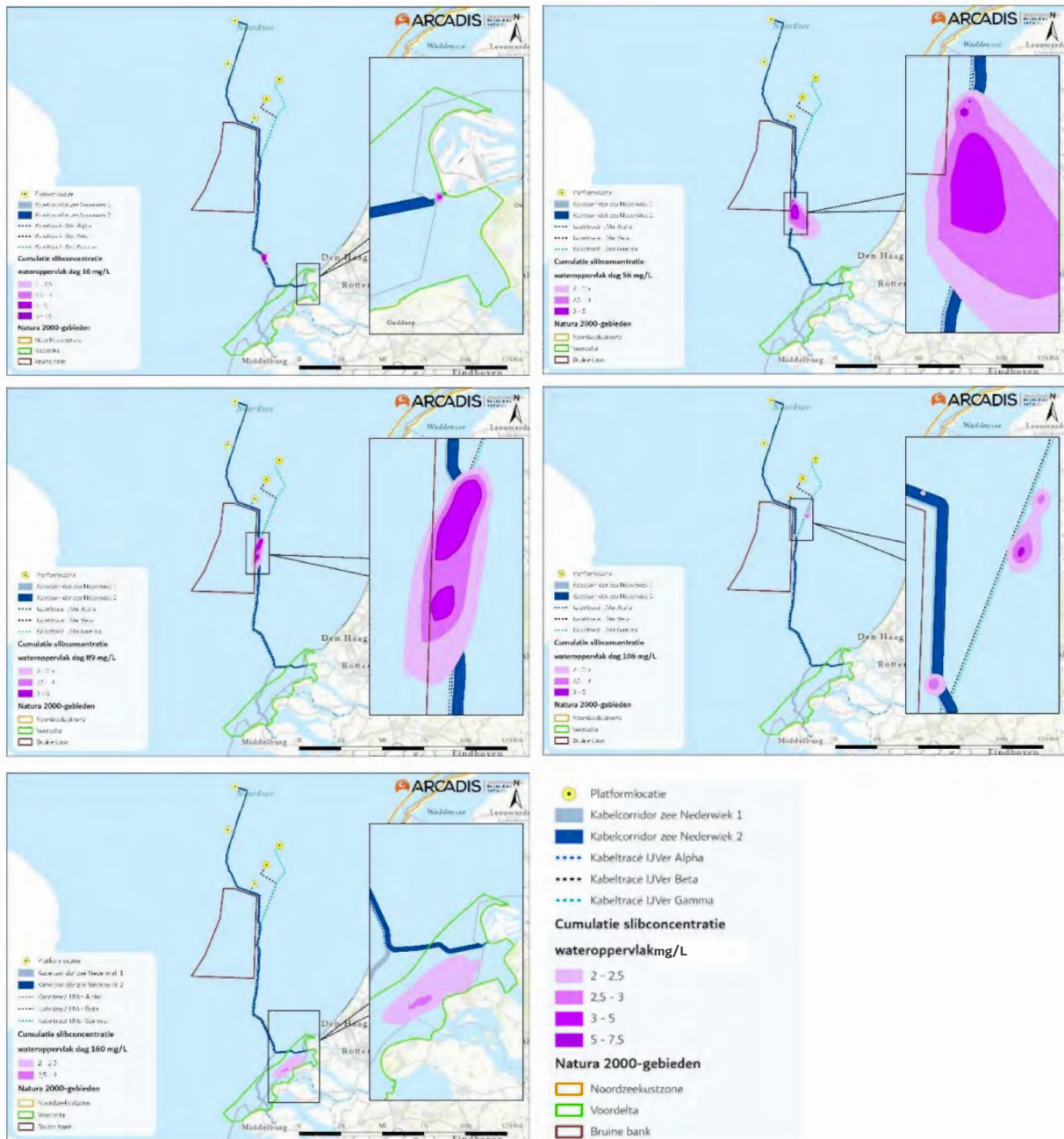
Figuur 4-15 toont voor elke locatie op de kaart de maximale absolute mogelijke worst-case combinatie van vertroebeling van Netten op zee IJmuiden Ver Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 (scenario 1b). Ook is de slibwolk in werkelijkheid op ieder willekeurig moment tijdens de werkzaamheden kleiner dan weergegeven in de Figuur 4-15. De slibwolken bewegen namelijk mee met de (bagger)werkzaamheden van Net op zee IJmuiden Ver Beta, Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 en doven weer uit. Ter illustratie wordt in de Figuur 4-15 het verloop van de vertroebeling in het bovenste gedeelte van de waterkolom op verschillende momenten in tijd weergegeven voor een combinatie van dagen van Netten op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma en Nederwiek 1 om zo een ruimtelijk beeld te krijgen van de verplaatsingen van de slibpluim. De baggerwerkzaamheden vinden in het scenario plaats van west naar oost. In de praktijk

is het mogelijk dat aannemers tegengesteld werken of op andere locaties tegelijk aan het werk zijn. In Figuur 4-15 zijn verschillende combinaties gemaakt tussen dagen van Netten op zee IJmuiden Ver, Beta en Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 die voor vertroebeling zorgen in hetzelfde gebied. Voor dagen van Net op zee Nederwiek 1 is hiervoor onder andere gekozen voor dagen die zorgen voor de grootste vertroebeling rond de Bruine Bank (dag 76) en de Voordelta (dag 5).

Uit de figuren valt af te leiden dat de maximale gecumuleerde daggemiddelde slibconcentratieverhoging op zee aan het wateroppervlak, dieptegemiddeld en bij de bodem niet hoger is dan 7,5 mg/L. In de Voordelta is de maximale concentratieverhoging aan het wateroppervlak 12,5 mg/L en voor dieptegemiddeld en bij de bodem is het 15 mg/L. Dit valt binnen de natuurlijke variatie, zoals te zien in Figuur 4-6.



Figuur 4-14 Cumulatie van de maximale omvang baggerpluimen van de Netten op zee IJmuiden Ver Beta, IJmuiden Ver Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2 gedurende de gehele simulatieperiode voor wateroppervlak (boven), dieptegemiddeld (midden) en bodem (onder). Betreffende worst-case combinatie van maximale vertroebeling. De concentratieverhogingen door de werkzaamheden zijn, aan de hand van een kleurschaal, weergegeven als daggemiddelde (mg/L).



Figuur 4-15 Verspreiding van gecumuleerde daggemiddelde vertroebeling door de tijd aan het wateroppervlak van verschillende combinaties van geografisch nabijgelegen gemodelleerde dagen van de Netten op zee IJmuiden Ver Beta, IJmuiden Ver Gamma, Nederwiek 1 en Nederwiek 2. De aanleg vindt plaats van west naar oost.

**Zeeuwse kust (kustwater)**

De effecten van de reikwijdte van vertroebeling zijn toegelicht in paragraaf 4.3.2. vertroebeling raakt het KRW-waterlichaam Zeeuwse kust, wat kan resulteren in effecten op de kwaliteitselementen fytoplankton en macrofauna.

*Fytoplankton & Macrofauna*

Het kwaliteitselement fytoplankton kan beïnvloed worden door vertroebeling door de vermindering van de primaire productie. Ook macrofauna kan worden beïnvloed door vertroebeling. De

vertroebelingswolk die optreedt in de aanlegfase van Net op zee Nederwiek 1 beslaat <0,08% van het KRW-waterlichaam.

Door de gelijktijdige aanleg van Net op zee Nederwiek 1 en Netten op Zee IJmuiden ver Alpha, Beta en Gamma kan het effect van vertroebeling cumuleren. Het gaat hier om relatief kortdurende vertroebeling over beperkte arealen ten opzichte van het KRW-waterlichaam. De vertroebeling vindt plaats in een dynamisch kuststelsel waar van nature al hoge slibconcentraties kunnen voorkomen. Hierdoor zijn ook in cumulatieve effecten op de abundantie van fytoplankton en de diversiteit en soortenrijkdom van macrofauna niet aan de orde.

Conclusie: Er is geen sprake van achteruitgang van fytoplankton en/of macrofauna door cumulatie van vertroebeling in het KRW-waterlichaam Zeeuwse kust.

### **Veerse Meer**

#### *Fytoplankton*

Wanneer de aanleg van Net op zee Nederwiek 1 en Net op zee IJmuiden ver Alpha in het Veerse Meer gezamenlijk wordt beschouwd is gedurende een langere tijd sprake van (lokale) vertroebeling. Slibconcentraties bereiken geen hogere waarde aangezien de aanleg na elkaar gebeurt. Beide projecten vinden plaats tussen 1 september en 1 mei. Hiermee wordt op voorhand de kritieke periode voor primaire productie ontzien. In cumulatie is daarom ook geen sprake van effecten op de abundantie van fytoplankton.

Conclusie: Er is geen sprake van achteruitgang van fytoplankton door cumulatie van vertroebeling in het KRW-waterlichaam Veerse Meer.

#### *Macrofauna*

Eerder is geconcludeerd dat de macrofauna gemeenschap in het Veerse Meer niet wezenlijk wordt beïnvloed door de vertroebeling tijdens de aanlegfase van Net op zee Nederwiek 1. Het gaat door de kortdurende vertroebeling van relatief hoge concentratie direct langs het tracé hooguit om lichte effecten op zeer beperkte lokale schaal. Op deze locaties is macrofauna in lage dichtheden aanwezig, ook is de diversiteit laag en zijn er geen noemenswaardige hotspots aanwezig. De kabel van Net op Zee IJmuiden ver Alpha ligt parallel aan die van Net op zee Nederwiek 1. Hiervoor geldt dus hetzelfde wat betreft de lage dichtheid e.d. In Net op Zee IJmuiden ver Alpha is ook sprake van baggeren en verspreiden, hiervan is in de toenmalige toetsing geconcludeerd dat het niet leidt tot negatieve effecten op macrofauna. Het verdwijnen van soorten uit de aanwezige macrofauna gemeenschappen (binnen afzonderlijke ecotopen) in het Veerse Meer als gevolg van de cumulerende vertroebeling ligt daarom niet in de lijn der verwachting. Doorwerking op de maatlat voor soortenrijkdom en/of diversiteit van macrofauna in het Veerse Meer als geheel is daarom ook niet aan de orde.

Conclusie: Er is geen sprake van achteruitgang van macrofauna door cumulatie van vertroebeling in het KRW-waterlichaam Veerse Meer.

#### *Vis*

Eerder is geconcludeerd dat de visgemeenschap in het Veerse Meer niet wezenlijk wordt beïnvloed door de vertroebeling tijdens de aanlegfase van Net op zee Nederwiek 1. Er is hooguit sprake van een kortdurende verplaatsing van diverse vissoort(en) op lokale schaal. Dit werkt niet door op de soortensamenstelling en/of abundantie van vis op het niveau van het gehele Veerse Meer. Wanneer

de aanleg van Net op zee Nederwiek 1 en Net op zee IJmuiden ver Alpha in het Veerse Meer gezamenlijk wordt beschouwd is gedurende een langere tijd sprake van (lokale) vertroebeling. Slibconcentraties bereiken geen hogere waarde aangezien aanleg na elkaar gebeurt. Het blijft hierbij hooguit bij een tijdelijke verplaatsing van diverse vissoort(groep)en op lokale schaal. Dit leidt niet tot veranderingen in soortsaamenstelling en/of abundantie van vis op het niveau van het gehele Veerse Meer.

Conclusie: Er is geen sprake van achteruitgang van vis door cumulatie van vertroebeling in het KRW-waterlichaam Veerse Meer.

#### *Doorzicht (fysisch-chemisch)*

Het effect van vertroebeling in het KRW-waterlichaam Veerse Meer op doorzicht (fysisch-chemisch) is toegelicht in 4.3.2. Hier komt naar voren dat vertroebeling niet reikt tot het KRW-meetpunt waar doorzicht wordt gemeten t.b.v. het KRW-oordeel. Er is daarom geen sprake van beïnvloeding van het doorzicht op het KRW-meetpunt. Achteruitgang van chemisch-fysisch kwaliteitselement doorzicht is uitgesloten. In cumulatie met de Net op Zee IJmuiden Ver Alpha in het Veerse Meer resulteert dit niet tot andere effecten in het kader van doorzicht. Dit omdat de aanleg van beide projecten na elkaar plaatsvindt. De vertroebeling die ontstaat door Net op zee Nederwiek 1 wordt niet versterkt. De vertroebeling van beide projecten staat daarom los van elkaar in het kader van doorzicht. De langere vertroebelingsduur waar met beide projecten gezamenlijk sprake van is heeft geen invloed op parameter doorzicht. Hierbij gaat het uitsluitend om het meetbare doorzicht (in cm) op één willekeurig (of maximaal) moment.

Conclusie: Er is geen sprake van achteruitgang van doorzicht (fysisch-chemisch) door cumulatie van vertroebeling in het KRW-waterlichaam Veerse Meer.

#### **4.4.4 Sedimentatie**

##### **Veerse Meer**

##### *Macrofauna*

De gecumuleerde effecten van sedimentatie zijn enigszins vergelijkbaar met de effecten van vertroebeling (zoals eerder beschreven in bovenstaande paragraaf). Sedimentatie vindt echter plaats in een nauwere zone rond de tracés. De kabel van Net op Zee IJmuiden ver Alpha ligt parallel aan die van Net op zee Nederwiek 1. De kabels liggen voor het overgrote deel in de diepe zone van het Veerse Meer. Hiervoor geldt dus weer hetzelfde dat er vooral overlap is met waterbodems waar een lage dichtheid en soortrijkdom van macrofauna aanwezig is. Eerder is ook weergegeven dat er geen noemenswaardige hotspots van macrofauna bekend zijn langs het kabeltracé van Net op zee Nederwiek 1, dit geldt dus ook voor de parallel gelegen Alpha kabel. Voor Net op zee IJmuiden ver Alpha wordt op enkele locaties buiten het tracé om baggerspecie verspreid. Hier is ook sprake van sedimentatie.

Eerder is toegelicht dat als uitgangspunt is aangenomen dat de EKR voor macrofauna momenteel onder de GEP zit tussen de 0,50 en 0,59 (paragraaf 4.2.2). Op basis hiervan is een beperkt risico aanwezig op achteruitgang. Sedimentatie moet een aanzienlijk effect op de diversiteit en/of soortenrijkdom hebben in meerdere ecotopen van het Veerse Meer om achteruitgang teweeg te brengen (van minstens 0,50 naar <0,40, zie paragraaf 4.2.2). Hiervan is geen sprake bij cumulatie van sedimentatie. De overkoepelende soortenrijkdom en/of -diversiteit van macrofauna in het Veerse Meer wordt niet negatief beïnvloed en er is dus geen sprake van achteruitgang. Naast de

beoordeling dat er geen sprake is van achteruitgang wordt de gedeeltelijk beïnvloede zone van de bodem ook weer geherkoloniseerd, het effect op macrofauna (waarbij geen sprake is van achteruitgang!) is dus hooguit tijdelijk.

**Conclusie:** Er is geen sprake van achteruitgang van macrofauna door cumulatie van sedimentatie in het KRW-waterlichaam Veerse Meer.

#### **4.4.5 Continu-onderwatergeluid**

##### **Zeeuwse kust & Veerse Meer**

###### *Macrofauna & Vis*

Eerder is al beoordeeld dat het onderwatergeluid van de werkzaamheden niet wezenlijk onderscheidend is van de autonome situatie. Een effect op macrofauna en vis door onderwatergeluid van Net op zee Nederwiek 1 was daarom uitgesloten, van achteruitgang van de kwaliteitselementen was geen sprake. De werkzaamheden van de verschillende Netten op zee veroorzaken ook een relatief beperkte toename aan continu onderwatergeluid ten opzichte van de autonome situatie en Net op zee Nederwiek 1. De macrofauna en vis in de KRW-waterlichamen is hier al aan gewend. Continu-onderwatergeluid leidt daarom in cumulatie met andere projecten ook niet tot merkbare effecten op de macrofauna- en visgemeenschap.

**Conclusie:** Er is geen sprake van achteruitgang van macrofauna door cumulatie van continu-onderwatergeluid in het KRW-waterlichaam Zeeuwse kust en Veerse Meer. Dit geldt ook voor kwaliteitselement vis in het KRW-waterlichaam Veerse Meer.

#### **4.4.6 Habitataantasting**

##### **Zeeuwse kust (kustwater)**

###### *Macrofauna*

In paragraaf 4.3.5 zijn de effecten bepaald van habitataantasting voor Net op zee Nederwiek 1. Tijdens de aanlegfase vindt zeer lokaal habitataantasting plaats in het KRW waterlichaam Zeeuwse kust. Dit is een worst-case aanname waarbij een reikwijdte wordt gehanteerd van 25 meter bodemaantasting bij kabelaanleg. Het gebied wat aangetast wordt is <0,05% van het totale KRW-waterlichaam.

Habitataantasting kan effect hebben op het kwaliteitselement macrofauna. Vanwege de parallelle ligging van de kabeltracés van Net op zee Nederwiek 1 met Net op zee IJmuiden Ver Alpha, Beta en Gamma, kunnen de effecten van habitataantasting cumuleren. Aangezien de tracés binnen het KRW-waterlichaam dezelfde route volgen, neemt het areaal van habitataantasting binnen grofweg dezelfde zone toe. Rond de tracés zijn geen noemenswaardige hotspots bekend van schelpdieren. Omdat het in cumulatie nog steeds om fracties van een procent van het KRW-waterlichaam gaat waar aantasting plaatsvindt zijn effecten op de overkoepelende soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam niet aan de orde.

Achteruitgang is dus uit te sluiten. Daarnaast is het nog wel noemenswaardig dat habitataantasting van de zeebodem slechts een tijdelijk effect is. Op termijn (worst-case <5 jaar) is aangetast areaal weer volledig geherkoloniseerd (eerder toegelicht in paragraaf 4.3.5).

**Conclusie:** Er is geen sprake van achteruitgang van macrofauna door cumulatie van habitataantasting in het KRW-waterlichamen Zeeuwse kust.

### **Veerse Meer**

#### *Macrofauna*

In paragraaf 4.3.5 zijn de effecten bepaald van habitataantasting voor Net op zee Nederwiek 1. Tijdens de aanlegfase vindt er zeer lokaal habitataantasting plaats in het KRW waterlichaam Veerse Meer kust. Dit is een worst-case aanname waarbij een gezamenlijke reikwijdte wordt gehanteerd van 1,2 meter bodemaantasting bij kabelaanleg. Het gebied dat aangetast wordt is <0,07% van het totale KRW-waterlichaam.

De habitataantasting vindt voor het overgrote deel plaats in de diepe zone van het Veerse Meer, namelijk in de vaargeul. Uit monitoring is gebleken dat benthos juist in grote hoeveelheden voorkomt in de ondiepe delen van het Veerse Meer. Rond het tracé zijn zodoende geen noemenswaardige hotspots bekend van schelpdieren. In combinatie met het eerder toegelichte uitgangspunt dat een beperkt risico aanwezig is op achteruitgang van kwaliteitselement macrofauna is geconcludeerd dat achteruitgang niet aan de orde is.

Vanwege de parallelle ligging van de kabeltracés van Net op zee Nederwiek 1 met Net op zee IJmuiden Ver Alpha is voor beide tracés sprake van een gunstige ligging wat betreft macrofauna. Rond de tracés is de soortenrijkdom en de dichtheid laag, ook zijn geen noemenswaardige hotspots aanwezig. Daarnaast gaat het in cumulatie met Net op zee IJmuiden Ver Alpha nog steeds om fracties van een procent van het KRW-waterlichaam waar aantasting plaatsvindt. Hierdoor zijn effecten op de overkoepelende soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam Veerse Meer niet aan de orde.

**Conclusie:** Er is geen sprake van achteruitgang van macrofauna door cumulatie van habitataantasting in het KRW-waterlichamen Veerse Meer.

## **4.4.7 Elektromagnetische velden**

### **Zeeuwse kust (kustwater)**

#### *Macrofauna*

In paragraaf 4.3.6 en Bijlage VII-D zijn de effecten van elektromagnetische velden beschreven op de kwaliteitselementen macrofauna in het KRW-waterlichaam Zeeuwse kust.

Op basis van de beschikbare informatie is geconcludeerd dat de veldsterktes van de projecten ruim onder de waarden liggen waarbij mogelijk effecten optreden op soorten macrofauna.

Voor cumulatie van het elektromagnetisch veld moeten de respectievelijke elektromagnetische velden overlappen. In de kustzone liggen de kabels op een onderlinge afstand van 200 meter. In paragraaf 2.8.1 is toegelicht dat het elektromagnetisch veld van de kabel van Net op zee Nederwiek 1 horizontaal niet verder rijkt dan circa 40 meter. Hetzelfde geldt voor de vergelijkbare kabel van Net op zee IJmuiden Ver Alpha. Er is dus geen sprake van overlap en in cumulatie nemen de waarden van de EMV's dus niet toe. Macrofauna wordt in cumulatie dus alleen blootgesteld aan een groter areaal waarin EMV's van dezelfde sterkte plaatsvinden. Hiervan is eerder geconcludeerd dat negatieve effecten bij dergelijke waarden op basis van de huidige kennis niet te verwachten zijn.



**Conclusie:** Er is geen sprake van achteruitgang van macrofauna door cumulatie van elektromagnetische velden in het KRW-waterlichamen Zeeuwse kust op basis van de huidige kennis.

### **Veerse Meer**

#### *Macrofauna & Vis*

In paragraaf 4.3.6 en Bijlage VII-D zijn de effecten van elektromagnetische velden beschreven op de kwaliteitselementen macrofauna en vis in het KRW-waterlichaam Veerse Meer.

Op basis van de beschikbare informatie is geconcludeerd dat de veldsterktes van de projecten ruim onder de waarden liggen waarbij mogelijk effecten optreden op soorten macrofauna en vis die kunnen doorwerken op de soortsaamenstelling, diversiteit en/of abundantie van de soortgemeenschappen.

Voor cumulatie van het elektromagnetisch veld moeten de respectievelijke elektromagnetische velden overlappen. In het Veerse Meer liggen de kabels op een onderlinge afstand van 50 meter. In paragraaf 2.8.1 is toegelicht dat het elektromagnetisch veld van de kabel van Net op zee Nederwiek 1 horizontaal niet verder rijkt dan circa 40 meter. Hetzelfde geldt voor de vergelijkbare kabel van Net op zee IJmuiden Ver Alpha. Er is dus sprake van overlap. In van Essen (2021) is cumulatie van EMV's door naastgelegen kabels behandeld. Hieruit volgt dat er een licht cumulatief effect is, vooral op grote afstand van de kabelsystemen. Op die grote afstand zijn de veldsterkten echter ook zeer laag. De EMV waarden worden in cumulatie dus hooguit licht versterkt maar blijven van soortgelijke aard. In cumulatie wordt de vis en macrofauna in het Veerse Meer wel blootgesteld aan een groter areaal waarin EMV's aanwezig zijn. Bij dergelijke waarden is eerder op basis van de huidige kennis geconcludeerd dat effecten op de soortsaamenstelling, diversiteit en/of abundantie van de soortgemeenschappen vis en macrofauna niet in de lijn der verwachting liggen en met voldoende zekerheid kunnen worden uitgesloten. Het exacte areaal speelt daarin geen rol.

**Conclusie:** Er is geen sprake van achteruitgang van macrofauna en vis door cumulatie van elektromagnetische velden in het KRW-waterlichamen Veerse Meer.

## **4.4.8 Verontreiniging**

### **Veerse Meer**

#### *Chemische kwaliteit en biologische kwaliteitselementen*

Wanneer de aanleg van Net op zee Nederwiek 1 en Net op zee IJmuiden ver Alpha in het Veerse Meer gezamenlijk wordt beschouwd, is gedurende twee momenten sprake van opwerveling van aanwezige verontreinigingen in de waterbodem. Voor het Net op zee IJmuiden Ver Alpha is een watervergunning verleend. Voor dit project zijn naast het jet trenchen, ook baggerwerkzaamheden voorzien. Bij het Net op zee Nederwiek 1 gaat het alleen om jet trenchen, dit project maakt gebruik van de voor IJmuiden Ver Alpha uitgevoerde baggerwerkzaamheden.

Het baggeren zal een dusdanig ruime periode (minimaal enkele weken) voorafgaand aan het jet trenchen van beide kabels worden uitgevoerd, dat de verontreiniging weer is gesedimenteerd voordat het jet trenchen begint en er geen cumulatie optreedt met de baggerwerkzaamheden. Worst-case wordt het jet trenchen voor beide kabels (min of meer) gelijktijdig uitgevoerd. Aangezien er geen modelmatige aanpak is gehanteerd bij IJmuiden Ver Alpha wordt het resultaat van de berekening voor Net op zee Nederwiek 1 als uitgangspunt genomen.

#### *Toetsing effecten cumulatie aan MAC-MKN*

De piekwaardes in cumulatie zijn op dezelfde wijze aan de MAC getoetst als de piekwaardes van Net op zee Nederwiek 1. De cumulatieve toenames op het KRW-meetpunt zijn tweemaal de toenames van Net op zee Nederwiek 1. Tabel 4-12 geeft de toetsing weer voor de prioritare stoffen, en Tabel 4-13 voor de specifiek verontreinigende stoffen. De tabellen laten zien dat met uitzondering van benzo(g,h,i)peryleen voor geen van de stoffen de MAC waarde in cumulatie met IJmuiden Ver Alpha wordt overschreden.

Tabel 4-12 Effecten prioritare stoffen

Toestand 2021	Stof	Cumulatieve toename op KRW punt ( $\mu\text{g/l}$ )	Achtergrondconcentratie ( $\mu\text{g/l}$ )	MAC-MKN ( $\mu\text{g/l}$ )	MAC overschreden
Voldoet niet	Kwik	0,00126	0,00012	0,07	Nee
	Som PBDE	0,00002	n.a.	0,014	Nee
Voldoet wel	Cadmium	0,008	0,0090	0,15	Nee
	Lood	0,17	0,021	14	Nee
	Nikkel	0,42	0,72	34	Nee
	Anthraceen	0	0,004	0,1	Nee
	Benzo(a)pyreen	0,0038	0,002	0,027	Nee
	Benzo(k)fluorantheen	0,002	0,000077	0,017	Nee
	Benzo(g,h,i)peryleen	0,001	0,00023	0,00082	Ja
	Fluorantheen	0,0036	0,0023	0,12	Nee
	Naftaleen	0,002	0,040	130	Nee
	Tributyltin	0,00004	0,000075	0,0015	Nee

Tabel 4-13 Effecten specifieke verontreinigende stoffen

Toestand 2021	Stof	Cumulatieve toename op KRW punt ( $\mu\text{g/l}$ )	Achtergrondconcentratie ( $\mu\text{g/l}$ )	MAC-MKN ( $\mu\text{g/l}$ )	MAC overschreden
Voldoet niet	Arseen	0	2.3	1,1	Nee
	Koper	0,86	1.9	4.5	Nee
Voldoet wel	Zink	1,24	2.2	15,6	Nee
	Benzo(a)antraceen	0,0022	0,0010	0,01	Nee
	Chryseen	0,002	0,0040	0,007	Nee
	Fenantheen	0,002	0,0052	6,7	Nee
	PFOA	0,002	0,0015	560	Nee

Voor benzo(g,h,i)peryleen wordt bij cumulatie, in combinatie met de hoogte van de achtergrond, de waarde van de MAC-MKN overschreden. Dat is op basis van de waarde ter plaatse van de werkzaamheden. De modellering van het concentratieverloop van vrijkomende stoffen, zie bijvoorbeeld figuur 4-10, dit is ook geldig voor andere stoffen, laat zien dat sprake is van een piek bij uitvoering van werkzaamheden die verdwijnt na enkele dagen. Een effectieve mitigerende maatregel is de werkzaamheden niet gelijktijdig maar achtereenvolgens uit te voeren. Met voldoende tijd tussen de werkzaamheden kan de opgetelde maximale toename op enig moment worden beperkt. Op het moment dat de toename door verdunning gehalveerd is, is er al geen sprake meer van een overschrijding in cumulatie. Omdat benzo(g,h,i)peryleen niet gemodelleerd is in DELWAQ is het modelresultaat uit DELWAQ van een stof met een vergelijkbaar gedrag qua verspreiding, benzo(a)pyreen, gehanteerd. De modelberekening laat zien dat concentratie door de aanleg na ongeveer 11 dagen dermate laag dat in combinatie de MAC-MKN niet wordt overschreden. In de praktijk is er ook sprake van tijd tussen de aanleg aangezien voor de aanleg

nieuwe kabelhaspels moeten worden gehaald. Door de tussenliggende tijd voldoende ruim te houden wordt overschrijding van de norm voorkomen.

Als mitigerende maatregel wordt als uitgangspunt voorgesteld een periode van twee weken (14 dagen) tussen het einde van de aanleg van de eerste kabel en begin van de aanleg van de tweede kabel.

#### *Toetsing effecten cumulatie aan JG-MKN*

Bij de toetsing aan de JG-MKN zijn de stoffen bekeken die in de huidige situatie niet voldoen aan de norm. Het gaat hierbij om de prioritairere stoffen kwik en PBDE en de specifiek verontreinigende stoffen koper en arseen. In Tabel 4-9 (paragraaf 4.3.7) is te zien dat voor Net op zee Nederwiek 1 geldt dat de toename van deze stoffen onder de meetnauwkeurigheid liggen, oftewel de toename is verwaarloosbaar. Voor Net op zee IJmuiden Ver Alpha geldt dan ook dat de toenames verwaarloosbaar zijn. Er is ten aanzien van het jet trenchen van de kabels van beide projecten geen sprake van cumulatie. De aanname voor cumulatie is dat de projecten, die allebei verwaarloosbare toenames veroorzaken, gezamenlijk ook verwaarloosbare toenames veroorzaken.

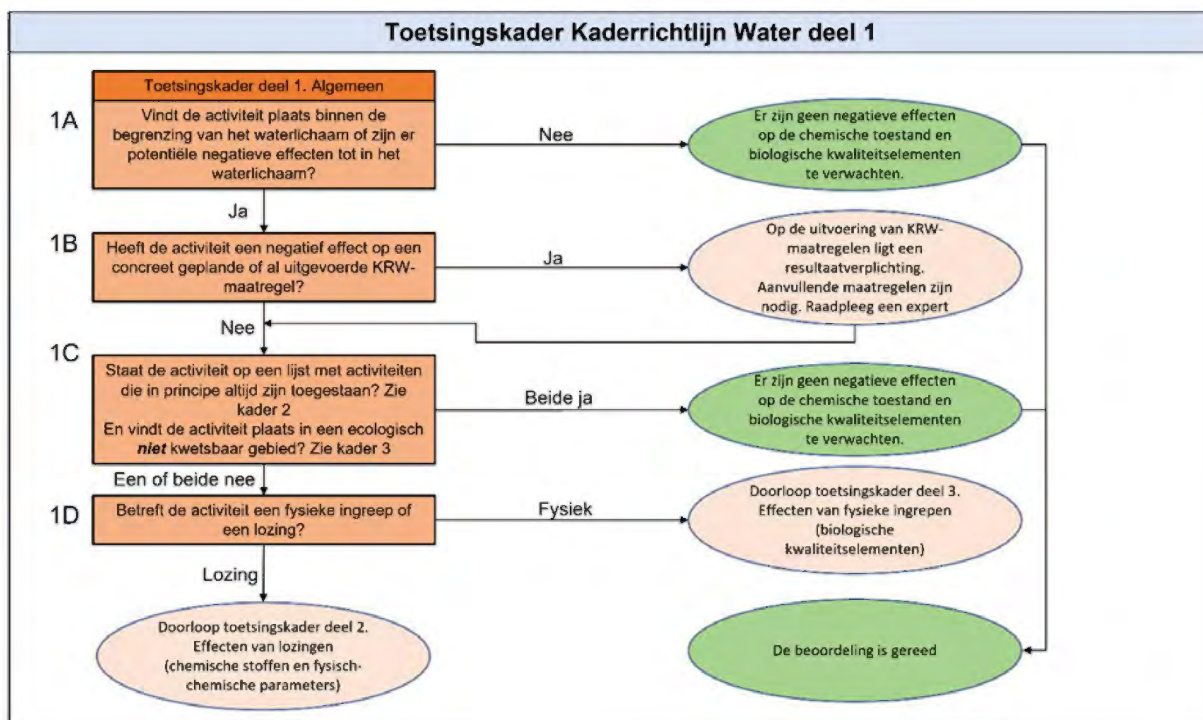
In cumulatie is daarom geen sprake van andere conclusies voor de invloed van de aanleg van Net op zee Nederwiek 1 op de chemische kwaliteit op het KRW-meetpunt, noch de biologische kwaliteitselementen, als gevolg van Net op zee Nederwiek 1.

Conclusie: Er is geen sprake van achteruitgang chemische kwaliteit of biologische kwaliteitselementen door cumulatie van verontreiniging in het KRW-waterlichaam Veerse Meer. Daarbij moet als mitigerende maatregel worden uitgegaan van een periode van twee weken (14 dagen) tussen de aanleg van de eerste en de tweede kabel.

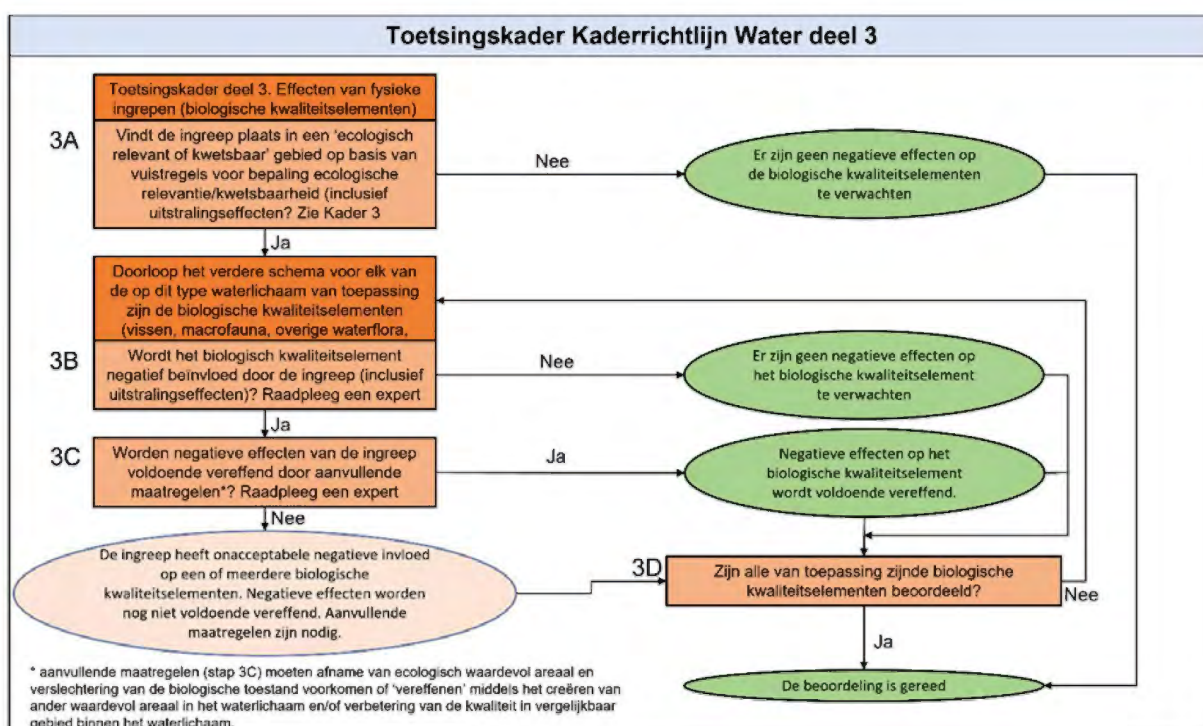
## **4.5 Toetsing KRW**

### **4.5.1 Inleiding**

Voor het bepalen van de effecten van de werkzaamheden aan de Kaderrichtlijn Water wordt volgens het 'Toetsingskader waterkwaliteit' een stapsgewijze beoordeling uitgevoerd. De eerste stap van deze toetsing is het algemene deel van het toetsingskader, welke bestaat uit het onderstaande stroomschema, zie Figuur 4-16. Aangezien er geen sprake is van een lozing hoeft 'Toetsingskader deel 2' niet doorlopen te worden. Het "Toetsingskader deel 3: Effecten van fysieke ingrepen (biologische kwaliteitselementen)" is te zien in Figuur 4-17.



Figuur 4-16 Toetsingskader deel 1. Algemeen” uit het Toetsingskader Waterkwaliteit.



Figuur 4-17 Toetsingskader deel 3. Effecten van fysieke ingrepen (biologische kwaliteitselementen).

De locatie van de ingreep is beschreven in Hoofdstuk 2. De ingreep vindt plaats binnen de begrenzing van KRW-waterlichaam Zeeuwse kust en Veerse Meer. De toetsingskaders zullen doorlopen worden per KRW-waterlichaam.

#### 4.5.2 Toetsingskader deel 1

Wanneer het algemene deel van het toetsingskader (Figuur 4-16) wordt doorlopen voor Net op zee Nederwiek 1 blijkt:

##### Zeeuwse kust (kustwater)

- 1A. De activiteit vindt plaats in KRW-waterlichaam Zeeuwse kust.
- 1B. Voor KRW-waterlichaam Zeeuwse kust zijn in de periodes 2010 t/m 2015 en 2016 t/m 2021 geen maatregelen uitgevoerd die een negatief effect ondervinden van de voorgenomen activiteit. Uitgevoerde maatregelen waren hoofdzakelijk gericht op voorlichting en onderzoek. Daarnaast was er een maatregel gericht op het voor vis passeerbaar maken van kunstwerken. Voor de periode 2022 t/m 2027 zijn geen maatregelen gepland (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2020).
- 1C. Het plaatsen van kabels en leidingen staat op de lijst van kader 2. De geplande werkzaamheden vallen in ecologisch kwetsbaar gebied, aangezien de ingreep plaatsvindt in kustwateren en invloed heeft op het gebied buiten de vaargeulen. Het tracé loopt deels door dit gebied.
- 1D: De activiteit betreft een fysieke ingreep. Als vervolgstap dient “Toetsingskader deel 3A: Effecten van fysieke ingrepen (biologische kwaliteitselementen)” doorlopen te worden.

##### Veerse Meer

- 1A. De activiteit vindt plaats in KRW-waterlichaam Veerse Meer.
- 1B. Voor KRW-waterlichaam Veerse Meer zijn in de periodes 2010 t/m 2015 en 2016 t/m 2021 geen maatregelen uitgevoerd die een negatief effect ondervinden van de voorgenomen activiteit. De uitgevoerde maatregelen waren gericht om onderzoek, vispassages een zee gras pilot. Voor de periode 2022 t/m 2027 zijn maatregelen gepland voor klimaatonderzoek, vispassages en een vervolg op de zee gras pilot (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2020).
- 1C. Het plaatsen van kabels en leidingen staat op de lijst van kader 2. De geplande werkzaamheden vallen in ecologisch kwetsbaar gebied, aangezien de ingreep plaatsvindt in kustwateren en invloed heeft op het gebied buiten de vaargeulen. Het tracé loopt deels door dit gebied.
- 1D: De activiteit betreft een fysieke ingreep. Als vervolgstap dient “Toetsingskader deel 3A: Effecten van fysieke ingrepen (biologische kwaliteitselementen)” doorlopen te worden.

#### 4.5.3 Toetsingskader deel 3

Het toetsingskader staat in Figuur 4-17.

- 3A: De ingreep of uitstralingseffecten vinden in de twee KRW-waterlichamen plaats in ecologisch relevant of kwetsbaar gebied (zie beschrijving van stap 1C in paragraaf 4.5.2).

De volgende stappen (3B, 3C en 3D) dienen doorlopen te worden voor elk van de van toepassing zijnde biologische kwaliteitselementen voor elk van de twee waterlichamen. Deze stappen worden voor elk van de KRW-waterlichamen doorlopen in de volgende paragrafen.

#### 4.5.4 KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater)

Op basis van het eerste stroomschema blijkt dat er een effect zou kunnen zijn van de werkzaamheden op de ecologische toestand van het KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater).

Daarom is afzonderlijk gekeken naar het effect op de van toepassing zijnde kwaliteitselementen in dit waterlichaam, namelijk 'Fytoplankton' en 'Macrofauna'. De daarbij behorende effectbeoordelingen zijn voor ieder relevant gevolg aan bod gekomen in paragraaf 4.3. Ook de eventuele extra effecten van gecombineerde gevolgen zijn daar besproken. In paragraaf 4.4 is daarnaast ook het effect behandeld in cumulatie met andere projecten die plaatsvinden in dezelfde regio. Hieronder is in Tabel 4-14 samengevat wat het oordeel is en wat hieruit wordt geconcludeerd.

*Tabel 4-14 Oordeel en conclusie voor de relevante effect-kwaliteitselement combinaties in KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater). \* > = positieve verandering, 0 = geen achteruitgang, < = achteruitgang (ongeacht kortdurend of permanent)*

Kwaliteitselement	Effect	Oordeel en conclusie	Categorie*
Fytoplankton	Vertroebeling	Meetbare effecten op de abundantie van fytoplankton in het KRW-waterlichaam als gevolg van vertroebeling zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe vertroebeling. Geen achteruitgang.	0
	Vertroebeling	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van vertroebeling zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe vertroebeling. Geen achteruitgang.	0
Macrofauna	Habitataantasting	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van habitataantasting zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe habitataantasting. Geen achteruitgang.	0
	Continu onderwatergeluid	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van continu onderwatergeluid zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met extern continu onderwatergeluid. Geen achteruitgang.	0
	Elektromagnetische velden	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van elektromagnetische velden liggen niet in de lijn der verwachting op basis van de momenteel beschikbare informatie. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe elektromagnetische velden. Geen achteruitgang.	0

#### 4.5.5 KRW-waterlichaam Veerse Meer

Op basis van het eerste stroomschema blijkt dat er mogelijk een effect zou kunnen zijn van de werkzaamheden op de ecologische toestand van het KRW-waterlichaam Veerse Meer. Daarom wordt er afzonderlijk gekeken naar het effect op de van toepassing zijnde kwaliteitselementen in dit waterlichaam, namelijk 'Fytoplankton', 'Overige waterflora', 'Macrofauna' en 'Vis'. Ook doorzicht en prioritair & specifieke verontreinigende stoffen komen aan bod. In 4.2.2 is eerder toegelicht dat effecten op Overige waterflora op voorhand zijn uitgesloten.

De relevante kwaliteitselementen en parameters zijn eerder aanbod gekomen voor ieder relevant gevolg in de effectbeoordeling in paragraaf 4.3. Ook de eventuele extra effecten van gecombineerde gevolgen zijn daar besproken. In paragraaf 4.4 is daarnaast ook het effect behandeld in cumulatie met andere projecten die plaatsvinden in dezelfde regio. Hieronder is in Tabel 4-15 samengevat wat het oordeel is en wat hieruit wordt geconcludeerd.

Tabel 4-15 Oordeel en conclusie voor de relevante effect-kwaliteitselement combinaties in KRW-waterlichaam Veerse Meer. \*> = positieve verandering, 0 = geen achteruitgang, < = achteruitgang (ongeacht kortdurend of permanent)

	Effect	Oordeel en conclusie	Categorie*
<b>Fytoplankton</b>	Vertroebeling	Meetbare effecten op de abundantie van fytoplankton in het KRW-waterlichaam als gevolg van vertroebeling zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe vertroebeling. Geen achteruitgang.	0
	Verontreiniging	Geen achteruitgang van de chemische kwaliteit op het KRW-meetpunt en daarmee ook geen achteruitgang van fytoplankton.	0
<b>Macrofauna</b>	Vertroebeling	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van vertroebeling zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe vertroebeling. Geen achteruitgang.	0
	Sedimentatie	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van sedimentatie zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe sedimentatie. Geen achteruitgang.	0
	Continu onderwater-geluid	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van continu onderwatergeluid zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met extern continu onderwatergeluid. Geen achteruitgang.	0
	Habitat-aantasting	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van habitataantasting zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe habitataantasting. Geen achteruitgang.	0
	Elektromagnetische velden	Meetbare effecten op de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna in het KRW-waterlichaam als gevolg van elektromagnetische velden liggen niet in de lijn der verwachting op basis van de momenteel beschikbare informatie. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe elektromagnetische velden. Geen achteruitgang.	0
	Verontreiniging	Geen achteruitgang van de chemische kwaliteit op het KRW-meetpunt en daarmee ook geen achteruitgang van macrofauna.	0
<b>Vis</b>	Vertroebeling	Meetbare effecten op de soortsamenstelling en abundantie van vis in het KRW-waterlichaam als gevolg van vertroebeling zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe vertroebeling. Geen achteruitgang.	0
	Continu onderwater-geluid	Meetbare effecten op de soortsamenstelling en abundantie van vis in het KRW-waterlichaam als gevolg van continu onderwatergeluid zijn uitgesloten. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met extern continu onderwatergeluid. Geen achteruitgang.	0
	Elektromagnetische velden	Meetbare effecten op de soortsamenstelling en abundantie van vis in het KRW-waterlichaam als gevolg van elektromagnetische velden liggen niet in de lijn der verwachting op basis van de momenteel beschikbare informatie. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met externe elektromagnetische velden. Geen achteruitgang.	0
	Verontreiniging	Geen achteruitgang van de chemische kwaliteit op het KRW-meetpunt en daarmee ook geen achteruitgang van vis.	0
<b>Doorzicht</b>	Vertroebeling	Vertroebeling leidt op het KRW-meetpunt niet tot een afname in doorzicht. Geen achteruitgang.	0
<b>Prioritaire &amp; specifieke verontreinigde stoffen</b>	Verontreiniging	Geen achteruitgang van de chemische kwaliteit op het KRW-meetpunt.	0

## 4.6 Conclusie

Samengevat wordt geconcludeerd dat er geen sprake is van achteruitgang van de ecologische en/of chemische waterkwaliteit van KRW-waterlichamen door de aanleg en het gebruik van Net op zee Nederwiek 1.

Met betrekking tot de effecten van het ingraven en gebruik van de kabels van Net op zee Nederwiek 1 in en rond KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater) zijn geen effecten gevonden die leiden tot de achteruitgang van de ecologische en chemische waterkwaliteit. De gevolgen van Net op zee Nederwiek 1 hebben geen meetbare invloed op de abundantie van fytoplankton en de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna. Dit geldt ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met gevolgen van externe projecten. Een effect op overige relevante parameters in KRW-waterlichaam Zeeuwse kust (kustwater), leidend tot achteruitgang, was op voorhand uit te sluiten.

Met betrekking tot de effecten van het ingraven en gebruik van kabels van Net op zee Nederwiek 1 in KRW-waterlichaam Veerse Meer zijn er geen effecten gevonden die leiden tot de achteruitgang van de ecologische waterkwaliteit. De gevolgen van Net op zee Nederwiek 1 hebben geen meetbare invloed op de abundantie van fytoplankton, de soortenrijkdom en diversiteit van macrofauna en de soortsaamenstelling en/of abundantie van vis in het Veerse Meer. Verder reikt vertroebeling niet tot het KRW-meetpunt waar doorzicht wordt bepaald, er is geen sprake van achteruitgang van doorzicht. Ook in combinatie met andere interne gevolgen en in cumulatie met gevolgen van externe projecten is geen sprake van achteruitgang. De chemische kwaliteit op het KRW-meetpunt zal niet achteruitgaan. Een effect op overige kwaliteitselementen en parameters in KRW-waterlichaam Veerse Meer, leidend tot achteruitgang, was op voorhand uit te sluiten.



## 5 Referenties

- Akerman, J., Klamer, H., Schipper, C., Bakker, J., Bellert, B., & Pijnenburg, J. (2004). *Stoffen in de Noordzee en de Nederlandse Kustzone in 2003*.
- Andersen, S. M., Teilmann, J., Dietz, R., Schmidt, N. M., & Miller, L. A. (2012). Behavioural responses of harbour seals to human-induced disturbances. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 22(1), 113–121. <https://doi.org/10.1002/aqc.1244>
- André, M., Solé, M., Lenoir, M., Durfort, M., Quero, C., Mas, A., Lombarte, A., van der Schaar, M., López-Bejar, M., Morell, M., Zaugg, S., & Houégnigan, L. (2011). Low-frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(9), 489–493. <https://doi.org/10.1890/100124>
- Arcadis. (2015). *Verdieping Nieuwe Waterweg en Botlek achtergrondstudie vertroebeling door baggeren en slibverspreiding*. (Issue december).
- Arcadis. (2018). *Passende Beoordeling Net op Zee Hollandse Kust (Noord) en Hollandse Kust (West Alpha)*. 079806108 A.4.
- Arcadis. (2020). *Ecoprofiel Sabellaria spinulosa Zandkokerwormriffen op de Bruine Bank*.
- Arcadis. (2021). *Mogelijke ecotoxicologische effecten van vervuild Veerse Meer slib*. (D10042366).
- Arends, E., Groen, R., Jager, T., Boon, A., & (eds.). (2009). *Passende Beoordeling Wind op Zee*.
- Armstrong, J. D., Hunter, D.-C., Fryer, R. J., Rycroft, P., & Orpwood, J. E. (2015). Behavioural Responses of Atlantic Salmon to Mains Frequency Magnetic Fields. *Scottish Marine and Freshwater Science*, 6(9). <https://doi.org/10.7489/1621-1>
- Baptist, M. J., Tamis, J. E., Borsje, B. W., & Werf, J. J. Van Der. (2009). Review of the geomorphological, benthic ecological and biogeomorphological effects of nourishments on the shoreface and surf zone of the Dutch coast. *IMARES C113/08, Deltares Z4582.50*, January, 69.
- Becker, P. H., & Ludwigs, J.-D. (2004). *Sterna hirundo Common Tern*. *BWP Update*, 6, 91–137.

- Bellman, M. A., May, A., Wendt, T., Gerlach, S., Remmers, B., & Brinkmann, J. (2020). *Underwater noise during percussive pile driving: Influencing factors on pile-driving noise and technical possibilities to comply with noise mitigation values ERA Report*.
- Bijkerk, R. (1988). *Ontsnappen of begraven blijven*.
- Blankendaal, V. G., Tamis, J. E., Van Der Wal, J. T., van der Brugh, H., & van Dalftsen, J. A. (2012). *Cumuleo v 2.0: Integratie van andere gebruiksfuncties*.
- Bochert, R., & Zettler, M. L. (2004). Long-term exposure of several marine benthic animals to static magnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 25(7), 498–502. <https://doi.org/10.1002/bem.20019>
- Boele, A., van Bruggen, J., Hustings, F., Koffijberg, K., Vergeer, J.-W., van der Meij, T., de Boer, V., Deuzeman, S., van Diek, H., de Jong, A., Kampichler, C., van Kleunen, A., Marx, L., Schekkerman, H., Schoppers, J., van Turnhout, C., Zoetebier, D., & van der Jeugd, H. (2015). *Broedvogels in Nederland in 2013*.
- Bos, O. G., Coolen, J. W. P., & Van Der Wal, J. T. (2019). *Biogene riffen in de Noordzee—Actuele en potentiële verspreiding van rifvormende schelpdieren en wormen* (p. 47). Wageningen Marine Research. <https://doi.org/10.18174/494566>
- Boudewijn, T. J. (2016). Passende Beoordeling zandsuppletie Roggenplaat. Toetsing in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998 en Natuurnetwerk Nederland. *Bureau Waardenburg, Rapport 16-161*.
- Bouma, S., Lengkeek, W., & van den Boogaard, B. (2012). *Aanwezigheid en gedrag van zeehonden op de Verklikkerplaat, de Middelpaalt en de Hooge Platen*.
- Bouma, S., Lengkeek, W., van den Boogaard, B., & Waardenburg, H. W. (2010). *Reageren zeehonden op de Razende Bol op langsvarende baggerschepen? Inclusief reacties op andere menselijke activiteiten*.
- Bray, L., Reizopoulou, S., Voukouvalas, E., Soukissian, T., Alomar, C., Vázquez-Luis, M., Deudero, S., Attrill, M., & Hall-Spencer, J. (2016). Expected Effects of Offshore Wind Farms on

Mediterranean Marine Life. *Journal of Marine Science and Engineering*, 4(1), 18.

<https://doi.org/10.3390/jmse4010018>

- Brenninkmeijer, A., & Stienen, E. W. M. (1992). *Ecologisch profiel van de Grote Stern (Sterna sandvicensis)*. RIN-rapport 92/17.
- Burdon, D., Callaway, R., Elliott, M., Smith, T., & Wither, A. (2014). Mass mortalities in bivalve populations: A review of the edible cockle *Cerastoderma edule* (L.). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 150(PB), 271–280.
- Bureau Waardenburg & Antea Group. (2021). *KRW opgave ecologie RWS Zee en Delta—Toestand en ontwikkelingen van waterkwaliteit en ecologie in de deltawateren en kustzone*.
- Burson, A., Stomp, M., Akil, L., Brussaard, C. P. D., & Huisman, J. (2016). *Unbalanced reduction of nutrient loads has created an offshore gradient from phosphorus to nitrogen limitation in the North Sea*.
- Cattrijsse, A. (1997). *Vissen in troebel water*.
- Coates, D. A., Van Hoey, G., Colson, L., Vincx, M., & Vanaverbeke, J. (2015). Rapid macrobenthic recovery after dredging activities in an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. *Hydrobiologia*, 756(1), 3–18.
- Compendium voor de Leefomgeving. (2014). *Europese Kaderrichtlijn Water | Compendium voor de Leefomgeving*.
- Coolen, J. W. P., Lengkeek, W., Lewis, G., Bos, O. G., Van Walraven, L., & Van Dongen, U. (2015). First record of *Caryophyllia smithii* in the central southern North Sea: Artificial reefs affect range extensions of sessile benthic species. *Marine Biodiversity Records*, 8, e140.
- <https://doi.org/DOI: 10.1017/S1755267215001165>
- Cresci, A., Durif, C. M. F., Larsen, T., Bjelland, R., Skiftesvik, A. B., & Browman, H. I. (2022). Magnetic fields produced by subsea high-voltage direct current cables reduce swimming activity of haddock larvae (*Melanogrammus aeglefinus*). *PNAS Nexus*, 1(4), pgac175.
- <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac175>

Cresci, A., Perrichon, P., Durif, C. M. F., Sørhus, E., Johnsen, E., Bjelland, R., Larsen, T., Skiftesvik, A.

B., & Browman, H. I. (2022). Magnetic fields generated by the DC cables of offshore wind farms have no effect on spatial distribution or swimming behavior of lesser sandeel larvae (*Ammodytes marinus*). *Marine Environmental Research*, 176, 105609.

<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105609>

Dähne, M., Tougaard, J., Carstensen, J., Rose, & Nabe-Nielsen, J. (2017). *Bubble curtains attenuate noise from offshore wind farm construction and reduce temporary habitat loss for harbour porpoises*. 580, 221–237.

de Groot, S. J. (1979). An assessment of the potential environmental impact of large-scale sand-dredging for the building of artificial islands in the North Sea. *Ocean Management*, 5(3), 211–232.

de Jong, C. A. F., & Binnerts, B. (2022). *Onderwatergeluid heien Gamma-platform voor windparken IJmuiden Ver* (p. 13). TNO.

de Jong, C., & Binnerts, B. (2020). *Bijlage C Onderwatergeluid heien Beta-platform voor windpark Hollandse Kust West, bij Passende Beoordeling Hollandse Kust west Beta*.

De Robertis, A., Ryer, C. H., Veloza, A., & Brodeur, R. D. (2003). Differential effects of turbidity on prey consumption of piscivorous and planktivorous fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60(12), 1517–1526. <https://doi.org/10.1139/f03-123>

de Soto, N. A. (2016). Peer-Reviewed Studies on the Effects of Anthropogenic Noise on Marine Invertebrates: From Scallop Larvae to Giant Squid. In A. N. Popper & A. Hawkins (Eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life II* (Vol. 875, pp. 17–26). Springer New York.

[https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2981-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2981-8_3)

Del Hoyo, J., Elliot, A., & Sargatal, J. (1996). *Handbook of the birds of the world, Vol. 3, Hoatzin to Auks*. Lynx Edicions.

Didderen, K., & Bouma, S. (2012). *Reacties van zeehonden op baggerschepen*.

*Suppletiewerkzaamheden bij Renesse*.

Dunn, R. E., Wanless, S., Green, J. A., Harris, M. P., & Daunt, F. (2019). Effects of body size, sex, parental care and moult strategies on auk diving behaviour outside the breeding season.

*Journal of Avian Biology*, 50(7), 1–14. <https://doi.org/10.1111/jav.02012>

EMODnet. (n.d.). *EMODnet DTM for European sea regions*.

Essink, K. (1993). *Ecologische effecten van baggeren en storten van baggerspecie in het Eems—Dollard estuarium en de Waddenzee: Eindrapport van het project Baghwad\*3*.

EUR-Lex. (2022). *Arrest van het Hof (Tweede kamer) van 5 mei 2022. Zaak C-525/20. - Document 62020CJ0525—ECLI:EU:C:2022:350*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX%3A62020CJ0525&qid=1651768262986>

Europese Commissie. (2006). *DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on environmental quality standards in the field of water policy and amending Directive 2000/60/EC*.

Fijn, R. C., Arts, F. A., de Jong, J. W., Beuker, E. L., Bravo Rebolledo, Engels, B. W. R., Hoekstein, M., & Jonkvorst, R.-J. (2019). *Verspreiding en abundantie van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2018-2019*. 135.

Fijn, R. C., van Bemmelen, R. S. A., de Jong, J. W., Arts, F. A., Beuker, D., Bravo Rebolledo, E. L., Engels, B. W. R., Hoekstein, M., Jonkvorst, R.-J., Lilipaly, S., Sluijter, M., Van Straalen, K. D., & Wolf, P. A. (2020). *Verspreiding en abundantie van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2019-2020*.

Fijn, RSA van Bemmelen, JW de Jong, FA Arts, D Beuker, EL Bravo Rebolledo, & PA Wolf. (2022). *Verspreiding, abundantie en trends van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2020-2021 (21–281)*. Bureau Waardenburg.

Fisher, C., & Slater, M. (2010). *Electromagnetic Field Study: Effects of electromagnetic fields on marine species, a literature review*.

- Found, C., Webb, S. M., & Boyce, M. S. (2008). Selection of lake habitats by waterbirds in the boreal transition zone of northeastern Alberta. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie*, 86(4), 277–285.
- Garcia, S., Álvarez, J., Perry, A. L., Blanco, J., Maaholm, D. J., & Aguilar, R. (2019). *Protectign the North Sea: Brown Bank* (p. 64). OCEANA.
- Ghosh, D., Ghosh, A., & Bhadury, P. (2022). Arsenic through aquatic trophic levels: Effects, transformations and biomagnification—a concise review. *Geoscience Letters*, 9(1), 20.  
<https://doi.org/10.1186/s40562-022-00225-y>
- Gill, A. B. (2015). *Effects of electromagnetic fields (EMF) on marine animals*.
- Gill, A. B., & Desender, M. (2020). Risk to Animals from Electromagnetic Fields Emitted by Electric Cables and Marine Renewable Energy Devices. In A.E. Copping and L.G. Hemery (Eds.), *OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. Report for Ocean Energy Systems (OES)*. (pp. 86–103).
- Gill, A. B., Gloyne-Philips, I., Kimber, J., & Sigray, P. (2014). Marine Renewable Energy, Electromagnetic (EM) Fields and EM-Sensitive Animals. In M. A. Shields & A. I. L. Payne (Eds.), *Marine Renewable Energy Technology and Environmental Interactions* (pp. 61–79). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8002-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8002-5_6)
- Gill, A. B., Huang, Y., Gloyne-Philips, I., Metcalfe, J., Quayle, V., Spencer, J., & Wearmouth, V. (2009). COWRIE 2.0 EMF-sensitive fish response to EM emissions from sub- sea electricity cables of the type used by the offshore renewable energy industry. In *Commissioned by COWRIE Ltd* (Issue 68).
- Harezlak, V., van Rooijen, A., Friocourt, Y., van Kessel, T., & Los, H. (2013). Winning suppletiezand Noordzee. *Scenariostudies Mbt Slibtransport, Nutriënttransport En Primaire Productie Voor de Periode, 2017*, 2171–2185.

- Haskoning. (2007). *Habitattoets, passende beoordeling en uitwerking adc-criteria. 9S0134.A0/Nbwet/R0019/PVV/Rott1.*
- Heinis, F., De Jong, C. A. F., & von Benda-Beckmann, A. M. (2022). *Framework for assessing Ecological and cumulative effects 2021 (KEC 4.0)—Marine mammals.*
- Heinis, F., & Evers, C. H. M. (2007). *Afleiding getalswaarden voor nutriënten voor de goede ecologische toestand voor natuurlijke wateren. STOWA, rapport 2007-02.*
- Hoekstein, M. S. J., Janse, W., Sluijter, M., & Van Straalen, K. D. (2023). *Watervogels en zeehonden in de Zoute Delta in 2021/2022.* Deltamilieu Projecten.
- Hoogeboom, B. P., & Rotmensen, G. J. (1998). *De effecten van het storten van Boorspecie in de Westerschelde. Doelstudie in het kader van de MER Boorspecies Westerscheldetunnel. RAapport IRKZ-98.013.*
- Hutchison, Z., Sigray, P., He, H., Gill, A., King, J., & Gibson, C. (2018). *Electromagnetic Field (EMF) Impacts on Elasmobranch (shark, rays, and skates) and American Lobster Movement and Migration from Direct Current Cables. OCS Study BOEM 2018-003, 254.*
- ICBR. (2009). *Afleiding milieukwaliteitsnormen voor Rijnrelevante stoffen.*
- International Maritime Organisation. (2018). *Anti-fouling systems.*  
<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Anti-foulingSystems/Pages/Default.aspx>
- Jørgensen, J. M. (1980). The morphology of the Lorenzinian Ampluuae of the sturgeon *Acipenser ruthenus* (Pisces: Chondrostei). *Acta Zoologica*, 61, 87–92.
- Kiorboe, T., Mohlenberg, F., & Nohr, O. (1981). Effect of suspended bottom material on growth and energetics in *Mytilus edulis*. *Marine Biology and Ecology*, 61, 283–286.
- Kirschvink, J. L. (1990). Geomagnetic sensitivity in cetaceans: An update with live stranding records in the United States. In J. A. Thomas & R. A. Kastelein (Eds.), *Sensory Abilities of Cetaceans: Laboratory and Field Evidence* (pp. 639–649).
- Kirschvink, J. L., Dizon, A. E., & Westphal, J. A. (1986). Evidence from Strandings for Geomagnetic Sensitivity in Cetaceans. *Journal of Experimental Biology*, 120, 1–24.

- Krijgsveld, K. L., Klaassen, B., & J van der Winden. (2022). *Verstoring van vogels door recreatie. Literatuurstudie van verstoring gevoeligheid en overzicht van maatregelen. Deel 1 hoofdrapport & deel 2 soortbesprekingen.*
- Krijgsveld, K. L., Smits, R. R., & Winden, J. Van Der. (2008). *Verstoring gevoeligheid van vogels. Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie.*
- Kruijt, D. B., Duijts, O., Japink, M., & Middelveld, R. P. (2020). *Macrozoöbenthosbemonstering in de Zoute Rijkswateren, Hoofdrapport, MWTL 2019.*
- Leopold, M. F., & van Der Wal, T. J. (2015). *Kwalificerende en niet-kwalificerende vogelsoorten in het gebied "Bruine Bank."*
- Maes, J., Taillieu, A., Van Damme, P. A., Cottenie, K., & Ollevier, F. (1998a). Seasonal Patterns in the Fish and Crustacean Community of a Turbid Temperate Estuary (Zeeschelde Estuary, Belgium). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47(2), 143–151.
- Maes, J., Taillieu, A., Van Damme, P. A., Cottenie, K., & Ollevier, F. (1998b). Seasonal Patterns in the Fish and Crustacean Community of a Turbid Temperate Estuary (Zeeschelde Estuary, Belgium). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47(2), 143–151.
- Matsumoto, K., Honda, M. C., Sasaoka, K., Wakita, M., Kawakami, H., & Watanabe, S. (2014). Seasonal variability of primary production and phytoplankton biomass in the western Pacific subarctic gyre: Control by light availability within the mixed layer. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(9), 6523–6534.
- Meißner, K., Schabelon, H., Bellebaum, J., & Sordyl, H. (2006). *Impacts of submarine cables on the marine environment—A literature review* -. Institute of Applied Ecology Ltd.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2020). *Factsheet KRW - behorende bij Stroomgebiedbeheerplan SGBP2 2015-2021 Waterlichaam: Hollandse Kust (kustwater).*
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Rijkswaterstaat, R. (2015). *Natura 2000 Deltawateren. Westerschelde & Saeftinghe, Ontwerpbeheerplan 2015-2021.*



- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, & Ministerie van Economische Zaken. (2012). *Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020 deel 1*.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Rijkswaterstaat. (2016). *Natura 2000 Deltawateren—Veerse Meer*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2018). *Actualisatie Mariene Strategie deel 1*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022). *Factsheet KRW-Stroomgebiedbeheerplan 2022-2027*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, & Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. (2022). *Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2022-2027 (deel 3)*.
- Ministerie van LNV. (2014). *Profiel Zeekoet (Uria aalge) (A199)*.
- Mouritsen, K. M., Dalsgaard, N. P., Flensburg, S. B., Madsen, J. C., & Selbach, C. (2022). *Fear of parasitism affects the functional role of ecosystem engineers*.
- Newton, K. C., Gill, A. B., & Kajiura, S. M. (2019). Electrosensory perception in marine fishes: Chondrichthyan. *Journal of Fish Biology*, 95(1), 135–154. <https://doi.org/10.1111/jfb.14068>
- NextGeo. (2022). *Survey Data Nederwiek 1 and 2—Geotechnical Part 1 and Part 2*.
- Norling, P., & Kautsky, N. (2007). *Structural and functional effects of Mytilus edulis on diversity of associated species and ecosystem functioning*.
- Normandeau, E., Tricas, T., & Gill, A. (2011). *Effects of EMFs from undersea power cables on elasmobranchs and other marine species*.
- Öhman, M. C., Sigra, P., & Westerberg, H. (2007). Offshore windmills and the effects of electromagnetic fields on fish. *Ambio*, 36(8), 630–633. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[630:OWATEO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[630:OWATEO]2.0.CO;2)
- Otremba, Z., Jakubowska, M., Urban-Malinga, B., & Andrulowicz, E. (2019). Oceanological and Hydrobiological Studies Potential effects of electrical energy transmission-the case study

- from the Polish Marine Areas (southern Baltic Sea). *International Journal of Oceanobiography*.  
<https://doi.org/10.1515/ohs-2019-0018>
- Pearce, B. (2017). *THE ECOLOGY OF SABELLARIA SPINULOSA REEFS*.
- Perdon, K. J., Troost, K., Van Zwol, J., Van Asch, M., & Van Der Pool, J. (2019). *Stichting Wageningen Research Centrum voor Visserijonderzoek (CVO) Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2019* (Issue december).
- Pondera Consult, & Arcadis Nederland. (2022). *Net op zee Nederwiek 1 Deel A Inleiding en Activiteitenbeschrijving*.
- Riegman, R. (2014). *Schatting van de primaire productie in de Waddenzee in de laatste drie decennia*.
- Rijkswaterstaat. (2022). *Rijkswaterstaat start grootschalig zeegrasherstelproject*.  
<https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/archief/2022/07/rijkswaterstaat-start-grootschalig-zeegrasherstelproject>
- Rijkswaterstaat Dienst Zeeland. (2009). *Recreatievaart in het Veerse Meer—Verkenning kansen voor verbetering door werk met werk te maken*.
- RIVM. (2017). *Risico's van stoffen | KRW*.
- Rozemeijer, M. J. C., de Kok, J., de Ronde, J. G., Kabuta, S., Marx, S., & van Berkel, G. (2013). *Het Monitoring en Evaluatie Programma Zandwinning RWS LaMER 2007 en 2008-2012: Overzicht, resultaten en evaluatie* (Issue December).
- RWS. (2016). *Beheer- en ontwikkelplan voor de rijkswateren 2016—2021*.
- Snoek, R., de Swart, R., Didden, K., Lengkeek, W., & Teunis, M. (2016). *Potential effects of electromagnetic fields in the Dutch North Sea Phase 1: Desk study client Reference*. 95.
- Solan, M., Hauton, C., Godbold, J. A., Wood, C. L., Leighton, T. G., & White, P. (2016). *Anthropogenic sources of underwater sound can modify how sediment-dwelling invertebrates mediate ecosystem properties*.
- Southall, E. B. L., Finneran, J. J., Reichmuth, C., Nachtigall, P. E., Ketten, D. R., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Nowacek, D. P., & Tyack, P. L. (2019). Marine mammal noise exposure criteria:

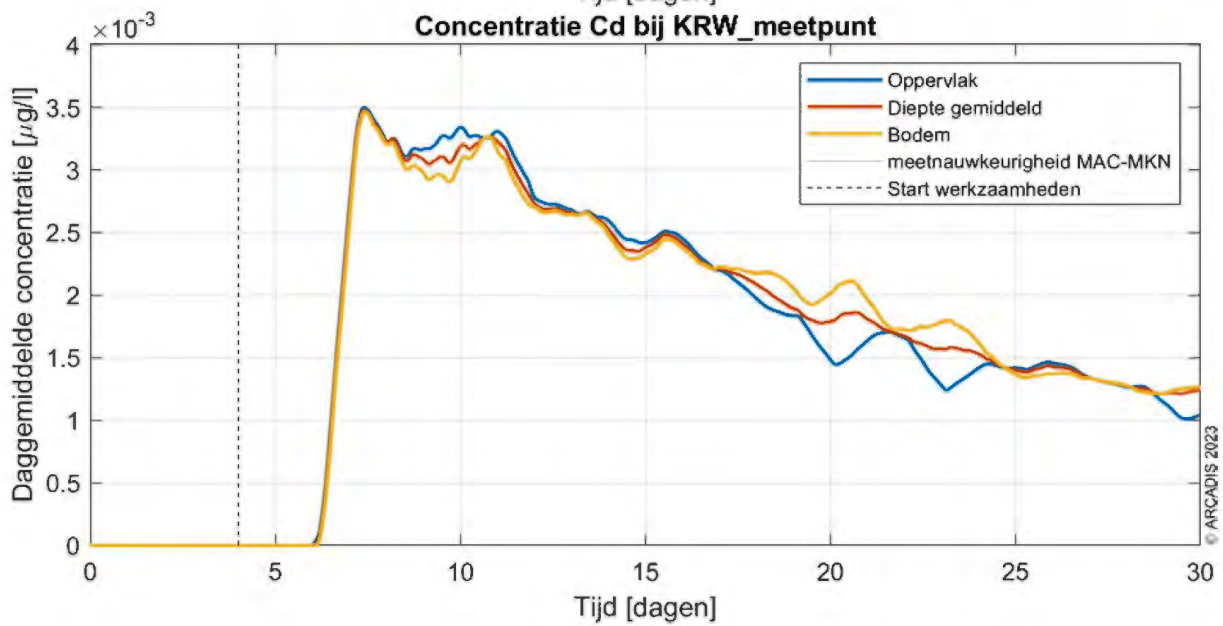
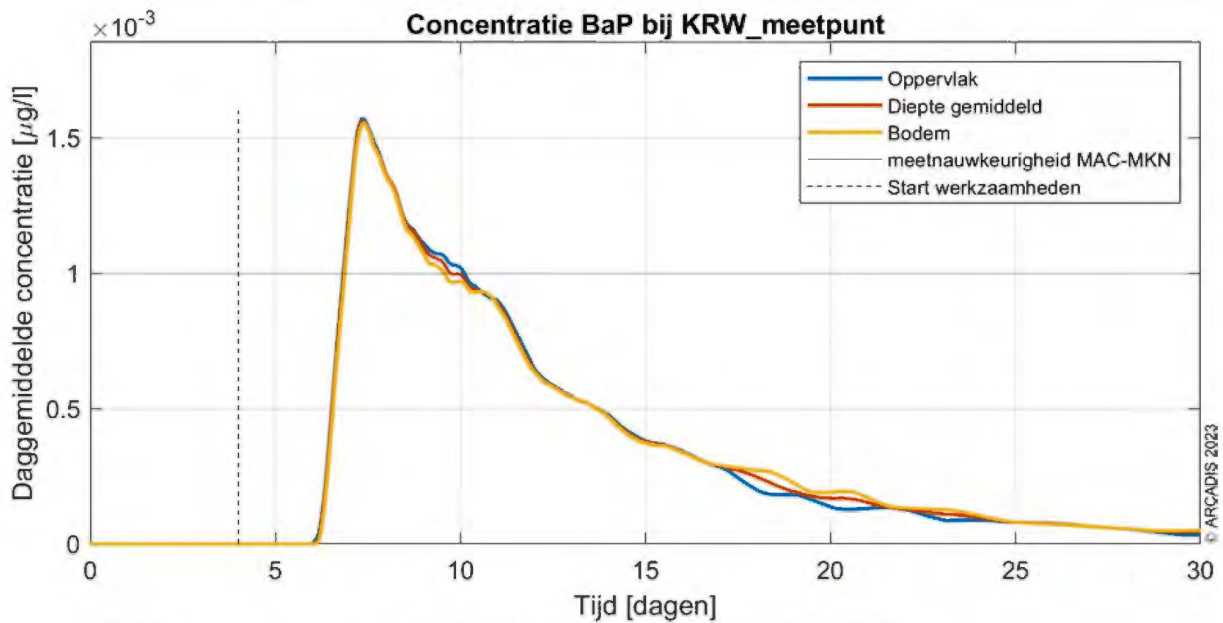
- Updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquatic Mammals*, 45(2), 125–232. <https://doi.org/10.1578/AM.45.2.2019.125>
- St. John Glew, K., Wanless, S., Harris, M. P., Daunt, F., Erikstad, K. E., Strøm, H., & Trueman, C. N. (2018). Moulting location and diet of auks in the north sea inferred from coupled light-based and isotope-based geolocation. *Marine Ecology Progress Series*, 599, 239–251. <https://doi.org/10.3354/meps12624>
- STOWA. (2010). *Handboek Hydrobiologie deel 1*.
- STOWA. (2012). *Referenties en maatlatten voor de natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015-2021*.
- STOWA. (2018). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027*. <https://www.stowa.nl/publicaties/referenties-en-maatlatten-voor-natuurlijke-watertypen-voor-de-kaderrichtlijn-water-2021>
- Sweco. (2017). *Winning suppletiezand Noordzee 2018 t/m 2027: Milieueffectrapportage*.
- Taormina, B., Bald, J., Want, A., Thouzeau, G., Lejart, M., Desroy, N., & Carlier, A. (2018). A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, 380–391.
- Taormina, B., Di Poi, C., Agnalt, A., Carlier, A.-L., Desroye, N., Escobar-Lux, R. H., D'eu, J.-F., Freytet, F., & Durif, C. M. F. (2020). Impact of magnetic fields generated by AC/DC submarine power cables on the behavior of juvenile European lobster (*Homarus gammarus*). *Aquatic Toxicology*, 220(105401), 8.
- Tauw. (2021). *Borgingsdocument Natuur Strand- en onderwatersuppletie Maasvlakte II*.
- Teilmann, J., Carstensen, J., & Skov, H. (2002). Monitoring effects of offshore windfarms on harbour porpoises using PODs (porpoise detectors) Technical report. *Review Literature And Arts Of The Americas*, February.

- Troost, K., van Asch, M., Brummelhuis, E., van den Ende, D., van Es, Y., Perdon, K. J., van der Pool, J., van Zweeden, C., & van Zwol, J. (2021). *Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2020*.
- Troost, K., Van Asch, M., Van den Ende, D., van Es, Y., Perdon, K. J., Van Der Pool, J., Suykerbuyk, W., Van Zweeden, C., & Van Zwol, J. (2022). *Schelpdierbestanden in de Nederlandse Kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2021*. Centrum voor Visserijonderzoek (CVO).
- van Bemmelen, R., Arts, F., & Leopold, M. (2013). *Alken en Zeekoeten op het Friese Front*.
- van Bemmelen, R. S. A., De Jong, J. W., Arts, F. A., Beuker, D., Engels, B. W. R., Hoekstein, M. S. J., van der Horst, Y., Kuiper, K., Leemans, J., Sluijter, M., Van Straalen, K. D., Wolf, P. A., & Fijn, R. C. (2022). *Verspreiding, abundantie en trend van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2021-2022*. Waardeburg Ecology.
- van Bemmelen, R. S. A., Leopold, M. F., & Bos, O. G. (2012). *Vogelwaarden van de Bruine Bank*.
- van Bruggen, M., Swartjes, F. A., Pit, P., Griffioen, J., & Spijker, J. (2014). *Beoordeling gezondheidsrisico's van arseen op de Zandmotor*. (Briefrapport 2014-0063.). RIVM.
- van der molen, D. T., Pot, R., Evers, C. H. M., van Herpen, F. C. J., & van Nieuwerburgh, L. L. J. (2018). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027*.
- van der Pool, J., Troost, K., van Asch, M., van Zweeden, C., van Zwol, J., & van den Ende, D. (2020). *Schelpdieren in het Veerse Meer en Grevelingenmeer in 2019*.
- van der Reijden, K. J., Koop, L., O'Flynn, S., Garcia, S., Bos, O., van Sluis, C., Maaholm, D. J., Herman, P. M. J., Simons, D. G., Olf, H., Ysebaert, T., Snellen, M., Govers, L. L., Rijnsdorp, A. D., & Aguilar, R. (2019). Discovery of Sabellaria spinulosa reefs in an intensively fished area of the Dutch Continental Shelf, North Sea. *Journal of Sea Research*, 144, 85–94.  
<https://doi.org/10.1016/j.seares.2018.11.008>

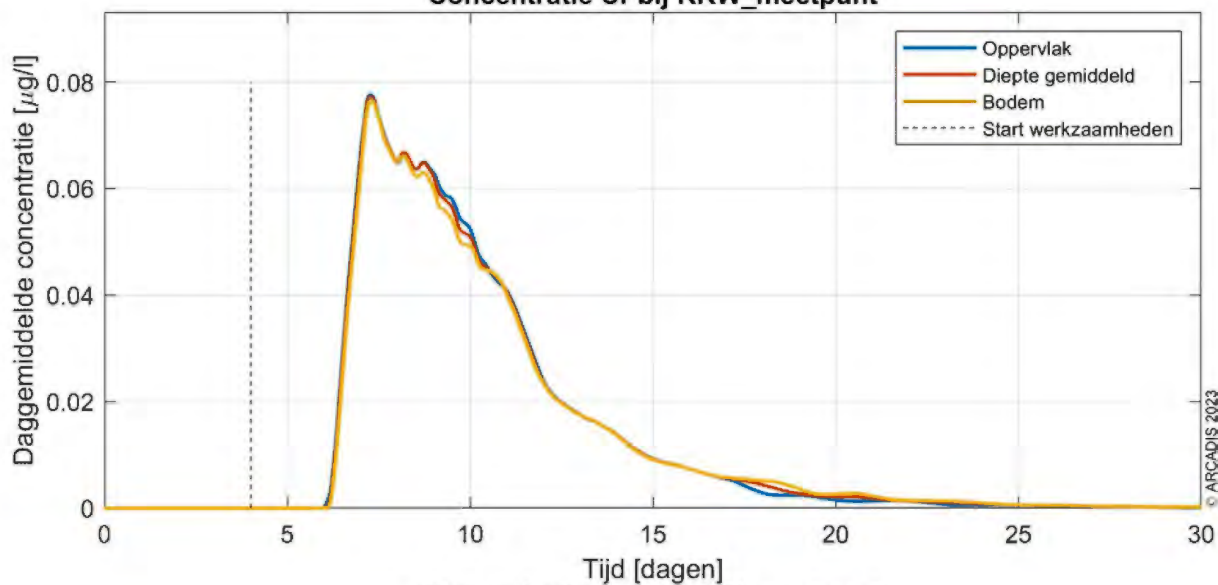
- van der Stap, T., Coolen, J. W. P., & Lindeboom, H. J. (2016). Marine Fouling Assemblages on Offshore Gas Platforms in the Southern North Sea: Effects of Depth and Distance from Shore on Biodiversity. *PLoS ONE*, 11(1).
- van Essen, M. (2020). *IJmuiden Ver: Magneetvelden zeekabel. D10021347*.
- van Essen, M. (2021a). *IJmuiden Ver Magneetvelden Zeekabel, 2\*2-configuratie*.  
<https://www.tennet.eu/nl/ons-hoogspanningsnet/net-op-zee-projecten-nl/net-op-zee-ijmuiden-ver-alpha/>
- van Essen, M. (2021b). *IJmuiden Ver Magneetvelden Zeekabel, 2\*2-configuratie*.
- Virkkala, R. (2016). Variation in population trends and spatial dynamics of waterbirds in a boreal lake complex. *Ornis Fennica*, 94(4), 197–211.
- Wang, N., Ye, Z., Huang, L., Zhang, C., Guo, Y., & Zhang, W. (2022). Arsenic Occurrence and Cycling in the Aquatic Environment: A Comparison between Freshwater and Seawater. *Water*, 15(1), 147. <https://doi.org/10.3390/w15010147>
- Waterproof Marine Consultancy & Services BV. (2020). *EMF measurements NorNed DC cable*.
- Westerberg, H., & Lagenfelt, I. (2008). Sub-sea power cables and the migration behaviour of the European eel. *Fisheries Management and Ecology*, 15(5–6), 369–375.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2008.00630.x>
- Wilber, D. H., & Clarke, D. G. (2001). Biological Effects of Suspended Sediments: A Review of Suspended Sediment Impacts on Fish and Shellfish with Relation to Dredging Activities in Estuaries. *North American Journal of Fisheries Management*, 21(4), 855–875.  
[https://doi.org/10.1577/1548-8675\(2001\)021<0855:BEOSSA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(2001)021<0855:BEOSSA>2.0.CO;2)
- Witbaard, R., Duineveld, G., & Bergman, M. J. N. (2013). *The final report on the growth and dynamics of Enis directus in the near coastal zone off Egmond, in relation to environmental conditions in 2011-2012*. 79.
- Witbaard, R., & Kamermans, P. (2010). *De bruikbaarheid van de klepstandmonitor op Ensis directus ten behoeve van de monitoring van aan zandwinning gerelateerde effecten*. 1–44.

- Wolfstein, K. (2004). De ontwikkeling van Zeesla en Zeegras in het Veerse Meer. *RIKZ*.
- Zamon, J. E., Phillips, E. M., & Guy, T. J. (2014). Marine bird aggregations associated with the tidally-driven plume and plume fronts of the Columbia River. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, *107*, 85–95. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.03.031>
- Zhang, W., Miao, A.-J., Wang, N.-X., Li, C., Sha, J., Jia, J., Alessi, D. S., Yan, B., & Ok, Y. S. (2022). Arsenic bioaccumulation and biotransformation in aquatic organisms. *Environment International*, *163*, 107221. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107221>
- Zoeger, T., Dunn, J. R., & Fuller, M. (1981). Magnetic Material in the Head of the Common Pacific Dolphin. *Science*, *213*(4510), 892–894.

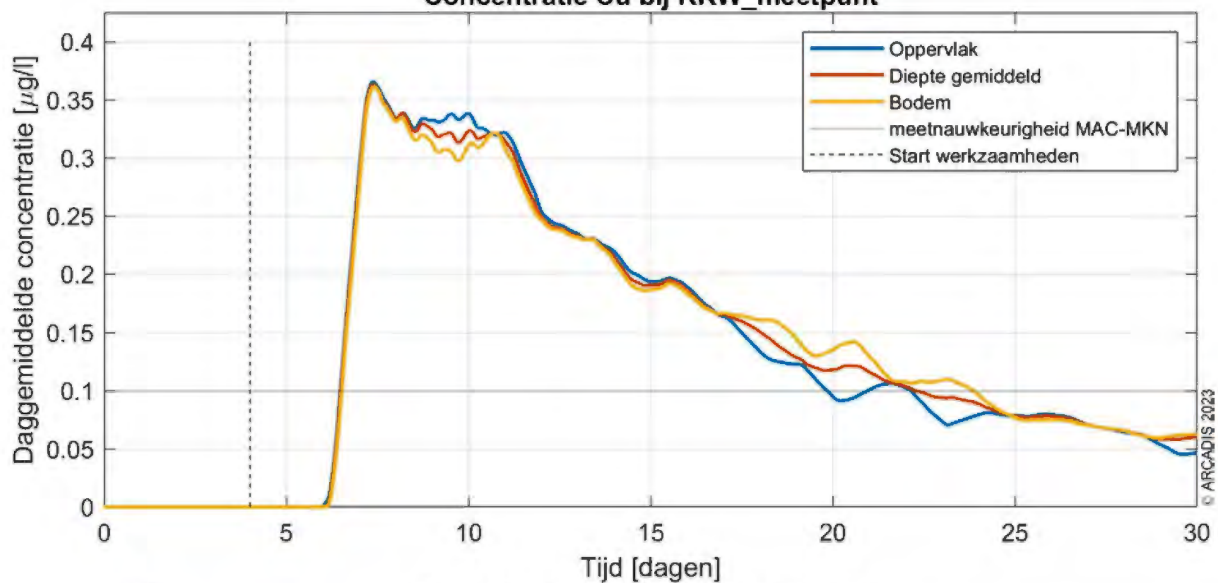
## 6 Aanvullende figuren: Concentratieverloop per gemodelleerde stof



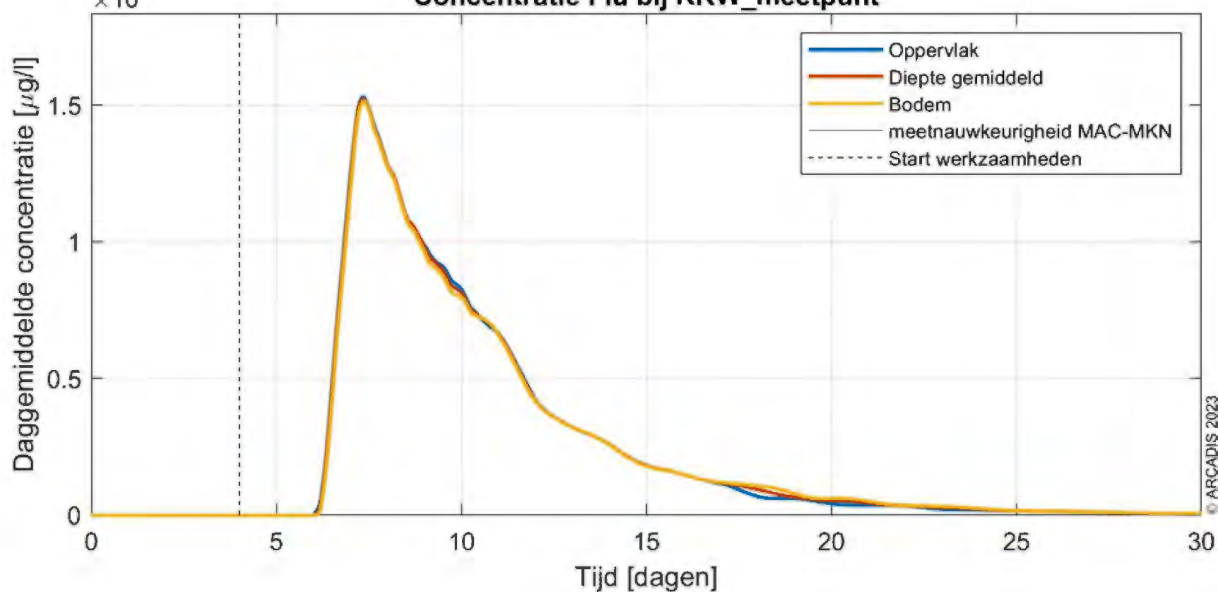
Concentratie Cr bij KRW\_meetpunt



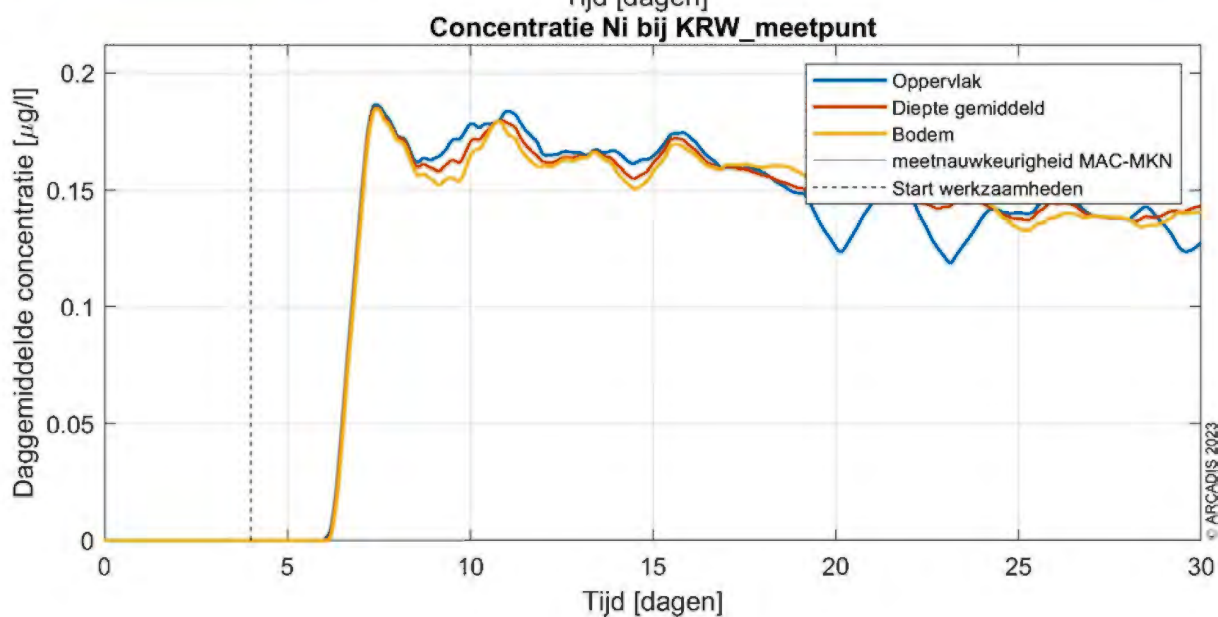
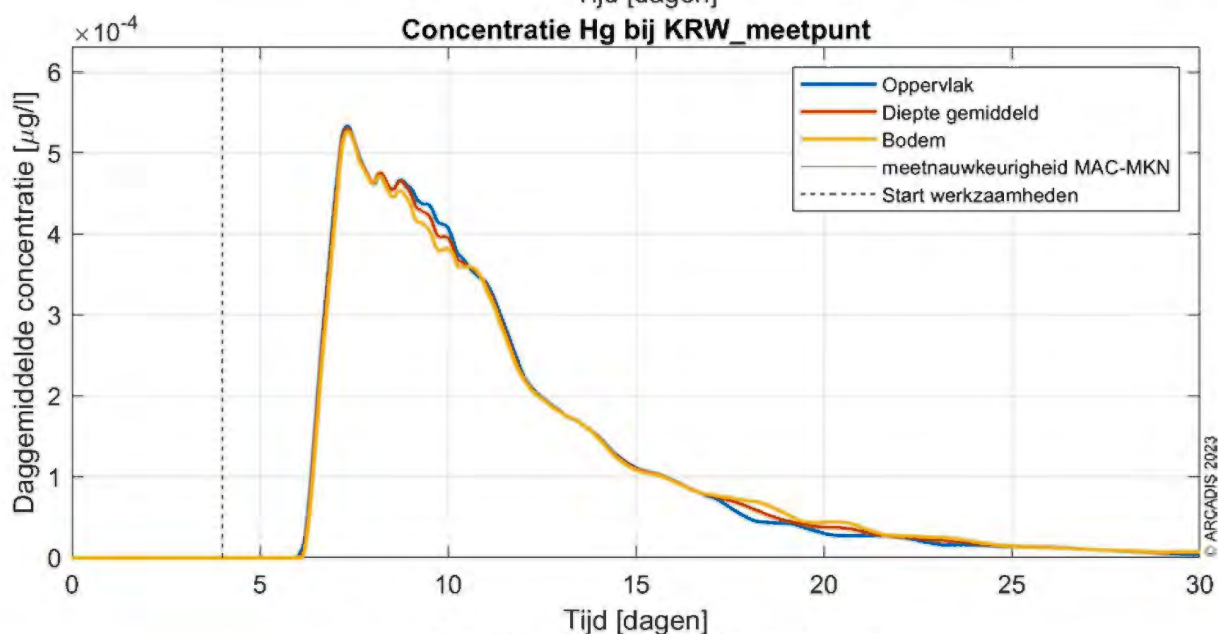
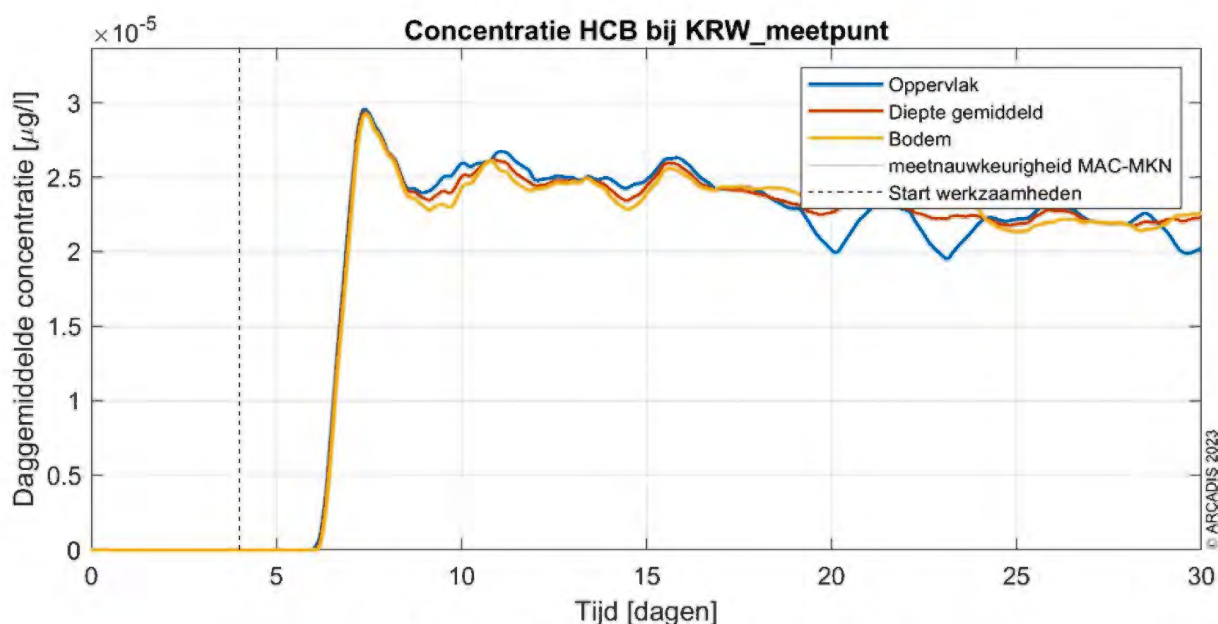
Concentratie Cu bij KRW\_meetpunt

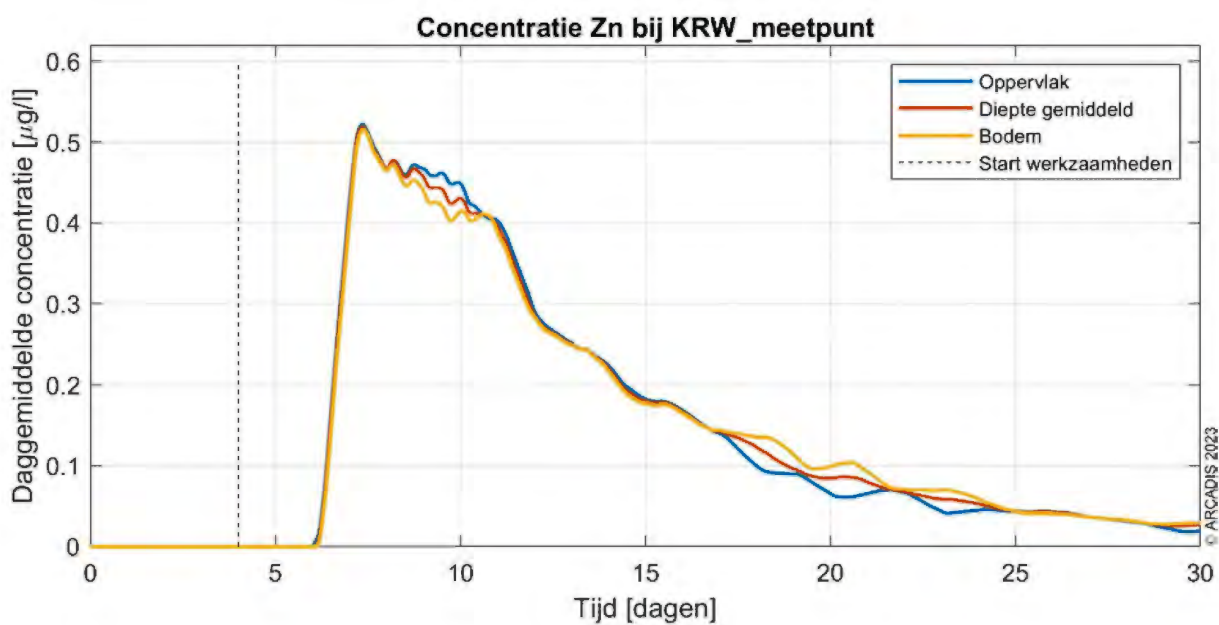
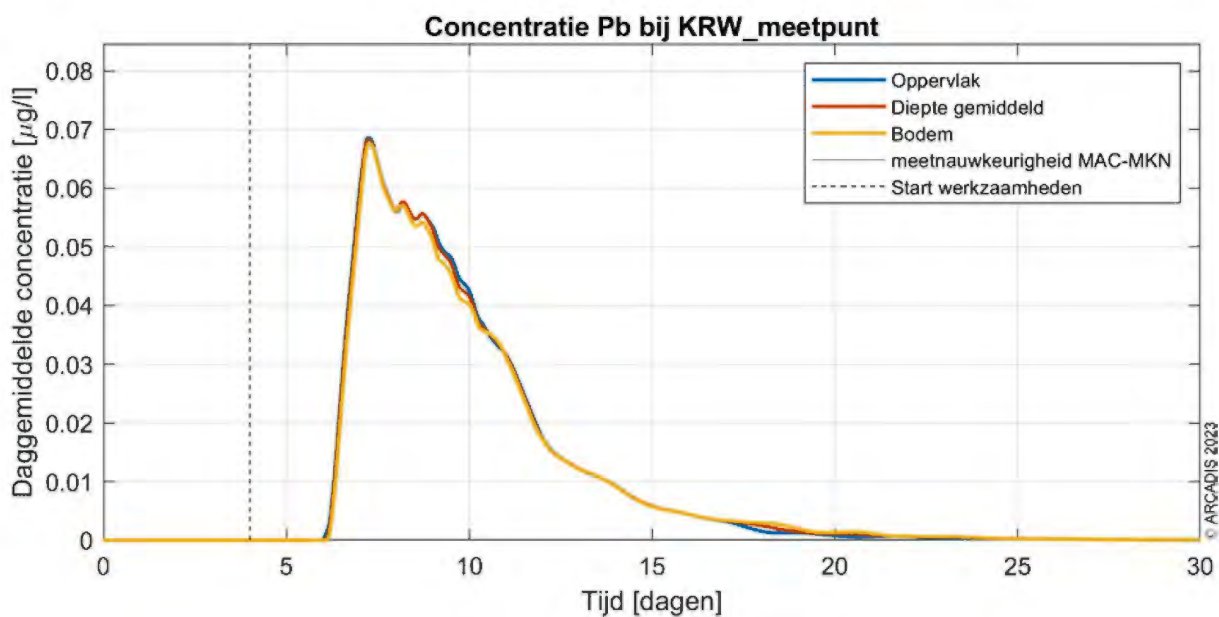


Concentratie Flu bij KRW\_meetpunt









## Colofon

### Watertoets Net op zee Nederwiek 1

**Datum**

04-10-2023

**Status**

Definitief

**Pondera Consult B.V.**

Postbus 919  
6800 AX Arnhem  
Nederland  
+31 (0)88 7663 372

[www.ponderaconsult.com](http://www.ponderaconsult.com)

**Arcadis Nederland B.V.**

Postbus 264  
6800 AG Arnhem  
Nederland  
+31 (0)88 4261 261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)

## **Bijlage 1**

# **Verontreinigingsstudie Veerse Meer – Net op zee Nederwiek 1**

# Net op zee Nederwiek 1

**Verontreinigingsstudie Veerse Meer  
TenneT TSO B.V.**

4 oktober 2023

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Doelstelling	3
1.2	Aanpak	3
<b>2</b>	<b>Methodiek DELWAQ</b>	<b>4</b>
2.1	Gebruikte modelschematisatie	4
2.2	De waterkwaliteitsmodule	6
2.3	Vertaling jet trenchen naar modelinput	9
2.3.1	De aanlegtechniek jet trenchen	9
2.3.2	Slibverspreiding in het model	9
2.3.3	Sedimenteigenschappen in het model	10
2.3.4	Verontreiniging	11
2.3.5	Wind	13
2.4	Analyses modeluitvoer	14
<b>3</b>	<b>Methodiek overige stoffen</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Conclusies</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Bibliografie</b>	<b>19</b>

# 1 Inleiding

TenneT legt bekabeling van het Net op zee Nederwiek 1 aan in het Veerse meer. Dit gebeurt door middel van jet trenchen. De waterbodem verweekt door het inspuiten van water waardoor de kabel door zijn eigen gewicht op de gewenste diepte in de waterbodem komt te liggen.

Ten behoeve van het project wordt een milieueffectrapportage (MER) opgesteld en diverse vergunningen aangevraagd. Onderdeel van het MER is een beoordeling van de invloed op de waterkwaliteit in het Veerse meer. Het is bekend dat er verontreinigingen in de waterbodem van het Veerse meer aanwezig zijn. Deze kunnen beïnvloed worden door de werkzaamheden en terecht komen in de waterkolom. Waterkwaliteitsmodellering is uitgevoerd om te bepalen welke stoffen vrij kunnen komen en hoe deze zich verspreiden in het Veerse meer.

Deze rapportage beschrijft de toegepaste methode en uitgangspunten voor de tijdelijke verhoging van de concentratie van bepaalde zwarte metalen en de concentratie van organische microverontreinigingen en dient ter achtergrond bij de resultaten die zijn gerapporteerd in het MER.

Het rapport is opgebouwd volgens de structuur van doelstelling, methodiek en conclusie.

## 1.1 Doelstelling

Ten behoeve van het MER Net op zee Nederwiek 1 is een achtergrondstudie uitgevoerd waarin de verontreiniging van anorganische en organische microverontreiniging is gekwantificeerd als gevolg van de aanleg van het kabeltracé door middel van jet trenchen in het Veerse Meer.

Met deze gegevens kan worden ingeschat of de verontreinigingen ten gevolge van het jet trenchen effect hebben op beschermde organismen. In deze achtergrondstudie is de toegepaste methode toegelicht en zijn de gehanteerde bronnen en uitgangspunten verantwoord. De modelresultaten en doorvertaling naar de effecten op de waterkwaliteit en natuurwaarden van het Veerse meer zijn in het MER gepresenteerd.

## 1.2 Aanpak

Het effect van het jet trenchen op de waterkwaliteit is bestudeerd met een numerieke modelstudie. De gehanteerde methodieken bij de modelstudie zijn verder toegelicht in hoofdstuk 2 en 3. Hoofdstuk 2 betreft het DELWAQ-model. In de gebruikte modelschematisatie zijn zowel de lokale hydrodynamica als de relevante chemische processen meegenomen. Bij het uitwerken van de modelschematisatie zijn realistische worst-case keuzes gemaakt om tot generiek toepasbare resultaten te komen. Voor stoffen waarvoor DELWAQ niet is gehanteerd is de toelichting van de methode opgenomen in hoofdstuk 3.

## 2 Methodiek DELWAQ

De selectie zware metalen en organische microverontreinigingen die meegenomen zijn in het DELWAQ-model zijn in Tabel 2-1 zichtbaar. Deze zijn zorgvuldig gekozen op basis van de gemeten verontreinigingen in de bodem van het Veerse Meer en de mogelijkheden die de modelsoftware biedt.

Tabel 2-1 Overzicht meegenomen verontreinigingen in de modestudie met de gebruikte afkorting.

Verontreiniging	Afkorting	soort
Cadmium	Cd	Anorganische microverontreiniging
Chroom	Cr	Anorganische microverontreiniging
Koper	Cu	Anorganische microverontreiniging
Kwik	Hg	Anorganische microverontreiniging
Nikkel	Ni	Anorganische microverontreiniging
Lood	Pb	Anorganische microverontreiniging
Zink	Zn	Anorganische microverontreiniging
Benzo-a-pyreen	B(a)P	Organische Microverontreiniging
Fluorantheen	Flu	Organische Microverontreiniging
Hexachloorbenzeen	HCB	Organische Microverontreiniging

### 2.1 Gebruikte modelschematisatie

Het modelleren van de waterkwaliteit via DELWAQ is uitgevoerd met twee verschillende softwaremodules binnen de numerieke modellersoftware D-Hydro: een module voor de hydrodynamica (D-FLOW) en een module voor de waterkwaliteit (D-WAQ). In deze studie waren deze modules online gekoppeld zodat de veranderingen in de hydrodynamica (stroming, waterstandsveranderingen etc.) direct werden meegenomen in de waterkwaliteitsmodule.

#### De hydrodynamica

Voor de hydrodynamica is het officiële zesde generatie 3D D-Hydro model van het Veerse Meer gebruikt (Deltares, 2022). Figuur 2-1 laat het modeldomein zien met de bathymetrie. Het model bestaat uit Z-lagen met een laagdikte van 1,25 meter. Op de diepste delen heeft het model 42 verticale lagen.

#### De waterkwaliteit

De module die de waterkwaliteit berekent, is voor deze studie voorzien van een vernieuwde procesbibliotheek. Deze procesbibliotheek beschrijft de processen en stoffen die worden meegenomen in de modellering en hoe deze stoffen en processen met elkaar interacteren. Hiervoor zijn procesmatige keuzes gemaakt, zoals: Welke processen moeten worden meegenomen? In welke mate interacteren de stoffen met elkaar? Hoe komt men tot een realistische worst case benadering? Deze keuzes zijn toegelicht in paragraaf 2.2.





Figuur 2-1 Modeldomein met bathymetrie en de locaties van modelrandvoorwaarden voor de hydrodynamica (gemalen, sluisen en het wateruitwisselingspunt Katse Heule).

### Het rekenrooster en de hydrodynamische randvoorwaarden

Het rekenrooster van het officiële zesde generatie 3D D-Hydro model van het Veerse Meer bestaat voornamelijk uit driehoeken. De driehoeken zijn gelijkzijdig met een zijdelengte van 50 meter. Rond havens is het rekenrooster verfijnd en hebben de driehoeken een zijdelengte van 20 meter (Deltares, 2022). Een detail is weergegeven in Figuur 2-2.

In Figuur 2-1 staan de locaties van de randvoorwaarden van de hydrodynamica: gemalen, sluisen en het wateruitwisselingspunt Katse Heule (de opening in de Zandkreeksdam). Katse Heule is het enige punt waar vrije wateruitwisseling plaatsvindt. Deze uitwisseling is met de zoute Oosterschelde, waardoor het gehele Veerse Meer relatief zout is. Gemiddeld is hier een netto uitstroom van  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (Deltares, 2022). Zoet water komt het Veerse Meer binnen via de gemalen en regenval. Brak water wordt uitgewisseld bij Sluis Veere in het westen.



Figuur 2-2 Een detail van het rekenrooster van het officiële zesde generatie 3D D-Hydro model van het Veerse Meer.

## 2.2 De waterkwaliteitsmodule

Voor het modelleren van de verontreinigingen in de waterkolom zijn conservatieve keuzes gemaakt. Daarnaast zijn de belangrijkste processen in het model meegenomen. Hierna zijn de keuzes en processen toegelicht.

### Oplossen en adsorberen

Zware metalen en organische microverontreinigingen kunnen, als ze in de waterkolom komen, oplossen en adsorberen ('plakken') aan andere stoffen. Zware metalen adsorberen voornamelijk aan slibdeeltjes (anorganisch materiaal) en organische microverontreinigingen adsorberen voornamelijk aan deeltjes organisch koolstof (detritus, dood organisch materiaal) en fytoplankton. Een geadsorbeerd deeltje kan naar de bodem vallen en sedimenteren (afzetten). Wanneer de verontreiniging in oplossing of geadsorbeerd is en nog niet gesedimenteerd is, stroomt deze mee en blijft deze dus in de waterkolom. In het model is dit volledige proces van oplossen, adsorberen en sedimenteren meegenomen.

De verhouding tussen het geadsorbeerde materiaal en opgeloste materiaal wordt aangeduid met de partiticoëfficiënt en wordt ook wel de  $K_d$ -waarde genoemd. Hoe kleiner de  $K_d$ -waarde, hoe meer materiaal in oplossing is. De  $K_d$ -waarde is voor elke stof anders en is ook in elk milieu anders. Zo heeft bijvoorbeeld de saliniteit, de pH en de aanwezigheid van andere metaalionen invloed op de  $K_d$ -waarde (Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu, 1998). Voor deze studie is voor elke organische en organische microverontreiniging een zo conservatief mogelijke  $K_d$ -waarde gekozen op basis van een literatuuronderzoek. De  $K_d$ -waarde voor organische microverontreinigingen is in feite een  $K_{oc}$ -waarde omdat deze stoffen binden aan het organische koolstof (OC). Bij de keuze van de waarde is rekening gehouden met het zoute milieu van het Veerse Meer. Nota bene: conservatief is voor deze studie een zo laag mogelijke  $K_d$ -waarde, waardoor een bepaalde stof langer in oplossing blijft en een realistische worst-case benaderd wordt. In Tabel 2-2 en Tabel 2-3 staat een overzicht van de gekozen  $K_d$ -waarden en  $K_{oc}$ -waarden.

Tabel 2-2 Overzicht van de gekozen partiticoëfficiënten ( $K_d$ -waarde) per anorganische microverontreiniging.

Verontreiniging (afkorting)	Partiticoëfficiënt ( $K_d$ -waarde)	Adsorbeert aan:	Eenheid
Cd	30	Slib	$m^3/kgDM$
Cr	300	Slib	$m^3/kgDM$
Cu	55	Slib	$m^3/kgDM$
Hg	178	Slib	$m^3/kgDM$
Ni	8	Slib	$m^3/kgDM$
Pb	420	Slib	$m^3/kgDM$
Zn	100	Slib	$m^3/kgDM$

Tabel 2-3 Overzicht van de gekozen partiticoëfficiënten ( $K_{oc}$ -waarde) per organische microverontreiniging

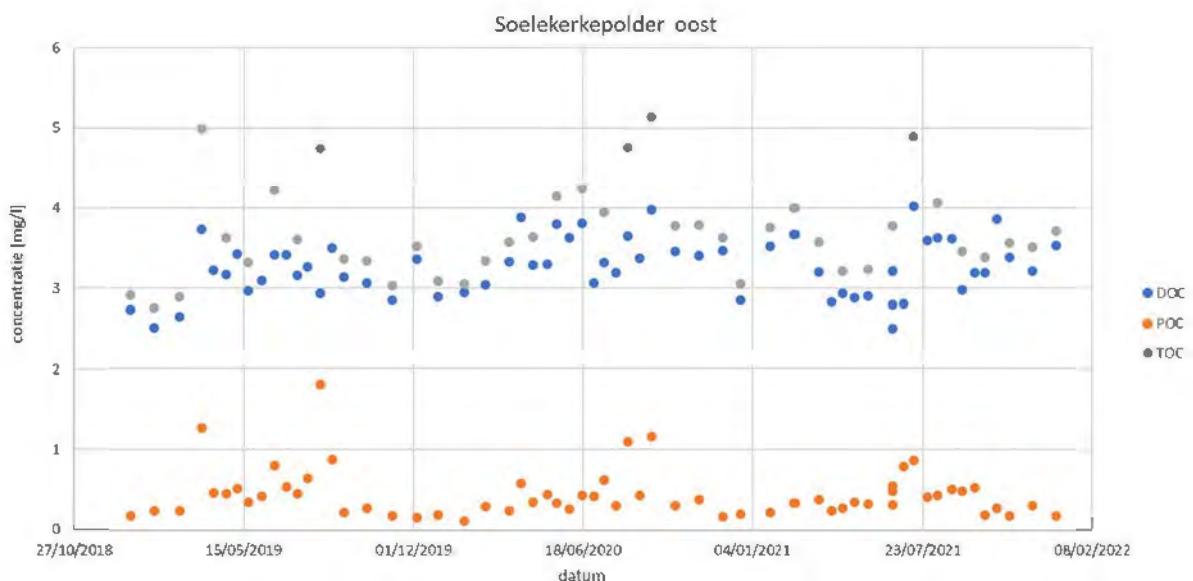
Verontreiniging (afkorting)	Partiticoëfficiënt ( $K_{oc}$ -waarde)	Adsorbeert aan:	Eenheid
BaP	6	Organisch koolstof	$l/kgC$ (logKoc)
Flu	6,7	Organisch koolstof	$l/kgC$ (logKoc)
HCB	4,56	Organisch koolstof	$l/kgC$ (logKoc)

### Stoffen waaraan adsorptie plaatsvindt

Zware metalen adsorberen aan slibdeeltjes en organische microverontreinigingen adsorberen aan koolstof (organisch koolstof en fytoplankton). Hieronder is beschreven hoe deze stoffen zijn meegenomen (zie Tabel 2-4 voor een overzicht).

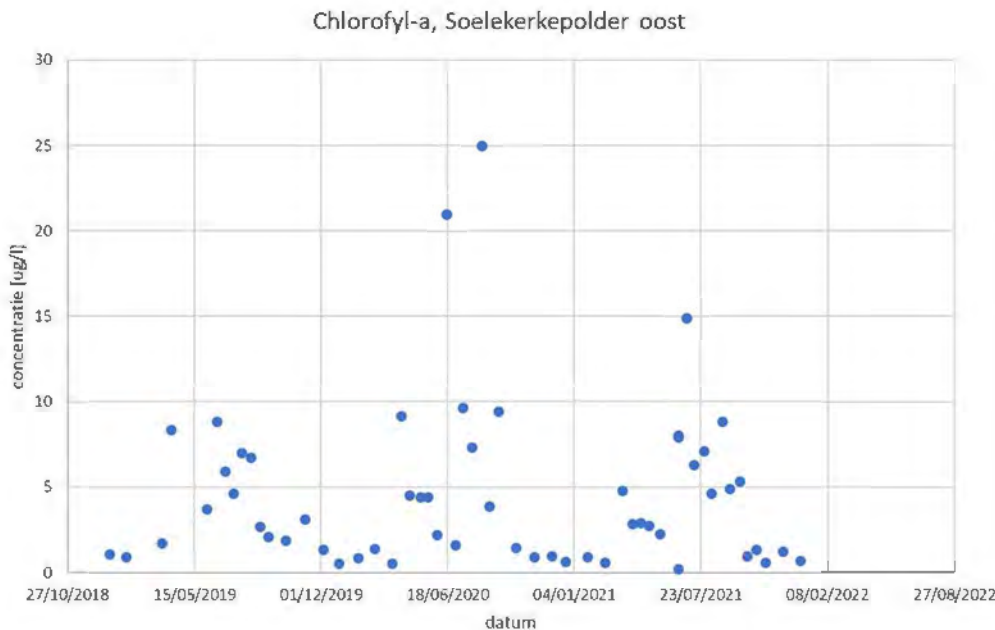
#### Koolstof

Organische microverontreinigingen kunnen adsorberen aan opgelost organisch koolstof (DOC), deeltjes organisch koolstof (POC) en koolstof uit fytoplankton. De hoeveelheid opgeloste organisch koolstof (DOC) is bepaald aan de hand van metingen bij het meetpunt Soelekerkepolder Oost in het Veen Meer (Figuur 2-3). De gemiddelde waarde is genomen van de metingen: **3,26 gC/m<sup>3</sup>**.



Figuur 2-3 DOC = Dissolved Organic Carbon (opgelost organisch koolstof); POC = Particulate Organic Carbon (deeltjes organisch koolstof) en TOC = Total Organic Carbon (totaal organisch koolstof), bij Soelekerkepolder Oost in het Veen Meer.

Organische koolstof deeltjes (POC) en fytoplankton zijn samen in het model als één constante waarde meegenomen ( $\text{gC/m}^3$ ). Deze waarde is bepaald op basis van het gemiddelde van de metingen bij het meetpunt Soelekerkepolder Oost in het Veerse Meer van POC en chlorofyl-A (fytoplankton) (Figuur 2-3 en Figuur 2-4). De gemiddelde chlorofyl-a concentratie is omgezet naar hoeveelheden koolstof doormiddel van standaard coëfficiënten die in de D-WAQ software van het model reeds aanwezig zijn. De constante waarde voor de koolstofdeeltjes die in het model is opgelegd is **0,7  $\text{gC/m}^3$**  (POC plus chlorofyl-a) met een valsnelheid van **2,9 m/s**. Deze valsnelheid is gekozen op basis van de valsnelheden uit het zesde generatie 3D D-Hydro model van het Veerse Meer (Deltares, 2022).



Figuur 2-4 Metingen van chlorofyl-a (fytoplankton) op meetpunt Soelekerkepolder Oost in het Veerse Meer.

### Slibdeeltjes

Slibdeeltjes zijn van nature aanwezig in de waterkolom van het Veerse Meer, dit is de zogenaamde achtergrondconcentratie. Deze achtergrondconcentratie aan slib is meegenomen in het model als een constante waarde met een valsnelheid. Deze constante waarde is **4  $\text{g/m}^3$**  welke gelijk is aan de waarde van het zesde generatie 3D D-Hydro model van het Veerse Meer. De valsnelheid van deze achtergrondconcentratie is **2,9 m/d** wat gelijk is aan de valsnelheid die gekozen is voor de koolstofdeeltjes, welke conservatief laag is (een lage valsnelheid zorgt voor een lage depositie snelheid van geadsorbeerde verontreiniging). Daarnaast komt er ook slib vrij bij het jet trenchen. Dit slib is met een variabele waarde meegenomen en is verder toegelicht in paragraaf 2.3.2.

### Resuspensie

Resuspensie van slibdeeltjes die al op de bodem zijn beland, komt alleen voor als de stroming groot genoeg is op de bodem. De stroming is zeer klein in het Veerse Meer aangezien weinig wateruitwisseling plaatsvindt ( $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  bij Katse Heule). In de zomer is dan ook een temperatuurstratificatie zichtbaar (Deltares, 2022). Wind resulteert in de meeste stroming. Bij harde wind met een grote strijklengte is de resulterende stromingssnelheid het grootst. Aangezien de werkzaamheden realistisch gezien niet worden uitgevoerd bij heftige windcondities, is de aanname dat de stroming in het Veerse Meer niet groot genoeg is om substantiële resuspensie te veroorzaken. Resuspensie is daarom niet meegenomen in het model. Een representatieve wind ten behoeve van milde stroming en menging is wel meegenomen in de modelschematisatie. Dit is verder toegelicht in paragraaf 2.3.5.

### Zuurstof

Zuurstof is niet meegenomen in het model wat voor de meeste zware metalen een conservatieve benadering is. Zuurstof kan binden met chroom, lood en koper in oplossing en kan vervolgens neerslaan. Hierdoor neemt de opgeloste concentratie van deze zware metalen dus af. Nikkel en cadmium kunnen ook neerslaan in reactie met zuurstof maar alleen in een basisch milieu, wat het Veerse Meer is. Het niet meenemen van zuurstof resulteert daarmee in conservatieve uitkomsten.

In Deltares (2022) is zichtbaar dat zuurstofarme condities voorkomen in de zomer met stratificatie en dat zuurstofrijke condities voorkomen gedurende de winter. Het seizoen met veel zuurstof resulteert voor het chroom, lood en koper in neerslag en dus een snellere afname van het metaal in oplossing. Het is echter nog niet bekend wanneer de werkzaamheden precies plaatsvinden. Daarom is gekozen voor een modelsimulatie met een lage zuurstofconcentratie (nota bene: niet zuurstofloos). De invloed van zuurstof (positief of negatief) wordt dus niet meegenomen.

Tabel 2-4 Overzicht constante waarden in het model.

Stof	Hoeveelheid	Eenheid	Valsnelheid	Eenheid
Slib, achtergrondconcentratie	4	g/m <sup>3</sup>	2,9	m/d
DOC	3,26	gC/m <sup>3</sup>	-	-
POC + fytoplankton	0,7	gC/m <sup>3</sup>	2,9	m/d

## 2.3 Vertaling jet trenchen naar modelinput

### 2.3.1 De aanlegtechniek jet trenchen

Jet trenchen is een techniek waarbij doormiddel van waterjets een smalle strook van de bodem wordt verweekt (gefluidiseerd) zodanig dat de kabel op de beoogde installatiediepte in het zeebed/waterbodem kan worden ingebracht. Dit gebeurt door middel van jet zwaarden die met waterstralen de bodem verweken en zo een relatief smalle sleuf met vloeibare grond creëren. Jet trenchers kunnen de bodem tot op een diepte van 10-12 meter onder het zeebed/waterbodem verweken, waarbij de diepte van verweken afgestemd wordt op de beoogde begraafdiepte van de kabel. Door het verweken van de (zee)bodem zullen lokaal gronddeeltjes worden opgewoeld. De vertroebeling die hierdoor ontstaat zit met name in de onderste laag van de waterkolom. Svašek Hydraulics (2015) schatte de hoeveelheid sediment die uit de bodem vrijkomt en in suspensie raakt bij jet trenchen tussen de 1% en 10%, met 5% als meest representatieve waarde. Wang et al. (2020) gebruikt een hogere waarde, namelijk 20%, die gevalideerd is met metingen. Om een conservatieve waarde aan te houden, is voor deze slibstudie aangenomen dat 20% van het sediment in suspensie komt tijdens het jet trenchen. Dit leidt tot een worst case resultaat.

### 2.3.2 Slibverspreiding in het model

Voor het jet trenchen in het Veerse Meer is in het model een sedimentbron aangebracht die gedurende de uitvoeringstermijn (ongeveer 2 dagen), langs het tracé slib verspreidt. Deze slibverspreiding is van belang omdat, naast het vrijkomen van verontreinigingen (zie paragraaf 2.3.4), de vrijgekomen zware metalen hieraan kunnen adsorberen. Deze bron beweegt met een snelheid van 250 m/uur langs het tracé van 12 km. Daarbij gebruiken we een variabele slibfractie in het sediment, gebaseerd op de gemeten dikte van de sliblaag (Figuur 2-5). Hierbij is uitgegaan van een sleufbreedte van 0,3 m en een sleufdiepte van 3 m, waardoor de volledige sliblaag wordt beroerd en het lokale slibvolume (m<sup>3</sup>/m) gelijk is aan de lokale dikte van de sliblaag (Figuur 2-5). In totaal komt er zo 1.015 m<sup>3</sup> slib in suspensie langs het tracé. Dit is 20% van het totale slibvolume dat langs het tracé in de bodem zit, wat gezien kan worden als een conservatieve benadering (paragraaf 2.3.1).

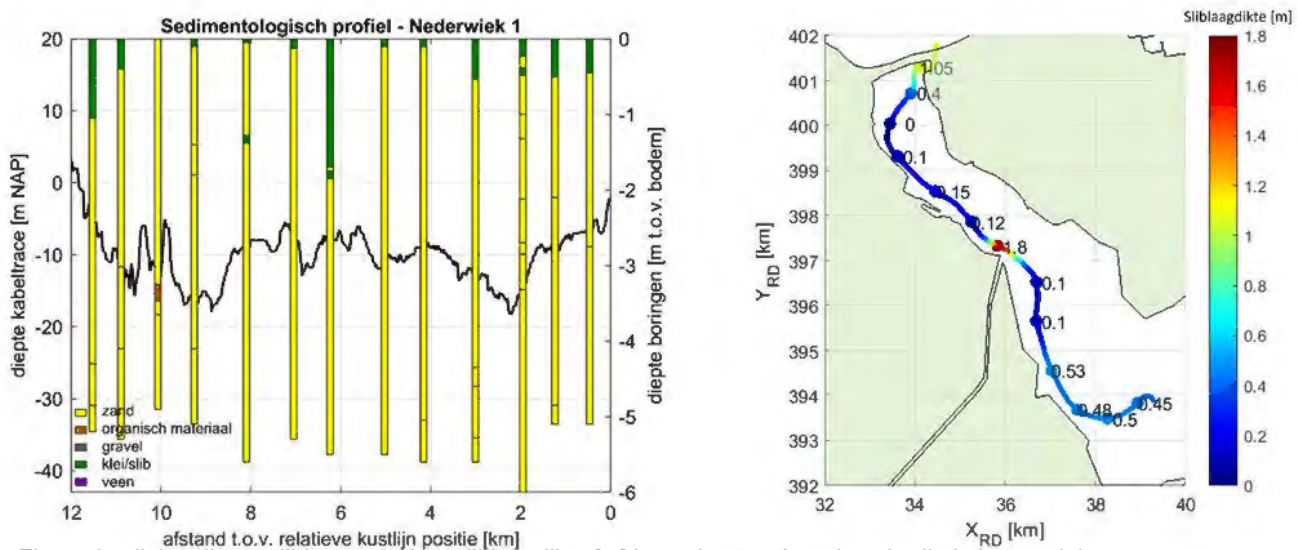
In de studie is verondersteld dat het jet trenchen vanaf de Veerse Gatdam (noordwest) richting de Oranjeplaat (zuidoost) plaatsvindt, zonder dat het werk wordt stilgelegd. De puntbron die het jet trenchen beschrijft, ligt in de onderste model-laag (bij de bodem). Daarnaast wordt 0,4 m<sup>3</sup>/s water geïnjecteerd in het model gedurende het jet trenchen. De onderbouwing van dit debiet staat in onderstaand kader. De hoeveelheid slib die in het model vrijkomt, is in het model in kg/m<sup>3</sup>. Om de hoeveelheid m<sup>3</sup> slib om te zetten naar kg is een droge dichtheid van 500 kg/m<sup>3</sup> gebruikt. Dit is een standaardwaarde. De sedimenteigenschappen in het model zijn verder toegelicht in paragraaf 2.3.3.

De hoeveelheid totale hoeveelheid slib dat in het model vrijkomt is gevisualiseerd in Figuur 2-6. Tenslotte zijn in het model twee slibfracties gebruikt voor het slib dat in suspensie komt door het jet trenchen. Het verschil tussen de slibfractie is de valsnelheid, welke ook verder is toegelicht in paragraaf 2.3.3.

### Onderbouwing vrijkomende debiet gedurende het jet trenchen

Bij de aanbestedingen voor de productie en de installatie van de kabels voor Net op zee moeten de aannemers als onderdeel van hun aanbieding specificeren welke apparaten ze in denken te gaan zetten voor de installatie. De aannemers die de installatie van de kabels in het Veerse Meer aanbieden, hebben als onderdeel van de aanbieding de pompkrommes aangeleverd aan TenneT van de jet pompen waarmee gewerkt zal gaan worden op het Veerse Meer. Gebleken is dat er weinig variëteit zit tussen de technische specificaties van de jet trench pompen die door de verschillende aannemers worden opgenomen in hun aanbiedingen. Bij de uitvoering van de werken voor TenneT zien we ook telkens dezelfde jet pompen van dezelfde verhuurder aan dek staan. Op grond daarvan, dus met kennis van de pompkrommes van de jet pompen die aangeboden worden en die in de praktijk worden ingezet, kunnen we met grote zekerheid stellen dat het debiet waarmee gejet zal worden voor de installatie van de kabels in de orde van **0,4 m<sup>3</sup>/s** zal zijn.

Het detail van het numerieke rekenrooster (circa 50 meter, zie paragraaf 2.1) is te grof om een zeer kleinschalig proces zoals jet trenchen volledig accuraat weer te geven. Zeer lokale effecten (*near-field*) kunnen niet worden weergegeven en worden als het ware gemiddeld over de rekencel waarbinnen ze plaatsvinden. Een proces dat bekend staat als numerieke diffusie. Hoe stoffen vervolgens op grotere schaal verspreiden, adsorberen en sedimenteren, wordt door het rekenmodel wel nauwkeurig gesimuleerd. Het zijn dan ook de resultaten op dit schaalniveau (*mid- to far-field*) die weergegeven worden in hoofdstuk 3 en geschikt zijn voor een effectbeoordeling.



Figuur 2-5 links: diepte sliblagen, rechts: sliblaagdikte [m] langs het tracé zoals gebruikt in het model.

### 2.3.3 Sedimenteigenschappen in het model

De sedimenteigenschappen van het slib dat vrijkomt bij het jet trenchen zijn weergegeven in Tabel 2-5. Er is gewerkt met twee (cohesieve) sedimentfracties die beide 50% van de totale slibfractie vormen. Deze slibfracties zijn representatief voor de fractie met een korrel diameter kleiner dan 32  $\mu\text{m}$  (fijne slibfractie) en 32-63  $\mu\text{m}$  (groeve slibfractie). Wat betreft de gekozen representatieve modelparameters voor deze fracties zijn de gangbare waarden aangehouden. Voor deze studie levert dat een licht conservatieve representatie van de werkelijkheid wat betreft de gesimuleerde slibconcentratieverhoging.

Op basis van de 'Navier Stokes' formule voor cohesief materiaal, vereenvoudigd door Van Rijn (WL | Delft Hydraulics, 2006), is een valsnelheid van 0,5 mm/s representatief voor een fractie van circa 25  $\mu\text{m}$ . Bij de fijne fractie wordt zelfs een zeer conservatieve valsnelheid van 0,1 mm/s (8,64 m/d) gebruikt, zodat de fijne fractie relatief lang in suspensie blijft in de modellering. Voor de grove fractie is 1 mm/s (86,40 m/d) gebruikt, zodat deze fractie juist relatief snel neerslaat.

Omdat enkel de slibfractie die vrijkomt tijdens het jet trenchen wordt gesimuleerd, is het soortelijk gewicht van droge stof voor slib gebruikt. Een droge dichtheid van  $500 \text{ kg/m}^3$  is hierbij een gangbare waarde (Van Rijn, 1990).

Tabel 2-5 Modelparameters voor de sedimenteigenschappen van het slib.

Parameter	Waarde fijne fractie	Waarde grove fractie	Eenheid
Droge dichtheid	500	500	[ $\text{kg/m}^3$ ]
Valsnelheid	8,64	86,40	[m/d]
Kritische bodemschuifspanning voor sedimentatie	1000	1000	[ $\text{N/m}^2$ ]

### 2.3.4 Verontreiniging

In het Veerse Meer zijn op 16 locaties bodemmonsters genomen om de verontreiniging vast te stellen (meerdere monsters per locatie). Het slib uit de bodem van het Veerse Meer bevat verschillende hoeveelheden per verontreinigende stof. In samenspraak met een expert bij Deltares is overeengekomen dat het aannemelijk is dat de verontreiniging met name aan het slib zit. Vervolgens is een representatief verontreinigingsprofiel opgesteld voor het slib zodat uitschieters in de metingen de analyse niet buitenproportioneel beïnvloeden. Hoe dit representatieve verontreinigingsprofiel is opgesteld is onderstaand in het stappenplan beschreven bij stap 4. De realistische worst case is vervolgens gewaarborgd door het vrij hoge suspensie gehalte (20%) en de aanname dat in beginsel alle verontreiniging loskomt van het slib (van de 20% die in suspensie komt).

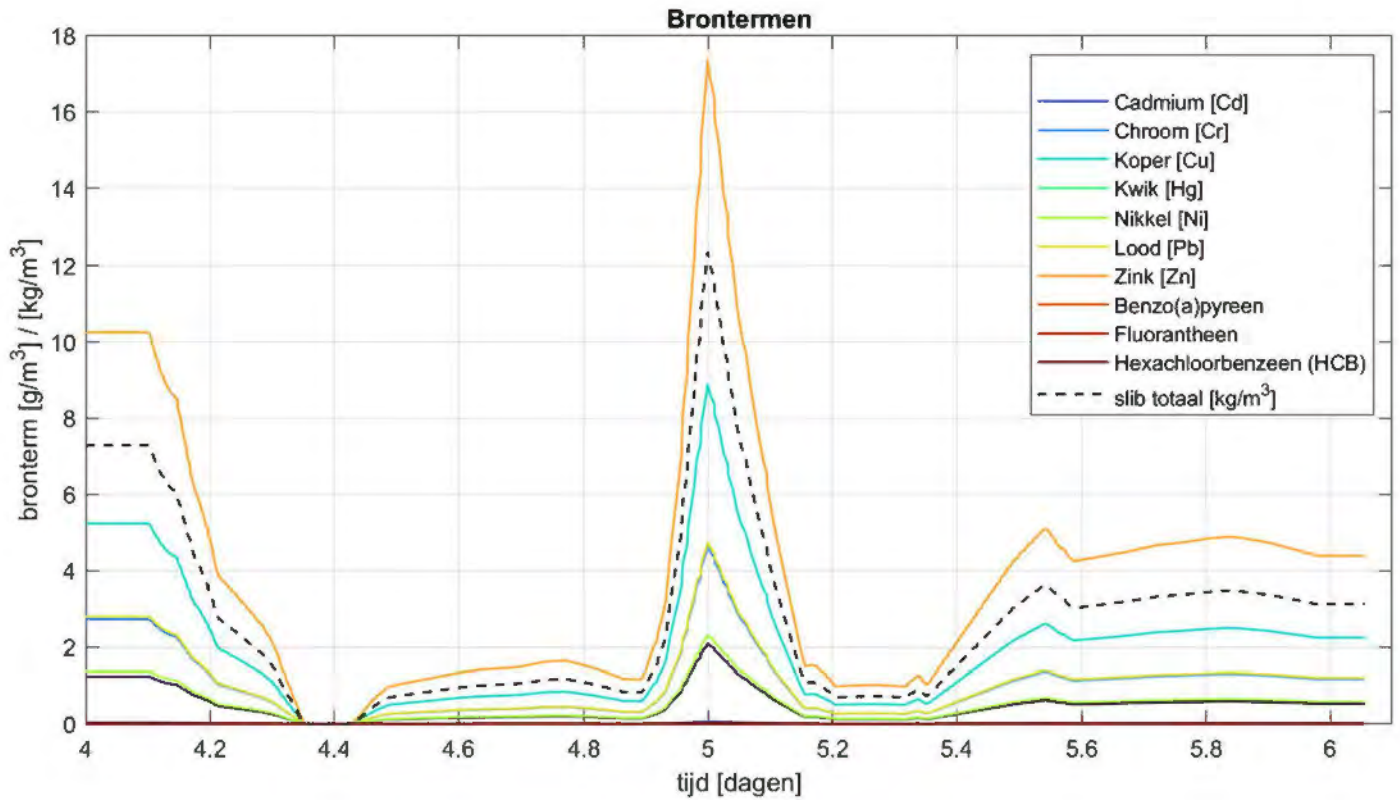
Uiteindelijk bepaalt dus de hoeveelheid slib langs het tracé de hoeveelheid verontreiniging die langs het tracé vrijkomt. Daarnaast is aangenomen dat 100% van de verontreiniging in het slib zit, een conservatieve benadering. Dus, wanneer een monster 10 volumeprocent slib bevat en 10 mg/kg van een verontreinigde stof, dan zit 100 mg/kg van deze verontreiniging in het slib.

De volgende stappen zijn ondernomen om de hoeveelheid vrijkomende verontreiniging te bepalen:

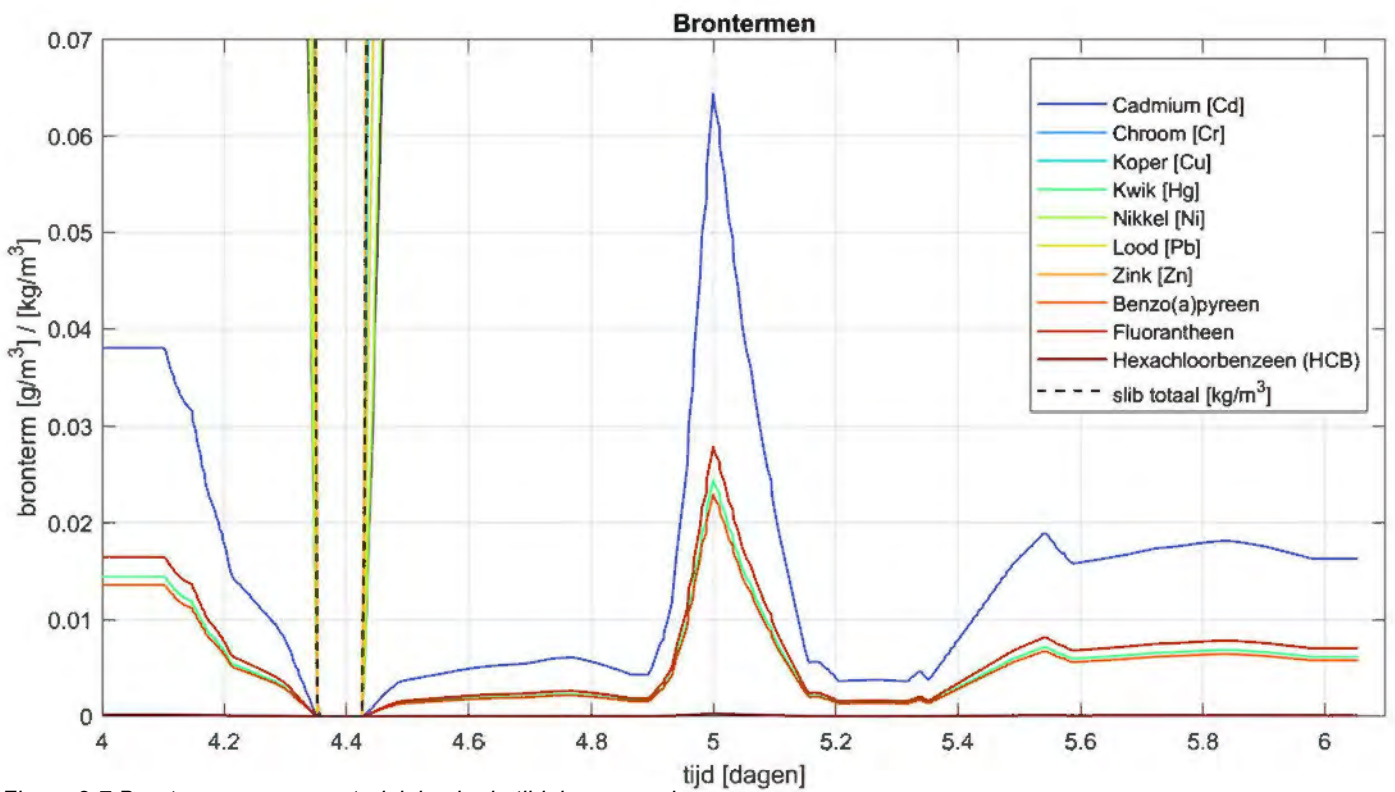
- **Stap 1:** bepaling hoeveelheid % slib gemeten per locatie, gemiddeld over de bovenste meter
- **Stap 2:** bepaling hoeveelheid g/kg verontreiniging gemeten per locatie, gemiddeld over de bovenste meter
- **Stap 3:** bepaling hoeveelheid g verontreiniging per kg slib aanwezig per locatie. Uitgedrukt als:  $(100\% / \text{percentage slib}) * \text{mg/kg verontreiniging}$ .
- **Stap 4:** het gemiddelde over alle meetlocaties wordt genomen. Daarmee middelen we ruimtelijk uitschieters uit de bodemmonsters en nemen impliciet een gelijke verdeling van de gemeten verontreiniging in het slib aan. De totale hoeveelheid verontreiniging in het vrijkomend bodemmateriaal verandert hierdoor niet.
- **Stap 5:** verwerking variatie slib. Aangezien per locatie langs het kabeltracé een variabele hoeveelheid slib vrijkomt, varieert ook de hoeveelheid verontreiniging langs het kabeltracé. Dus om per locatie langs het kabeltracé te weten hoeveel verontreiniging vrijkomt is de volgende berekening gedaan: het aantal gram verontreiniging per kg slib \* de hoeveelheid slib die vrijkomt op een bepaalde locatie.

De verontreinigingen die in het model als bronterm zijn opgelegd zijn gevisualiseerd in de tijd in Figuur 2-6 (en Figuur 2-7, ingezoomde versie). De x-as is nu de tijd in dagen dat gejet wordt, maar kan ook gezien worden als de afstand langs het tracé van noordwest naar zuidoost, door te rekenen met de snelheid van de trencher à 250 m/uur. In het midden van het tracé in het Veerse Meer is veel slib aanwezig en dus is hier veel verontreiniging die vrijkomt (zie de gemeten slibhoeveelheden in Figuur 2-5).

De werkzaamheden starten op een fictieve dag 4 en eindigen iets na dag 6. De bronterm verplaatst zich gedurende deze tijd langs het kabeltracé, van noordwest naar zuidoost.



Figuur 2-6 Brontermen per verontreiniging in de tijd.

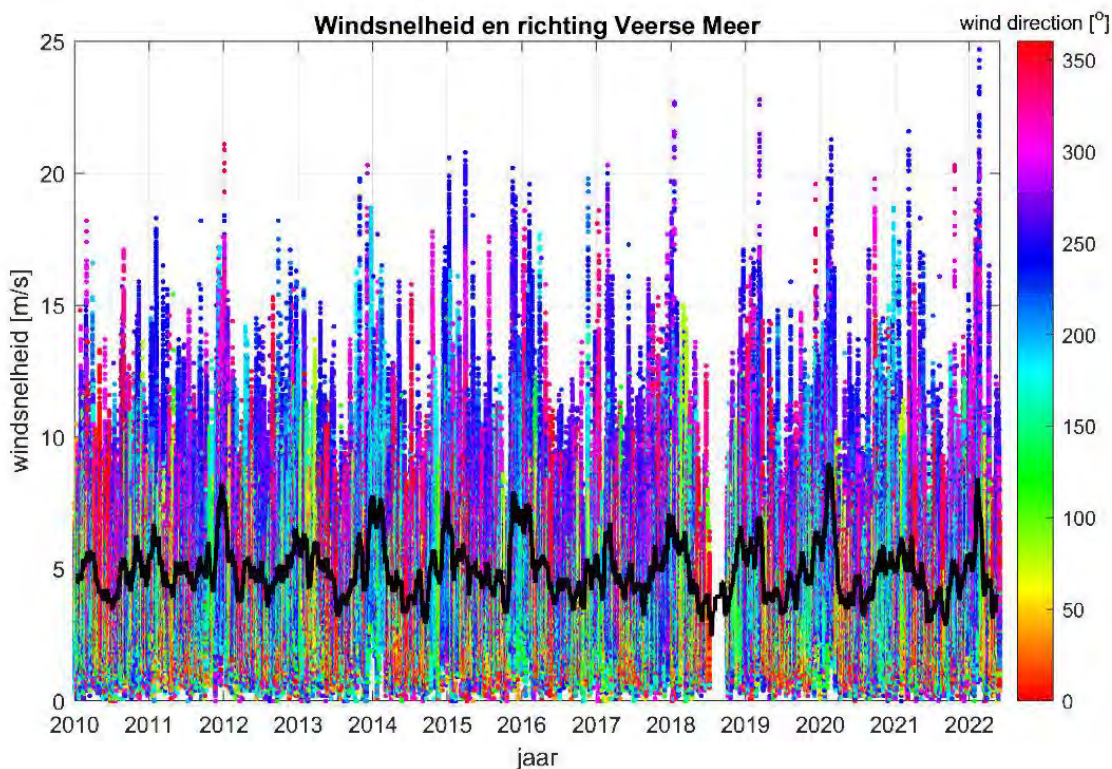


Figuur 2-7 Brontermen per verontreiniging in de tijd, ingezoomd.

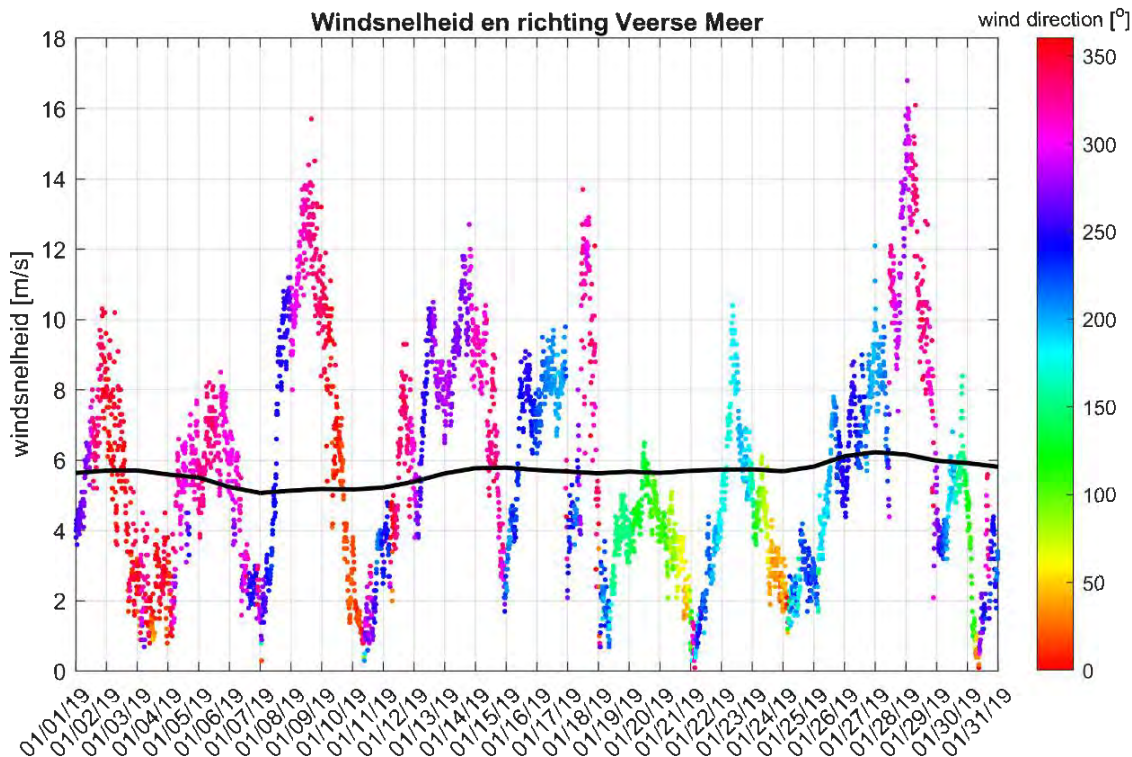


### 2.3.5 Wind

Wind heeft een grote invloed op de stroming in het Veerse Meer. Bij een harde wind is de windgedreven stroming groter dan bij een milde wind. Op grond van een windanalyse is een maand met een representatieve gemiddelde wind bepaald. In Figuur 2-8 is de windsnelheid en richting samen met de maandgemiddelde windsnelheid zichtbaar (2010-2022). Januari 2019 heeft een gemiddelde windsnelheid van 5,9 m/s (Figuur 2-9). Dit is 1 m/s hoger dan het gemiddelde van 2010 t/m 2022. Deze maand is gekozen als representatieve maand voor de modelschematisatie en is licht conservatief doordat de windsnelheden iets hoger dan gemiddeld liggen.



Figuur 2-8 Windsnelheid en richting van 2010 t/m 2022 bij het Veerse Meer.



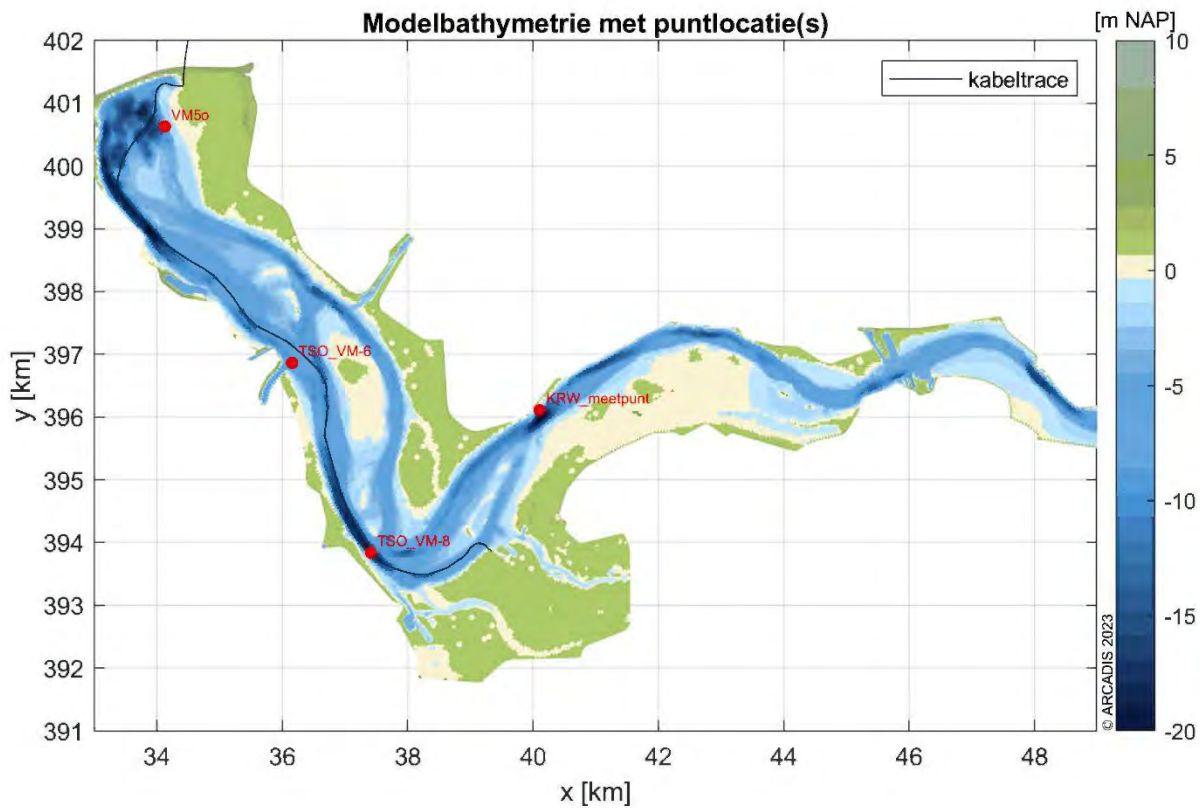
Figuur 2-9 Windsnelheid en richting januari 2019 bij het Veerse Meer.

## 2.4 Analyses modeluitvoer

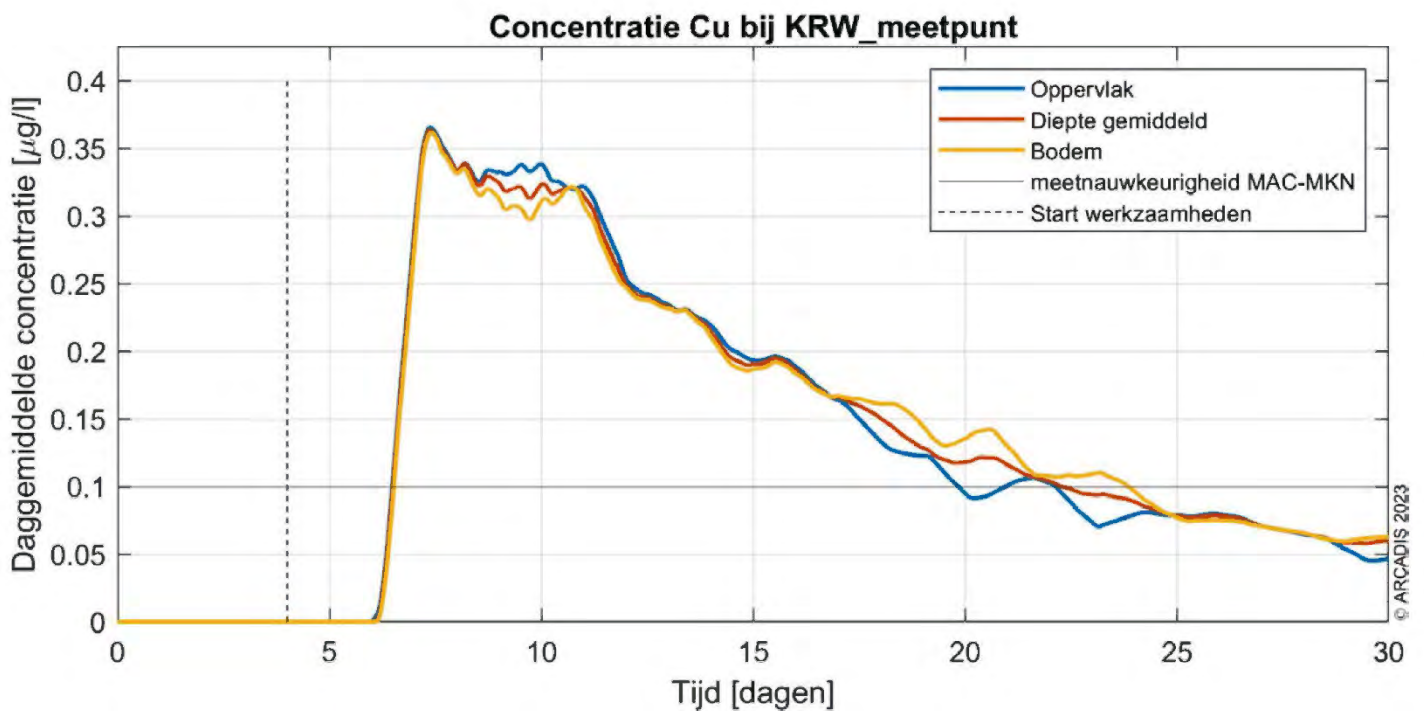
De verontreiniging is beschreven aan de hand van de concentraties op het KRW-meetpunt in de vorm van tijdseries (locatie weergegeven in Figuur 2-10). Voor de watertoets zijn twee resultaattypen gebruikt voor de toetsing:

- De maximale daggemiddelde concentratie op het KRW-meetpunt (maximaal betekend hier de maximale waarde in de gehele waterkolom).
- De jaargemiddelde concentratie op het KRW-meetpunt.

Als voorbeeld is de daggemiddelde concentratie koper op het KRW-meetpunt gevisualiseerd in Figuur 2-11. De maximale daggemiddelde concentratie in de waterkolom vindt rond dag 7 plaats.

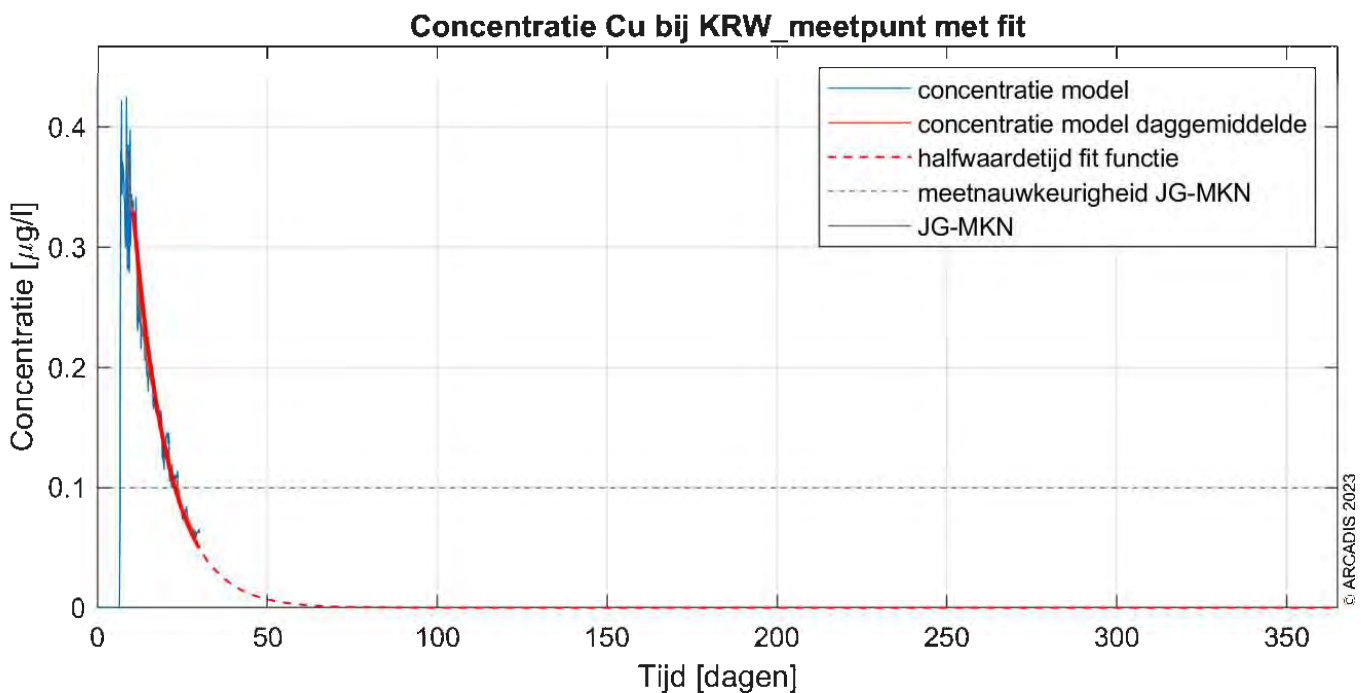


Figuur 2-10 De bathymetrie van het model met de loop van het kabeltracé van Nederwiek 1 en het KRW-meetpunt.



Figuur 2-11 De daggemiddelde koperconcentratie op het KRW-meetpunt: aan het oppervlak de bodem en dieptegemiddeld. De werkzaamheden starten in het model op dag 4.

Voor de jaargemiddelde concentratie op het KRW-meetpunt is een extra analyse gedaan omdat de modelsimulatie maar 30 dagen betreft en er een trend in de concentratieafname zichtbaar is. Het jaargemiddelde is bepaald op basis van de modelresultaten in combinatie met een trendlijn van de halfwaardetijd fit functie  $C(t) = C_{max} \cdot (1 - \alpha)^t$ . Deze functie representeert het proces adsorptie het meest natuurgetrouw. In Figuur 2-12 is een voorbeeld gegeven van deze gefitte trendlijn voor arseen. De trendlijn is gefit op de daggemiddelde verontreiniging en vanaf 2 dagen na het lokale maximum, om zo de 'staart' welke de evenwichtsuitdemping beschrijft, zo goed mogelijk te fitten (oranje lijn). In de eerste dagen na de piek is namelijk ook nog sprake van adsorptie aan het slib dat vrijkwam tijdens het trenchen. Pas na 2 dagen na het lokale maximum vindt nog enkel adsorptie plaats aan de achtergrondconcentratie van het slib/koolstof. De uitdemping van de verontreiniging ten gevolge van de adsorptie aan de achtergrondconcentraties is beter geschikt voor extrapolatie voor de lange termijn en daarmee de berekening van het jaargemiddelde.



Figuur 2-12 De concentratie koper op het KRW-meetpunt met een halfwaardetijd fit functie trendlijn die gebruikt is om het jaargemiddelde te bepalen.

### 3 Methodiek overige stoffen

Voor stoffen die niet zijn opgenomen in DELWAQ, of waarvoor DELWAQ geen betrouwbare berekening geeft, is een alternatieve benadering toegepast. Voor deze stoffen zijn ook geen gedetailleerde speciatieberekeningen te maken aangezien het organische verbindingen betreft.

De toegepaste benadering is gebaseerd op de concentratie in het sediment en de te verwachten vertroebeling in combinatie met de oplosbaarheid van de stoffen. De maximale concentratie-toename voor deze stoffen is met de relevante evenwichts-coëfficiënten bepaald. Dit betreft de waarde ter plaatse van de werkzaamheden. Dit betreft daarmee een partitiemodelmatige aanpak. In de memo 'Arseen in modelleerstudie Veerse Meer' van 4 oktober 2023, welke ook als bijlage bij de Watertoets Net op zee Nederwiek 1 is gevoegd, is een voorbeeldberekening aan de hand van deze benadering uitgewerkt. De resultaten (concentratietoename) voor van onderstaande stoffen zijn te vinden in bijlage VII-M van het MER van Net op zee IJmuiden Ver Alpha. Deze waarden zijn gebruikt in de watertoets.

Tabel 3-1 Stoffen toepassing partitiemodel

#### Stof

Arseen (zie separate memo)
Anthraceen
Benzo(a)anthraceen
Benzo(g,h,i)peryleen
Benzo(k)fluorantheen
Chryseen
Fenanthreen
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen
Naftaleen
Tributyltin als Sn
Som Perfluorooctaanzuur (PFOA)
Som Perfluorooctaansulfonzuur (PFOS)

## 4 Conclusies

Met het numerieke rekenmodel DELWAQ is de verontreiniging door jet trenchen voor de aanleg van Net op zee Nederwiek 1 in het Veerse Meer gesimuleerd voor een groot aantal stoffen. Voor stoffen die niet in DELWAQ betrouwbaar kunnen worden gemodelleerd is dit met een inschatting (partitiemodel) bepaald. De aanleg van de kabel gebeurt in circa 2 dagen door middel van jet trenchen. De aanleg van de kabels is vanaf de Veerse Gatdam in het noordwesten, richting Oranjeplaat in het zuidoosten.

De resultaten van de uitgevoerde waterkwaliteitsmodellering zijn in het MER voor Net op zee Nederwiek 1 opgenomen. Daar zijn de resultaten vervolgens beoordeeld in de relevante kaders, te weten de Kaderrichtlijn Water, Natura 2000 instandhoudingsdoelstellingen Veerse meer en de soortenbescherming.

## 5 Bibliografie

Deltares. (2015). *Bekkenrapport Veerse Meer 2000-2014 ten behoeve van de Evaluatie Peilbesluit*. Deltares.

Deltares. (2022). *Development of sixth generation model schematisation 3D D-HYDRO Veerse Meer. Nidek set-up, calibration and validation D-FLOW and D-Water Quality. 11208079-000-ZKS-0005*.

Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu. (1998). *Evaluatie van de door het RIVM gehanteerde partitiec коэффициenten voor metalen. Rapport nr. 711401005*.

Svašek Hydraulics. (2015). *Environmental impact cable maintenance methods, Environmental impact analysis for COBRA cable*.

Wang, L., Shao, J., & Yao, W. (2020). Transport modelling of sediment re-suspended during submarine cable laying operation. *Earth and Environmental Science (Vol. 510, No. 4, p. 042016)*.

WL | Delft Hydraulics. (2006). *Zwevend Stof Rijn-Maasmonding*. Delft: WL | Delft Hydraulics.

## Colofon

NET OP ZEE NEDERWIEK 1  
VERONTREINIGINGSSTUDIE VEERSE MEER

KLANT  
TenneT TSO B.V.

PROJECTNUMMER  
30136670

ONZE REFERENTIE

DATUM  
10 oktober 2023

STATUS  
Definitief



## **Bijlage 2**

# **Memo arseen in modelstudies**

**ONDERWERP**

Arseen in modellerstudie Veerse Meer

**PROJECTNUMMER**

30136670

**DATUM**

4 oktober 2023

**VAN****AAN**

Rijkswaterstaat

**KOPIE AAN****Inleiding**

In de Verontreinigingsstudie Veerse Meer (Arcadis, 2023) is specifieke aandacht uitgegaan naar het voorkomen van bijvoorbeeld koper in de waterbodem en het risico op toename van concentraties in de waterkolom. Aanvullend is op een vereenvoudigde manier gekeken naar een aantal andere stoffen, waaronder arseen, die in de waterbodem zijn aangetroffen. Voor arseen is in de verontreinigingsstudie geconcludeerd dat de toename van de concentratie arseen in het oppervlaktewater nihil is.

In dit memo wordt nader ingegaan op het risico van verhoogde arseengehalten in het oppervlaktewater en verder onderbouwd waarom de te verwachten toename van de concentratie arseen in het oppervlaktewater nihil is. Eerst wordt beschreven hoe arseen zich gedraagt en kan voorkomen in de waterbodem en slib en in de opgeloste fase in het oppervlaktewater. Daarna wordt ingegaan op de specifieke situatie voor het Veerse Meer en de berekening van de toename van de arseenconcentratie als gevolg van slibverliezen.

**Voorkomen van arseen in de waterbodem en water**Arseen aan vaste stof

Door de aanleg van de kabels (jet trenchen, baggeren, storten) zal het slibgehalte in het oppervlaktewater tijdelijk toenemen. Het slib is afkomstig van de waterbodem van het Veerse Meer. In de 36 waterbodemmonsters zijn arseenconcentraties aangetroffen tot 27 mg/kg d.s. (Arcadis, 2021). Voor sediment is dit een concentratie die ruim onder de MTR van 55 mg/kg d.s. voor arseen ([Zoeksysteem | Risico's van stoffen \(rivm.nl\)](#)) ligt.

Arseen komt van nature in verhoogde gehalten voor in de kustprovincies (Gunnink, Nieuwenhuis, Postma, & Stax, 2003). Met name in Zeeland komen sterk verhoogde gehalten voor in grond en grondwater (Nieuwenhuis & Gunnink, 2005). Vergelijking van de arseengehalten in het grondwater met de resultaten van het onderzoek 'Achtergrondconcentraties van 17 sporenelementen in het grondwater van Nederland' (Fraters, Bouwmans, & Prins, 2001), blijkt dat de concentraties in Zeeland aanzienlijk hoger liggen dan het landelijk gemiddelde (Zeeuws Platform Bodembeheer, 2010).

In Zeeland komt arseen voornamelijk voor in ijzerhydroxides (het zogenaamde "roest-type"). Tevens komt arseen voor in het mineraal glauconiet in Zeeuws Vlaanderen ("groenzand-type") (Nieuwenhuis & Gunnink, 2005). In Zeeland is het voorkomen van arseen in pyriet (ijzersulfide) ("pyriet-type") van minder belang. Arseen in glauconiet wordt slechts zeer moeilijk gemobiliseerd en ook dit type arseenvoorkomen speelt een geringe rol.

IJzerhydroxides worden gevormd door het neerslaan van opgelost ijzer met zuurstof. De meest voorkomende situatie waarin dit gebeurd is als gereduceerd water met opgelost ijzer in contact komt met zuurstof of zuurstofhoudend water. Het eveneens aanwezige arseen wordt geadsorbeerd aan de ijzerhydroxides, of in de structuur van ijzerhydroxides ingebouwd.

Arseen dat gebonden is aan ijzerhydroxides komt vrij als de milieuomstandigheden reducerend worden. Bij het vrijkomen van ijzerhydroxiden onder reducerende omstandigheden zullen de opgenomen sporenelementen,

waaronder arseen, vrijkomen in het water (Gunnink, Nieuwenhuis, Postma, & Stax, 2003). Verhoogde fosfaat- en bicarbonaatgehalten kunnen tevens tot gevolg hebben dat arseen wordt gemobiliseerd uit ijzerhydroxides (Nieuwenhuis & Gunnink, 2005). Arseen dat is geadsorbeerd aan ijzerhydroxides blijft immobiel onder de normaal voorkomende pH-omstandigheden. Zowel onder hoge (> 8.5) als lage (< 3) pH's gaat ijzer, en eventueel daarmee geassocieerde arseen, weer in oplossing, waarbij arseen kan vrijkomen (Henkel & Polette, 1999). De pH van het Veerse Meer is 8,2 en daarom is van een pH-effect in het Veerse Meer geen sprake.

Mobilisatie van arseen onder reducerende omstandigheden is precies het tegenovergestelde van wat gebeurt bij arseen van het "pyriet-type". Pyriet wordt juist geoxideerd onder zuurstofhoudende omstandigheden, waarbij het arseen vrijkomt (Barringer & Reilly, 2013).

Een overzicht van arseenvoorkomens in Nederland en processen die tot mobilisatie van arseen leiden kan gevonden worden in Stuyfzand & Bonte (2023).

#### Zuurstofgehalte Veerse Meer

Het water van het Veerse Meer vertoonde voor de openstelling van de Katse Heule in 2004 een sterke stratificatie. De diepe delen (>10m) van het water raakten in de zomer zuurstofloos. Na openstelling van de Katse Heule in 2004 laten de zuurstofprofielen op de diverse punten in het Veerse Meer (Prins & Vergouwen, 2015) veel minder stratificatie zien, waarbij ook in de diepste delen het zuurstofgehalte nog nauwelijks onder 4 mg/L daalt.

In het meest westelijke deel van het Veerse Meer, waar de minste menging met water uit de Katse Heule plaatsvindt, laat TSO meetpunt Vrouwenpolder zien dat in de periode 2011-2014 in juni de zuurstofconcentratie op meer dan 20 m diepte tot tussen 1 en 2 mg/L daalde. Bij dergelijke zuurstofconcentraties worden ijzer(hydr)oxides nog niet gereduceerd. In de periode 2005-2008 was de zuurstofconcentratie op dit punt en deze diepte tussen ca. 5 en 8 mg/L. Vanaf juli stijgen de zuurstofconcentraties weer. Aangenomen moet worden dat het water van het Veerse Meer, ook op grote diepte, tegenwoordig aerob is en dat ijzeroxides niet in oplossing gaan.

TenneT geeft aan dat aanleg tussen september en mei worden uitgevoerd. Juist in deze periode zijn de zuurstofgehalten van het Veerse Meer het hoogst.

#### Opgelost arseen

In water komt arseen voor in opgeloste vorm als As<sup>3+</sup> (arseniet) en As<sup>5+</sup> (arsenaat). Onder zuurstofhoudende omstandigheden, zoals in het Veerse Meer, is arsenaat het meest voorkomende type. Beide kationen adsorberen aan vaste stoffen zoals ijzeroxiden en kleideeltjes. Onder zuurstofhoudende omstandigheden zijn vooral de ijzeroxiden van belang voor de adsorptie en (im)mobilisatie van arsenaat.

Opgelost arseen zal in evenwicht zijn met aan lutum en ijzeroxiden adsorbeerd arseen. De verdelingscoëfficiënt voor opgelost en geadsorbeerd arseen is gegeven in Beleidsregels voor lozing op oppervlaktewater door storting van baggerspecie in Wm-vergunningplichtige winputten (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2010)<sup>1</sup>. Bij een pH van 8,2, die representatief is voor het Veerse Meer (Arcadis, 2023), is de K<sub>d</sub> 5,9 L/kg. Dit is een die is bepaald voor zandige afzettingen (Schmidt, et al., 2002), dus adsorptie aan organische stof is hierbij verwaarloosd.

In het water van het Veerse Meer komen ter plaatse van het meetpunt Soelekerkepolder Oost verhoogde concentraties opgelost arseen voor. Tussen 2009 en 2021 was de gemiddelde arseenconcentratie 2,3 µg/L ([Soelekerkepolder oost - Rijkswaterstaat Waterinfo \(rws.nl\)](#)). Voor zout oppervlaktewater is dit ruimschoots hoger dan de JG-MKN en de MAC-MKN. Er komt dus veel opgelost arseen voor in het water van het Veerse Meer, wat aansluit bij de verwachting dat in Zeeland van nature veel arseen in de bodem voorkomt en arseenverbindingen goed oplosbaar zijn in het oppervlaktewater van het Veerse Meer. De jaargemiddelde gehalten van arseen in polderwater bij gemalen rond het Veerse Meer waren in 1999 ruim een orde van grootte hoger dan de concentraties in het Veerse Meer (Holland, 2004). Aanvoer van arseen met het polderwater is daarom een aannemelijk bron voor de hoge arseenconcentraties in het water van het Veerse Meer.

---

<sup>1</sup> In deze beleidsregel is een min-teken weggefallen in de formule voor de berekening van de K<sub>d</sub>-waarde voor arseen. Zonder dit min-teken wordt een extreem hoge K<sub>d</sub>-waarde berekend. Dat is niet correct.

Voor arseen zijn in het genoemde onderzoek geen speciatieberekeningen uitgevoerd. Arseen kan onder natuurlijke omstandigheden in een zeer groot aantal (tientallen) verbindingen voorkomen en speciatieberekeningen voor arseen zijn daarom niet erg betrouwbaar. Ten behoeve van dit memo is een berekening gedaan met PHREEQC V3 (Parkhurst & Appelo, 2013) en de Wateq4f-database met aangepaste data voor arseen (Nordstrom & Archer, 2002). Deze berekening leidt tot de conclusie dat in het Veerse Meer de arseenvoorkomens  $\text{As}_2\text{O}_3$  (arsenoliet, de kubische kristalvorm van arseen(III)oxide),  $\text{As}_2\text{O}_3$  (claudetiet, de monocline kristalvorm van arseen(III)oxide),  $\text{As}_2\text{O}_5$  (arseen(V)oxide), zuiver arseen (As),  $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$  (calciumarsenaat),  $\text{Mn}_3(\text{AsO}_4)_2$  (mangaanarsenaat) en  $\text{FeAsO}_4$  (scorodiet, ijzerarsenaat) allen goed oplosbaar zijn. Een neerslag vanuit de opgeloste fase van vaste arseenverbindingen kan daarom niet worden verwacht. Dezelfde berekening laat zien dat ijzer(hydr)oxiden in het Veerse Meer juist wel zullen neerslaan (of niet in oplossing gaan). Opgelost arseen, dat met polderwater wordt aangevoerd, zal gebonden aan of ingebouwd in de ijzer(hydr)oxiden neerslaan.

### Tussenconclusies

- Er komen arseenconcentraties tot 27 mg/kg d.s. voor in de waterbodem van het Veerse Meer.
- Gezien de omstandigheden in Zeeland en de fysisch-chemische eigenschappen van het water in het Veerse Meer, zal dit arseen in de vaste fractie voornamelijk zijn ingesloten in en geadsorbeerd aan ijzer(hydr)oxiden en lutum.
- In het oppervlaktewater van het Veerse Meer komen relatief hoge concentraties opgelost arseen voor. Deze concentraties zijn waarschijnlijk veroorzaakt door de aanvoer van polderwater met nog hogere arseenconcentraties.
- Een speciatieberekening laat zien dat de meest voorkomende arseenverbindingen in het water van het Veerse Meer in opgeloste vorm zullen voorkomen. IJzer(hydr)oxiden slaan echter neer, waaraan en waarin arseen wordt geadsorbeerd. Er is daarom geen reden aan te nemen dat de ijzeroxiden in het slib in oplossing zullen gaan, waarbij het ingesloten en geadsorbeerde arseen zou vrijkomen.
- Het aan ijzeroxiden en lutum geadsorbeerd arseen in de slibverliezen zal uitgewisseld worden met opgelost arseen in het water volgens de uitwisselingscoëfficiënt  $K_d$ .

### Berekening toename arseenconcentratie

Het voorgaande laat zien dat het arseen in de waterbodem, dat via de slibverliezen bij het baggeren / jet trenchen in het oppervlaktewater komt, niet snel vrijkomt of gedesorbeerd raakt van de ijzeroxiden en lutum in het slib. Niettemin kan in een worst-case benadering worden geschat hoeveel arseen desorbeert van ijzeroxiden en lutum en in oplossing gaat:

- De grootste toename van de slibconcentratie is bepaald op 50 mg/L (Arcadis, 2023)<sup>2</sup>.
- De hoogst aangetroffen concentratie arseen in de waterbodemmonsters is 27 mg/kg d.s. (Arcadis, 2021)
- De  $K_d$ -waarde (de verdelingscoëfficiënt) voor het water in het Veerse Meer is 5,9 L/kg (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2010).
- De maximaal beschikbare hoeveelheid arseen is  $50 \text{ mg/L} \times 27 \times 10^{-3} \text{ mg/mg} = 1,35 \text{ } \mu\text{g/L}$ .
- Met de  $K_d$  wordt dan berekend dat circa 86% van het arseen geadsorbeerd is/blijft. De extra concentratie in het water wordt dan 0,2  $\mu\text{g/L}$ . Bij lagere slibverliezen is de extra concentratie ook proportioneel lager.

Hierbij kan verder worden opgemerkt:

- Er zijn 36 waterbodemmonsters geanalyseerd op arseen (Arcadis, 2021). In deze 36 monsters, kwam arseen in slechts 19 monsters boven de rapportagegrens (4 mg/kg d.s.) voor. Wanneer voor de monsters onder de rapportagegrens een concentratie van 3,2 mg/kg d.s. wordt aangehouden, dan is de mediaan concentratie in de waterbodem 4,2 mg/kg d.s. Dit is een factor 6,4 lager dan waarmee is gerekend in het bovenstaande voorbeeld.
- Er is, via het doorlaatmiddel Katse Heule, doorstroming in het Veerse Meer. De slibverliezen en de stoffen die daaruit eventueel vrijkomen worden daarom verdund in een veel groter volume water, dan waarin het slibverlies optreedt. Eventueel ontstane concentraties worden daardoor sterk verdund.

---

<sup>2</sup> Let op, dit betreft toename bij baggerwerkzaamheden voor Net op zee IJmuiden Ver Alpha. Voor Net op zee Nederwiek 1 is alleen sprake van jet trenchen en is een toename van 2 mg/l realistisch. De beschrijving is derhalve zeer worst case.

## Eindconclusie

De wijze waarop arseen in het slib is gebonden of geadsorbeerd voorkomt dat arseen in meetbare concentraties uit het slib vrijkomt. De ijzeroxiden waarin en waaraan arseen gebonden is zullen niet oplossen. Arseen kan alleen desorberen van het oppervlak van de ijzeroxide deeltjes en lutum. Dit resulteert, onder 'worst-case' aannames, in een maximale extra arseen concentratie in het water van 0,2 µg/L. Een meer realistische aanname door uit te gaan van de mediaan van de aangetroffen arseen concentraties resulteert in een concentratietoename van 0,03 µg/L ter plaatse van de ingreep.

## Referenties

- Arcadis. (2021). *Indicatief waterbodemonderzoek Veerse Meer. Net op zee - IJmuiden Ver Alpha*. Arnhem: Arcadis.
- Arcadis. (2023). *Net op zee Nederwiek 1. Verontreinigingsstudie Veerse Meer*. Arnhem: Arcadis.
- Barringer, J., & Reilly, P. (2013). Arsenic in Groundwater: A Summary of Sources and the Biogeochemical and Hydrogeologic Factors Affecting Arsenic Occurrence and Mobility. In P. Bradley (ed.), *Current Perspectives in Contaminant Hydrology and Water Resources Sustainability*. (pp. 83-116). ebook.
- Fraters, B., Bouwmans, L., & Prins, H. (2001). *Achtergrondconcentraties van 17 sporenmatalen in het grondwater van Nederland, RIVM rapport 711701017/2001*. Bilthoven: RIVM.
- Gunnink, J., Nieuwenhuis, R., Postma, S., & Stax, L. (2003). *Raamplan voor bodembeheer bij van nature verhoogde arseengehalten. Bouwstenen voor gebiedsgericht beleid*. Gouda: Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (SKB).
- Henkel, S., & Polette, D. (1999). *Arsenic in Ground Water of the Willamette Basin, Oregon. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 98-4205*. USGS Oregon Water Science Centre.
- Holland, A. (2004). *Veerse Meer aan de Oosterschelde. Toestand ecosysteem Veerse Meer vóór ingebruikname doorlaatmiddel. Rapport RIKZ/2004.007*. Middelburg: Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. (2010). *Beleidsregels voor lozing op oppervlaktewater door storting van baggerspecie in Wm-vergunningplichtige winputten*.
- Nieuwenhuis, R., & Gunnink, J. (2005). *Regionaal voorkomen van nature verhoogde gehalten aan arseen (en overige zware metalen) in de provincie Zeeland. NITG 05-138-B*. Utrecht: TNO.
- Nordstrom, D., & Archer, D. (2002). Arsenic thermodynamic data and environmental geochemistry. In A. Welch (ed), & K. Stollenwerk (ed), *Arsenic in Ground Water Chapter: 1* (pp. 1-25). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Parkhurst, D., & Appelo, C. (2013). *Description of input and examples for PHREEQC version 3: a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations*. Reston, VA: USGS Publications Warehouse.
- Prins, T., & Vergouwen, S. (2015). *Bekkenrapport Veerse Meer 2000-2014 ten behoeve van de Evaluatie Peilbesluit*. Utrecht: Deltares.
- Schmidt, C., Cornelissen, G., Cuypers, C., de Lange, W., van Vliet, K., & Vink, J. (2002). *Bepaling actueel risico van verspreiding via grondwater. Achtergronddocument in het kader van Richtlijn Nader Onderzoek Verontreinigde Waterbodems. AKWA rapport nr. 02.005. RIZA rapport nr. 2002.025*. Lelystad: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling/RIZA.
- Stuyfzand, P., & Bonte, M. (2023). A critical review of arsenic occurrence, fate and transport in natural and modified groundwater systems in The Netherlands. *Applied Geochemistry*, 150.
- Zeeuws Platform Bodembeheer. (2010). *Omgaan met hoge arseenconcentraties in grondwater. Achtergronddocument*.

# Net op Zee – Nederwiek 1

## **Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat**

Bijlage 13: Coördinaten platform en kabeltracé

Project  
**Nederwiek**

Cable name  
**Nederwiek 1**

Location  
-

Revision  
**RPLA07\_rev03**

Document Number  
**TTB-06949**

Document Type  
**ROUTE POSITION LIST  
Template v1.0**

Revision Date	2023-06-14
Issued by	101528



Position Number	KP [km]	Latitude [DDMM.MMMMM]	Longitude [DDMM.MMMMM]	Easting [m]	Northing [m]	Depth [m]	Centre_Easting [m]	Centre_Northing [m]	IP_Easting [m]	IP_Northing [m]	Radius [m]	Start Angle [°]	End Angle [°]	Clockwise [Y/N]	Comment	Crossing Angle [°]
1	0,000	51° 31,308797' N	003° 43,237590' E	549996,48	5708101,24											
2	0,014	51° 31,312982' N	003° 43,227952' E	549985,26	5708108,89		549987,74	5708112,52	549984,02	5708109,73	4,4	214,3	252,0	Y		
3	0,017	51° 31,314218' N	003° 43,226497' E	549983,56	5708111,16											
4	0,018	51° 31,315030' N	003° 43,226088' E	549983,07	5708112,66		549979,35	5708112,08	549982,56	5708115,96	-3,8	81,2	358,0	N		
5	0,024	51° 31,316765' N	003° 43,222790' E	549979,22	5708115,84											
6	0,026	51° 31,316709' N	003° 43,220744' E	549976,86	5708115,71		549976,62	5708120,10	549973,21	5708115,51	4,4	176,9	256,4	Y		
7	0,032	51° 31,318544' N	003° 43,216870' E	549972,35	5708119,07											
8	0,034	51° 31,319428' N	003° 43,216542' E	549971,95	5708120,71		549968,45	5708119,86	549971,25	5708123,61	-3,6	76,4	356,9	N		
9	0,039	51° 31,320930' N	003° 43,213371' E	549968,26	5708123,45											
10	0,041	51° 31,320868' N	003° 43,211162' E	549965,70	5708123,31		549965,46	5708127,71	549962,33	5708123,13	4,4	176,9	252,0	Y		
11	0,047	51° 31,322527' N	003° 43,207364' E	549961,28	5708126,35											
12	0,049	51° 31,323717' N	003° 43,206765' E	549960,57	5708128,54		549957,14	5708127,43	549959,71	5708131,18	-3,6	72,0	356,9	N		
13	0,054	51° 31,325075' N	003° 43,203657' E	549956,95	5708131,03											
14	0,056	51° 31,325018' N	003° 43,201611' E	549954,58	5708130,90		549954,36	5708135,38	549952,94	5708130,82	4,5	177,2	217,4	Y		
15	0,060	51° 31,325528' N	003° 43,199071' E	549951,64	5708131,81											
16	0,069	51° 31,328394' N	003° 43,192467' E	549943,95	5708137,05										DoB borders - Shore line - VM South	68,2
17	0,073	51° 31,329548' N	003° 43,189807' E	549940,85	5708139,16		550006,87	5708214,27	549935,08	5708144,23	100,0	221,3	230,1	Y		
18	0,088	51° 31,335524' N	003° 43,180644' E	549930,15	5708150,13	-1,6										
19	0,118	51° 31,348707' N	003° 43,164873' E	549911,67	5708174,39	-3,4	549799,68	5708074,60	549908,69	5708177,73	-150,0	48,3	44,9	N		
20	0,127	51° 31,352246' N	003° 43,159610' E	549905,52	5708180,89	-4,2	549799,68	5708074,60	549819,69	5708266,36	-150,0	44,9	327,0	N	DoB borders - Navigational Area VM - border A	66,5
21	0,331	51° 31,363793' N	003° 42,997667' E	549718,06	5708200,45	-6,2										
22	0,340	51° 31,361275' N	003° 42,991309' E	549710,75	5708195,71	-6,0										
23	0,349	51° 31,358694' N	003° 42,985061' E	549703,58	5708190,86	-5,7										
24	0,350	51° 31,358266' N	003° 42,984063' E	549702,43	5708190,05	-5,7										
25	0,365	51° 31,353421' N	003° 42,973601' E	549690,42	5708180,96	-5,5	549846,23	5707985,58	549657,60	5708154,78	-249,9	321,4	302,4	N		
26	0,448	51° 31,320466' N	003° 42,925273' E	549635,14	5708119,33	-5,7										
27	0,511	51° 31,291669' N	003° 42,897220' E	549603,22	5708065,63	-6,6	549390,21	5708196,31	549588,37	5708041,43	249,9	121,5	134,5	Y		
28	0,567	51° 31,267872' N	003° 42,866802' E	549568,48	5708021,18	-6,2										
29	0,592	51° 31,258820' N	003° 42,850755' E	549550,09	5708004,22	-6,3	549431,45	5708132,88	549541,51	5707996,31	175,0	137,3	145,0	Y		
30	0,616	51° 31,251034' N	003° 42,834957' E	549531,96	5707989,61	-6,1										
31	0,765	51° 31,205326' N	003° 42,728330' E	549409,49	5707903,69	-6,2										
32	0,886	51° 31,166705' N	003° 42,644348' E	549313,07	5707831,16	-6,8	549207,86	5707971,02	549300,55	5707821,74	175,0	143,1	153,3	Y		
33	0,917	51° 31,157963' N	003° 42,621282' E	549286,56	5707814,70	-7,0										
34	0,925	51° 31,156109' N	003° 42,615233' E	549279,59	5707811,19	-7,2	549200,90	5707967,51	549272,88	5707807,81	175,0	153,3	158,2	Y		
35	0,940	51° 31,152851' N	003° 42,603340' E	549265,90	5707805,02	-7,2										
36	1,055	51° 31,130357' N	003° 42,510608' E	549159,07	5707762,29	-7,9										
37	1,194	51° 31,105546' N	003° 42,397517' E	549028,74	5707715,04	-9,9	548969,09	5707879,57	549018,61	5707711,37	175,0	160,1	167,1	Y		
38	1,215	51° 31,102377' N	003° 42,379632' E	549008,11	5707708,96	-9,8										
39	1,251	51° 31,098271' N	003° 42,349523' E	548973,37	5707701,02	-10,1	548934,34	5707871,62	548963,12	5707698,67	175,0	167,1	174,0	Y		
40	1,272	51° 31,096520' N	003° 42,331594' E	548952,67	5707697,57	-9,9										
41	1,308	51° 31,094677' N	003° 42,300662' E	548916,93	5707693,81	-9,3	548898,61	5707867,86	548906,47	5707692,71	175,0	174,0	180,9	Y		
42	1,329	51° 31,094277' N	003° 42,282522' E	548895,96	5707692,87	-8,8										
43	1,385	51° 31,094761' N	003° 42,251244' E	548859,78	5707693,42	-8,4	548862,43	5707868,41	548849,49	5707693,57	175,0	180,9	187,6	Y		
44	1,385	51° 31,095685' N	003° 42,233531' E	548839,28	5707694,93	-8,5										
45	1,504	51° 31,104762' N	003° 42,131949' E	548721,65	5707710,63	-8,1	548744,80	5707884,10	548713,93	5707711,66	175,0	187,6	192,7	Y		
46	1,520	51° 31,106321' N	003° 42,118718' E	548706,32	5707713,37	-8,4										
47	1,659	51° 31,123526' N	003° 42,001586' E	548570,57	5707743,96	-8,7	548609,04	5707914,69	548562,61	5707745,76	175,0	192,7	198,0	Y		
48	1,675	51° 31,125938' N	003° 41,988033' E	548554,85	5707748,28	-8,9										
49	1,832	51° 31,152886' N	003° 41,859567' E	548405,82	5707796,81	-11,0	548460,01	5707963,22	548393,85	5707800,71	175,0	198,0	206,3	Y		
50	1,857	51° 31,158115' N	003° 41,839526' E	548382,55	5707806,29	-11,6										
51	1,860	51° 31,158935' N	003° 41,836927' E	548379,53	5707807,78	-11,7	548456,99	5707964,71	548374,43	5707810,29	175,0	206,3	210,0	Y		
52	1,872	51° 31,161879' N	003° 41,828299' E	548369,50	5707813,14	-11,9										
53	1,992	51° 31,194772' N	003° 41,738923' E	548265,57	5707873,12	-14,5	548353,06	5708024,70	548253,06	5707880,35	175,0	210,0	219,4	Y		
54	2,021	51° 31,203744' N	003° 41,718582' E	548241,89	5707889,53	-15,0										
55	2,039	51° 31,210172' N	003° 41,706293' E	548227,57	5707901,31	-15,4										
56	2,274	51° 31,299620' N	003° 41,562807' E	548060,08	5708065,53	-18,2	548182,61	5708190,49	548046,47	5708078,87	175,0	224,4	236,9	Y		
57	2,312	51° 31,315548' N	003° 41,542273' E	548036,06	5708094,83	-17,7										
58	2,608	51° 31,450082' N	003° 41,404380' E	547874,26	5708342,69	-14,5										
59	2,996	51° 31,633549' N	003° 41,242878' E	547694,33	5708680,99	-13,2	547836,93	5708766,67	547679,86	5708688,94	175,0	240,7	246,7	Y		
60	3,014	51° 31,642399' N	003° 41,236023' E	547676,25	5708697,32	-13,1										
61	3,376	51° 31,822326' N	003° 41,114727' E	547532,89	5709029,51	-11,9										
62	4,227	51° 32,261908' N	003° 40,902213' E	547279,61	5709841,99	-8,7	547447,35	5709891,87	547269,62	5709875,59	175,0	253,4	276,1	Y		
63	4,296	51° 32,298862' N	003° 40,897339' E	547273,34	5709910,44	-8,5										
64	4,411	51° 32,360378' N	003° 40,908792' E	547285,52	5710024,58	-9,2										
65	4,664	51° 32,496474' N	003° 40,927889' E	547305,24	5710277,05	-10,6	547080,93	5710294,57	547306,64	5710294,99	-225,0	94,5	85,3	N		
66	4,700	51° 32,515833' N	003° 40,928121' E	547305,17	5710312,93	-10,5										
67	4,914	51° 32,631334' N	003° 40,914689' E	547287,65	5710526,87	-9,8										
68	5,034	51° 32,695453' N	003° 40,902463' E	547272,41	5710645,59	-10,3	547049,24	5710616,94	547270,06	5710663,89	-225,0	82,7	73,3	N		
69	5,071	51° 32,714902' N	003° 40,896134' E	547264,76	5710681,57	-11,2										
70	5,077	51° 32,717903' N	003° 40,894739' E	547263,10	5710687,12	-11,3	547047,58	5710622,49	547257,37	5710706,23	-225,0	73,3	63,2	N		
71	5,117	51° 32,737893' N	003° 40,882288' E	547248,36	5710724,04	-11,5										
72	5,232	51° 32,793854' N	003° 40,837940' E	547196,15	5710827,28	-11,4	546995,36	5710725,74	547187,34	5710844,70	-225,0	63,2	53,3	N		
73	5,271	51° 32,811791' N	003° 40,820481' E	547175,66	5710860,34	-11,3										
74	5,276	51° 32,813966' N	003° 40,817926' E	547172,67	57											



128	11,494	51° 35,233279' N	003° 38,499640' E	544454,15	5715324,46	-6,2	544560,48	5715249,67	544505,21	5715397,06	130,0	305,1	13,8	Y		
129	11,650	51° 35,260398' N	003° 38,618907' E	544591,41	5715375,94	-3,7										
130	11,698	51° 35,253965' N	003° 38,659467' E	544638,35	5715364,43	-4,7	544756,24	5715850,33	544689,58	5715352,00	-500,0	193,6	181,6	N		
131	11,803	51° 35,245972' N	003° 38,749362' E	544742,28	5715350,53	-4,3	544756,24	5715850,33	544755,98	5715350,14	-500,0	181,6	178,5	N	DoB borders - Navigational Area VM - border B	73,6
132	11,830	51° 35,245833' N	003° 38,773084' E	544769,67	5715350,51											
133	11,854	51° 35,246040' N	003° 38,793861' E	544793,66	5715351,11										DoB borders - Shore line - VM North	82,4
134	11,886	51° 35,246315' N	003° 38,821371' E	544825,42	5715351,90		544825,05	5715366,89	544839,57	5715352,25	-15,0	178,6	91,9	N		
135	11,909	51° 35,254066' N	003° 38,834142' E	544840,04	5715366,39											
136	11,939	51° 35,270361' N	003° 38,835242' E	544841,04	5715396,61		544836,04	5715396,78	544841,10	5715398,43	-5,0	91,9	51,9	N		
137	11,943	51° 35,272122' N	003° 38,834345' E	544839,98	5715399,87											
138	11,945	51° 35,273072' N	003° 38,833168' E	544838,60	5715401,61		544842,53	5715404,70	544837,73	5715402,73	5,0	231,8	263,5	Y		
139	11,948	51° 35,274437' N	003° 38,832290' E	544837,57	5715404,13											
140	11,950	51° 35,275792' N	003° 38,832061' E	544837,28	5715406,65		544842,25	5715407,21	544837,04	5715408,78	5,0	263,5	309,9	Y		
141	11,954	51° 35,277823' N	003° 38,833070' E	544838,41	5715410,42											
142	11,958	51° 35,279333' N	003° 38,835132' E	544840,77	5715413,24		544836,93	5715416,45	544842,18	5715414,93	-5,0	129,9	82,3	N		
143	11,962	51° 35,281420' N	003° 38,836130' E	544841,89	5715417,12											
144	11,968	51° 35,284865' N	003° 38,835430' E	544841,02	5715423,50		544836,07	5715422,82	544840,71	5715425,77	-5,0	82,3	33,0	N		
145	11,973	51° 35,286776' N	003° 38,835232' E	544838,79	5715427,02											
146	11,977	51° 35,288170' N	003° 38,830139' E	544834,86	5715429,57		544837,58	5715433,76	544832,87	5715430,86	5,0	213,0	263,6	Y		
147	11,982	51° 35,290143' N	003° 38,828220' E	544832,61	5715433,21											
148	11,984	51° 35,291340' N	003° 38,828022' E	544832,36	5715435,42		544837,33	5715435,98	544832,16	5715437,16	5,0	263,6	302,3	Y		
149	11,987	51° 35,293077' N	003° 38,828688' E	544833,10	5715438,65											
150	11,989	51° 35,293599' N	003° 38,829228' E	544833,72	5715439,62		544829,49	5715442,29	544834,40	5715440,70	-5,0	122,3	93,6	N		
151	11,991	51° 35,294866' N	003° 38,829906' E	544834,48	5715441,98											
152	12,338	51° 35,481415' N	003° 38,851443' E	544856,28	5715787,98											
153	12,429	51° 35,530395' N	003° 38,860537' E	544865,98	5715878,86	2,5										
154	12,571	51° 35,606212' N	003° 38,876297' E	544882,93	5716019,55	0,8									DoB border - Baseline LAT 0 m	73,8
155	13,234	51° 35,961118' N	003° 38,950086' E	544962,28	5716678,14	-5,0	540978,87	5717023,81	544978,67	5716867,11	-3998,4	95,0	89,5	N		
156	13,613	51° 36,165307' N	003° 38,965848' E	544977,11	5717056,78	-11,3										
157	14,006	51° 36,377251' N	003° 38,965169' E	544972,84	5717449,63	-12,7										
158	14,006	51° 36,377286' N	003° 38,965169' E	544972,83	5717449,69	-12,7										
159	14,100	51° 36,427801' N	003° 38,965007' E	544971,82	5717543,32	-13,0	542671,95	5717518,30	544961,11	5718527,69	-2300,0	89,4	43,0	N		
160	15,960	51° 37,324709' N	003° 38,344860' E	544241,54	5719199,49	-18,2										
161	17,216	51° 37,791274' N	003° 37,555746' E	543323,68	5720056,42	-15,5									DoB border - 3 km border	58,3
162	18,157	51° 38,140735' N	003° 36,964418' E	542636,07	5720698,38	-10,9										
163	18,164	51° 38,143665' N	003° 36,959459' E	542630,31	5720703,76	-11,1										
164	18,252	51° 38,178498' N	003° 36,908766' E	542571,29	5720767,83	-10,9										
165	19,190	51° 38,553876' N	003° 36,362352' E	541935,28	5721458,36	-12,0										
166	19,221	51° 38,566218' N	003° 36,344382' E	541914,37	5721481,07	-12,0	540297,55	5719991,89	541867,18	5721532,30	-2198,1	47,4	43,7	N		
167	19,360	51° 38,620261' N	003° 36,260538' E	541816,85	5721580,44	-12,3	539750,53	5719137,01	541697,22	5721681,61	-3200,0	40,2	34,6	N		
168	19,674	51° 38,723955' N	003° 36,046360' E	541568,27	5721770,60	-12,5										
169	21,228	51° 39,237798' N	003° 34,980627' E	540331,69	5722713,10	-10,7	541614,07	5724511,46	539346,76	5723415,44	2208,8	215,5	272,9	Y		
170	23,442	51° 40,272360' N	003° 34,192601' E	539408,17	5724623,58	-10,8										
171	23,467	51° 40,285826' N	003° 34,196490' E	539412,45	5724648,57	-10,6	537254,93	5725078,79	539452,46	5724849,21	-2200,0	101,3	90,7	N		
172	23,875	51° 40,504241' N	003° 34,235966' E	539454,79	5725053,78	-9,3										
173	24,165	51° 40,660087' N	003° 34,221052' E	539435,34	5725342,52	-9,7	537261,66	5725003,26	539364,47	5725796,58	-2200,0	81,1	57,5	N		
174	25,071	51° 41,115525' N	003° 33,951144' E	539117,77	5726184,30	-10,2										
175	25,842	51° 41,469682' N	003° 33,600207' E	538708,40	5726837,65	-10,9										
176	26,228	51° 41,844927' N	003° 33,418900' E	538497,05	5727160,88	-11,5	538831,84	5727379,78	538482,88	5727182,56	400,0	236,8	244,2	Y		
177	26,280	51° 41,869308' N	003° 33,397121' E	538471,62	5727205,88	-11,4										
178	27,625	51° 42,325437' N	003° 32,897185' E	537886,59	5728417,72	-10,0	539597,64	5729243,75	537751,94	5728696,63	1900,0	244,2	262,8	Y		
179	28,239	51° 42,642338' N	003° 32,750132' E	537712,84	5729003,86	-9,6										
180	28,923	51° 43,008375' N	003° 32,679605' E	537626,56	5729681,75	-5,8	539511,36	5729921,63	537575,08	5730086,31	1900,0	262,8	287,0	Y		
181	29,726	51° 43,436768' N	003° 32,743459' E	537694,15	5730476,37	-10,3										
182	30,161	51° 43,660686' N	003° 32,856486' E	537821,15	5730892,40	-11,8	539638,47	5730338,06	537849,88	5730986,60	1900,0	287,0	292,9	Y		
183	30,358	51° 43,760180' N	003° 32,915947' E	537888,21	5731077,33	-12,2										
184	31,009	51° 44,052745' N	003° 33,223619' E	538238,24	5731622,31	-11,6										
185	31,965	51° 44,430209' N	003° 33,789936' E	538884,63	5732326,97	-10,7	538073,88	5733070,39	538923,70	5732369,58	-1100,0	132,5	126,5	N		
186	32,081	51° 44,477955' N	003° 33,854363' E	538958,08	5732416,04	-10,7										
187	32,194	51° 44,526985' N	003° 33,913761' E	539025,73	5732507,46	-11,0										
188	33,720	51° 45,184917' N	003° 34,711085' E	539933,56	5733734,20	-11,2	538165,14	5735042,89	540059,04	5733903,75	-2200,0	126,5	115,6	N		
189	34,141	51° 45,378115' N	003° 34,901709' E	540150,01	5734094,06	-10,9	538165,14	5735042,89	540190,60	5734178,97	-2200,0	115,6	110,7	N	DoB border - RBBD 01	90,0
190	34,329	51° 45,471119' N	003° 34,967049' E	540223,80	5734267,05	-10,7										
191	37,758	51° 47,196745' N	003° 36,041172' E	541433,04	5737475,72	-18,6									DoB border - RBBD 02	90,0
192	38,172	51° 47,405269' N	003° 36,171068' E	541579,18	5737863,48	-20,6									Doorgaande NAP -20m lijn	24,7
193	42,325	51° 49,494823' N	003° 37,473926' E	543043,63	5741749,34	-25,1										
194	42,483	51° 49,574260' N	003° 37,523499' E	543099,31	5741897,08	-24,5										
195	43,976	51° 50,325395' N	003° 37,992402' E	543625,78	5743294,06	-19,6	544093,66	5743117,73	543630,77	5743307,29	500,0	290,7	293,9	Y		
196	44,004	51° 50,339455' N	003° 38,001928' E	543636,50	5743320,21	-19,2										
197	46,023	51° 51,331566' N	003° 38,728295' E	544454,26	5745166,55	-16,2	543997,10	5745369,03	544459,99	5745179,47	-500,0	113,9	110,7	N		
198	46,052	51° 51,345624' N	003° 38,737828' E	544464,97	5745192,70	-15,6										
199	46,339	51° 51,490189' N	003° 38,828188' E	544566,31	5745461,59	-16,7										
200	47,000	51° 51,822925' N	003° 39,036205' E	544799,56	5746080,49	-18,1	545267,43	5745904,16	544820,15	5746135,14	500,0	290,7	304,0	Y	CX IS KB0020 BRITNED route BritNed (TenneT and National Grid) van Maasvlakte2 – Isle of Grain, Power cable DC	51,0
201	47,117	51° 51,878266' N	003° 39,083379' E	544852,78	5746183,56	-16,2	548833,20									

252	99.687	52° 17,092186' N	003° 31,455917' E	535762,07	5792852,44	-30,8	536461,76	5792873,39	535758,29	5792978,66	700,0	268,3	288,7	Y		
253	99.937	52° 17,224629' N	003° 31,489834' E	535798,85	5793098,24	-27,8										
254	100.748	52° 17,638068' N	003° 31,724004' E	536059,47	5793866,60	-28,1	533881,35	5794605,38	536168,56	5794188,24	-2300,0	108,7	91,9	N		
255	101.423	52° 17,994184' N	003° 31,834332' E	536180,03	5794527,68	-29,3										
256	102.253	52° 18,441792' N	003° 31,864374' E	536208,09	5795357,71	-29,8									CX OOS KB0019 UK-NL 6 KPN, from Katwijk (NL) to Covehite (UK) Telecom coaxial	87,6
257	103.389	52° 19,054228' N	003° 31,905495' E	536246,48	5796493,38	-29,6									CX OOS KB0033 Hermes1 GTS, from Zandvoort (NL) to Aalsbeurh (UK) Telecom fiberoptic	85,4
258	107.216	52° 21,116704' N	003° 32,044126' E	536375,76	5800317,95	-28,7									CX OOS KB0066 Rijn3 KPN Veurne (B) to Egmond (NL) telecom, fiberglass CX OOS KB0018 TAT14 segment I, British telecom from Katwijk (NL) to Saint Valery en Caux (F) fiberoptic, telecom (is OOS but the corridor is likely to be reused)	25,9
259	107.676	52° 21,364647' N	003° 32,060807' E	536391,30	5800777,73	-28,7										83,4
260	108.841	52° 21,992258' N	003° 32,103046' E	536430,64	5801941,56	-29,3	536930,35	5801924,67	536433,51	5802026,62	500,0	271,9	291,3	Y		
261	109.009	52° 22,080789' N	003° 32,133840' E	536464,37	5802105,94	-30,5										
262	109.549	52° 22,351134' N	003° 32,309438' E	536659,90	5802608,58	-31,3	536193,92	5802789,85	536692,11	5802691,38	-500,0	111,3	91,1	N		
263	109.724	52° 22,443572' N	003° 32,340461' E	536693,82	5802780,21	-29,8										
264	110.062	52° 22,625414' N	003° 32,348408' E	536700,33	5803117,38	-27,8										
265	110.131	52° 22,662756' N	003° 32,350040' E	536701,66	5803186,61	-30,6									CX IS KB0030 Ulysses2 MCI World Com form IJmuiden (NL) to Lowesoft (UK) fiberoptic, telecom	76,3
266	110.263	52° 22,733863' N	003° 32,353148' E	536704,21	5803318,46	-29,1	536204,30	5803328,10	536705,08	5803363,67	-500,0	91,1	80,8	N		
267	110.353	52° 22,782354' N	003° 32,348113' E	536697,82	5803408,31	-30,0										
268	110.739	52° 22,988138' N	003° 32,296029' E	536635,90	5803789,36	-31,7									PX IS PL0173_PR Dana Petroleum Netherlands B.V. from P11B DeRuyter to Afkanking naar P15-D gasspise, 8 inch	86,8
269	111.663	52° 23,480674' N	003° 32,171336' E	536487,68	5804701,38	-30,9	536981,21	5804781,58	536481,21	5804741,22	500,0	260,8	270,0	Y		
270	111.744	52° 23,523963' N	003° 32,166152' E	536481,21	5804781,58	-29,8										
271	113.287	52° 24,356720' N	003° 32,176246' E	536481,21	5806325,45	-28,5									CX IS KB0045 Circe 1 North, Viatel UK Ltd from Zandvoort (NL) to Lowesoft (UK) fiberoptic, telecom	82,4
272	113.640	52° 24,546870' N	003° 32,178552' E	536481,21	5806677,97	-30,6	536981,21	5806677,97	536481,21	5806707,62	500,0	270,0	276,8	Y		
273	113.699	52° 24,578732' N	003° 32,182030' E	536484,71	5806737,07	-29,7										
274	114.740	52° 25,135604' N	003° 32,297297' E	536607,70	5807770,38	-32,0	536111,21	5807829,48	536611,21	5807799,83	-500,0	96,8	90,0	N		
275	114.799	52° 25,167465' N	003° 32,300777' E	536611,21	5807829,48	-31,5										
276	115.045	52° 25,300345' N	003° 32,302396' E	536611,21	5808075,83	-29,2									CX IS KB0003 Concerto1 Segment 1 North Flute Ltd from Zandvoort (NL) to Sizewell (UK) telecom	84,5
277	115.201	52° 25,384427' N	003° 32,303420' E	536611,21	5808231,71	-28,1	537111,21	5808231,71	536611,21	5808299,83	500,0	270,0	285,5	Y		
278	115.337	52° 25,456499' N	003° 32,320376' E	536629,43	5808365,46	-27,2										
279	115.462	52° 25,521562' N	003° 32,350779' E	536662,99	5808486,33	-31,1	536181,21	5808620,08	536681,21	5808551,97	-500,0	105,5	90,0	N		
280	115.597	52° 25,593634' N	003° 32,367738' E	536681,21	5808620,09	-30,4										
281	115.779	52° 25,691783' N	003° 32,368936' E	536681,21	5808802,05	-28,8									CX As planned KB0115 Circe north 2 replacement / ZEUS, Zayo, from Zandvoort (NL) to UK, telecom fiberoptic	89,9
282	116.433	52° 26,044325' N	003° 32,373241' E	536681,21	5809455,64	-29,7	536181,21	5809455,64	536681,21	5809486,42	-500,0	90,0	83,0	N		
283	116.495	52° 26,077426' N	003° 32,370312' E	536677,43	5809516,98	-28,6										
284	118.347	52° 27,070050' N	003° 32,181783' E	536450,16	5811355,54	-29,6	535953,94	5811294,21	536446,76	5811383,09	-500,0	83,0	76,6	N		
285	118.403	52° 27,099506' N	003° 32,173457' E	536440,33	5811410,08	-29,8										
286	119.026	52° 27,426962' N	003° 32,049948' E	536295,95	5812016,10	-31,5	534350,40	5811552,59	536262,43	5812156,79	-2000,0	76,6	68,3	N		
287	119.314	52° 27,575700' N	003° 31,974978' E	536209,02	5812291,20	-31,2										
288	119.640	52° 27,739206' N	003° 31,870877' E	536088,90	5812593,45	-27,1	534230,29	5811854,84	536060,98	5812663,72	-2000,0	68,3	64,0	N		
289	119.791	52° 27,814007' N	003° 31,817839' E	536027,83	5812731,68	-29,4										
290	120.742	52° 28,276850' N	003° 31,454985' E	535610,74	5813586,72	-29,7									CX IS KB0074 Atlantic Crossing 1 Segment B1 Global Crossing, from castricum (NL) to Whitesand (UK) fiberlas telecom	89,5
291	121.057	52° 28,430087' N	003° 31,334821' E	535472,65	5813869,81	-24,2	535922,03	5814089,02	535471,31	5813983,26	500,0	244,0	272,3	Y		
292	121.304	52° 28,559505' N	003° 31,292006' E	535422,45	5814109,38	-27,8										
293	121.625	52° 28,732081' N	003° 31,305570' E	535435,49	5814429,42	-30,7	535935,08	5814409,06	535436,66	5814458,01	500,0	272,3	278,9	Y		
294	121.682	52° 28,762727' N	003° 31,310866' E	535441,07	5814486,28	-30,0										
295	121.877	52° 28,866517' N	003° 31,338697' E	535471,19	5814678,92	-30,3									CX OOS KB0015 Rembrandt 1 KPNQwest from Beverwijk (NL) to Lowesoft (UK) fiberoptic, telecom	55,3
296	121.973	52° 28,917975' N	003° 31,352496' E	535486,11	5814774,42	-31,0									CX As Laid KB0113 Soyila HDD EU Networks, from IJmuiden (NL) to Lowesoft (UK), telecom, fiberoptic CX IS KB0029 Pangea Segment 2 Alcatel Submarine Networks, from Lowesoft (UK) to Egmond (NL) fiberoptic, telecom (is OOS but may be placed in service in the future)	61,2
297	122.549	52° 29,224546' N	003° 31,434719' E	535575,05	5815343,43	-31,7										55,3
298	128.262	52° 32,265221' N	003° 32,251297' E	536457,22	5820987,19	-28,9	534481,21	5821296,06	536481,21	5821140,69	-2000,0	98,9	90,0	N		
299	128.572	52° 32,431721' N	003° 32,274557' E	536481,21	5821296,06	-28,6										
300	131.499	52° 34,010462' N	003° 32,293869' E	536481,21	5824223,00	-31,0	538481,21	5824223,00	536481,21	5824378,36	2000,0	270,0	278,9	Y		
301	131.809	52° 34,176961' N	003° 32,317148' E	536505,20	5824531,86	-29,1										
302	132.948	52° 34,783260' N	003° 32,480340' E	536681,11	5825657,24	-29,6	536187,11	5825734,46	536696,00	5825752,52	-500,0	98,9	77,1	N		
303	133.138	52° 34,885373' N	003° 32,475649' E	536674,39	5825946,51	-29,8	536187,11	5825734,46	536657,48	5825920,06	-500,0	77,1	59,9	N	DoB border - Constr.less Crossing 03 - Border A	29,5
304	133.288	52° 34,960481' N	003° 32,428061' E	536619,60	5825985,35	-31,0										
305	133.429	52° 35,026709' N	003° 32,366072' E	536548,69	5826107,60	-30,8									CX As Planned IJmuiden Ver Gamma RPLA07_1	48,5
306	133.692	52° 35,149762' N	003° 32,250887' E	536416,92	5826334,76	-28,9									CX As Planned IJmuiden Ver Beta RPLA07_1	49,6
307	133.955	52° 35,272774' N	003° 32,135728' E	536285,19	5826561,84	-31,2									DoB border - Constr.less Crossing 03 - Border B	49,6
308	134.361	52° 35,463256' N	003° 31,957381' E	536081,21	5826913,48	-32,0									DoB border - Constr.less Crossing 04 - Border A	30,1
309	134.760	52° 35,650016' N	003° 31,782491' E	535881,21	5827258,25	-28,9									CX As Planned IJmuiden Ver Alpha RPLA07_1	30,1
310	134.760	52° 35,650016' N	003° 31,782491' E	535881,21	5827258,25	-28,9									CX As Planned IJmuiden Ver Alpha RPLA07_1	30,1
311	135.158	52° 35,836771' N	003° 31,607575' E	535681,21	5827603,03	-32,8									DoB border - Constr.less Crossing 04 - Border B	30,1
312	135.821	52° 36,147242' N	003° 31,316724' E	535348,71	5828176,22		535781,21	5828427,10	535281,21	5828292,58	500,0	239,9	270,0	Y		
313	136.084	52° 36,282828' N	003° 31,258531' E	535281,21	5828427,11											
314	147.465	52° 42,421350' N	003° 31,331591' E	535281,21	5839807,91										CX OOS KB0065 UK-NL10 Unknown, from Egmond (NL) to Lowesoft (UK) telecom coaxial	83,8
315	151.689	52° 44,699887' N	003° 31,358822' E	535281,21	5844032,37		534881,21	5844032,37	535281,21	5844316,10	-400,0	90,0	19,3	N		
316	152.183	52° 44,904551' N	003° 31,123238' E	535013,43	5844409,88											
317	155.795	52° 45,561144' N	003° 28,099943' E	531604,34	5845603,84		531339,91	5844848,81	531580,13	5845612,32	-800,0	19,3	15,6	N		
318	155.846	52° 45,569617' N	003° 28,056537' E	531555,42	5845619,23											
319	156.947	52° 45,733256' N	003° 27,115448' E	530495,07	5845915,85		531033,85	5847841,91	530303,53	5845969,43	2000,0	195,6	207,0	Y		
320	157.344	52° 45,812075' N	003° 26,788352' E	530126,30	5846059,68											
321	158.110	52° 46,001897' N	003° 26,183017' E	529443,41	5846407,42		528535,86	5844625,19	529300,21	5846480,34	-2000,0	27,0	17,8	N		
322	158.431	52° 46,068686														

Revision	Date	Issued by	History
RPLA04	2021-10-26	101528	created new route DTS_Fourth-2GW-DC-RPLA04
RPLA04	2021-10-28	101528	Additional burial borders added
RPLA04	2021-11-04	101528	Burial borders conform Burial_borders_R7
RPLA05	2022-01-31	101528	Platform location conform new windplots design option 8
RPLA05_rev1	2022-02-08	101528	Burial borders R10 applied
RPLA05_rev02	2022-03-14	101528	KB0078 COAM withdrawn by the RWS, will not be installed
RPLA05_rev02	2022-03-14	101528	Platform position change. Wind plot design "search area 1 option 8a"
RPLA05_rev03	2022-03-30	101528	Route adjustment along the HKW within the 500m zone
RPLA05_rev03	2022-03-30	101528	on the east side of the IJVer routes 150m from each other
RPLA05_rev03	2022-03-30	101528	4th 2GW DC is now Nederwiek Alpha
RPLA06_rev01	2022-04-28	101528	Nederwiek Alpha is now Nederwiek 1
RPLA06_rev01	2022-04-28	101528	Cable route lays within 500m security zone of the wind park HKW
RPLA06_rev01	2022-04-28	101528	Shipwrecks avoided by min 100m
RPLA06_rev01	2022-04-28	101528	Crossings with IS cables and IS and OOS pipelines placed -
RPLA06_rev01	2022-04-28	101528	- in between the sand waves
RPLA07_rev01	2022-08-15	101528	Platform position change. Bathy recalculation, route 800m shorter
RPLA07_rev01	2022-08-15	101528	Constructionless crossings added (other 2GW cable routes)
RPLA07_rev02	2023-06-12	101528	Adjustment landings De Piet due to change in landroute
RPLA07_rev02	2023-06-12	101528	After KP20 straight section from Oude Roompot to Banjaard
RPLA07_rev03	2023-06-14	101528	Adjusted section of the route to create smooth alteration -
RPLA07_rev03	2023-06-14	101528	- between two alter courses

**Geodetics**

<b>Horizontal Coordinate System</b>	
Projection:	ETRS 1989 UTM Zone 31N
Projection EPSG:	25831
Central Meridian:	3° E
Lattitude of Origin:	00° N
False Easting:	500000
False Northing:	0
Central Scale Factor:	0,9996
Datum:	ETRS 1989
Spheroid:	GRS 1980
Semi-major axis:	6378137
Inverse Flattening:	298,257222101

Lat/Lon Coordinates	WGS 1984 based
---------------------	----------------

<b>Vertical Coordinate System</b>	
Reference system:	
Model:	

<b>Geodetic Transformation: ETRS_1989_To_WGS_1984</b>	
Source Datum:	ETRS 1989
Source Datum EPSG:	6258
Target Datum:	WGS 1984
Target Datum EPSG:	6326
Source projection:	ETRS 1989 UTM Zone 31N
Source projection EPSG:	25831
Target projection:	WGS 1984
Target projection EPSG:	4326
Datum Transformation Parameters:	
Shift dX [m]:	0
Shift dY [m]:	0
Shift dZ [m]:	0
Rotation rX [arc secs]:	0
Rotation rY [arc secs]:	0
Rotation rZ [arc secs]:	0
Scale Factor [ppm]:	0
Rotation Centre X (m):	
Rotation Centre Y (m):	
Rotation Centre Z (m):	
Reference Epoch:	
Epoch - unix time stamp (time 0 is):	YYYY-MM-DD

(*) - source:	ArcGIS
---------------	--------

<b>Geodetic Transformation: ETRS to RD_New EPSG 25831 to 28992</b>	
Source Datum:	ETRS1989
Target Datum:	D_Amersfoort
Source projection:	UTM Zone 31 North (Central meridian 3° East )
Target projection:	Double_Stereographic GCS_Amersfoort
Datum Transformation Parameters:	
Shift dX:	593,032
Shift dY:	26
Shift dZ:	478,741
Rotation rX:	0,409394 arcsec
Rotation rY:	-0,359705 arcsec

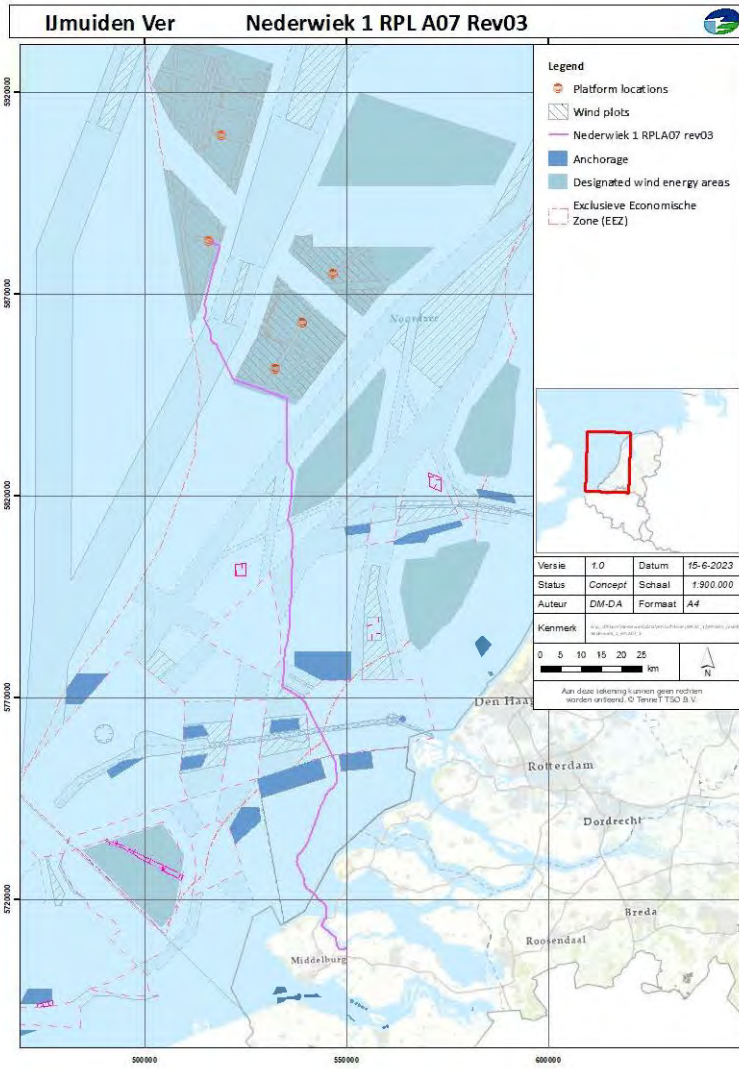
Rotation rZ:	1,868491 arcsec	
Scale Factor:	4,0772	
xcr	3903453,148	
ycr	368135,313	
zcr	5012970,306	

DTS-TnW-RPL-Oost-A02  
TnW\_RPLA02

<b>ROUTE POSITION LIST (RPL) ABBREVIATIONS</b>				
<b>RPL NAMING CONVENTION</b>				<b>RPL Issue</b>
DESK TOP STUDY RPLs				DTS(1,2...)
SURVEY ROUTE RPLs - (Agreed survey route with subsequent changes, during survey ops)				SR(1,2...)
POST SURVEY ROUTE RPLs - (incl. Slack, PLUP/DN, Bus, transitions and Repeaters etc)				PSR(1,2...)
AS-BUILT RPL - (Manufactured lengths)				AB(1,2...)
POST-LOAD RPLs - (Loaded cable lengths)				PL(1,2...)
AS-LAID RPLs - (subsequent issue numbers reflect repairs/changes)				AL(1,2...)
<b>Abbreviation</b>	<b>Meaning</b>	<b>Erklärung</b>	<b>Typical Use</b>	<b>MakaiPlan Type</b>
AB-xxx	As-Built	Bestandslage		
AC	Alter Course	Kurswechsel		
AF	As Found (Cable) by MAG / SSS	Detektierte Kreuzung	CX NorNed AF MAG	Ref
AL-xxx	As-Laid			
BAS	Burial Assessment Survey	Untersuchung zur Kabelverlegbarkeit		
BJ	Beach Joint	Strand-Muffe		Body
BMH	Beach ManHole	Muffengrube	BMH Hilgenriedersiel	
CC	Cable Corridor	Kabelkorridor	Enter CC	Ref
CL	Centre Line	Zentrallinie		
CX	Cable Crossing	Kabelkreuzung	CX Old Cable OOS DB	Ref
DB	Database position of cable	Kabelkreuzung laut Datenbank	CX Old Cable OOS DB	
DE	Duct End	Rohrende	DE	Ref
DS	Duct Start	Rohranfang	DS	Ref
DTS	Desk Top Study	Studie zur Voruntersuchung		
EEZ	Exclusive Economic Zone	Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ)	EEZ Country MB	Ref
EOB	End of burial	Endpunkt der Kabeleinspülung	PLUP EOB	Ref
EOGI	End of Grade-In			
EOGO	End of Grade-Out			
EP	End Pipe	Lehrrohrende		
FS	Final Splice	End-Muffe	FS Segment Name	Body
FSPL	Fibre Splice	Glasfaser-Muffe		Body
IS	In-Service	in Betrieb	IS Segment Name	Body
JB-xxx	Joint Box	Muffe	JB-001 Any other comment	Body
JT	J-Tube	Kabeleinzugsröhre		
KP	Kilometre Point	Stationierung		
LC	Land Cable (instead of Land)	Landkabel		Cable
LP	Landing Point	Anlandepunkt	LP Norderney North Beach	Ref
MAG	Magnetometer Identified Cable	Magnetometer-Fund (Kabelkreuzung)	CX Unidentified MAG	
MB	Maritime Boundary	Seegrenze	TW Country MB	Ref
OOS	Out of Service	außer Betrieb	CX Old Cable OOS DB	
OWF/OWP	Offshore Wind Farm / Park	Offshore Windfarm / -park		
PF	Platform (converter)	(Konverter-) Plattform	PF BorWin x	
PLB	Post Lay Burial	nachträgliches Einspülen	PLB Start	Ref
PLDN	Plough Down	Pflug/ Schwert runter	PLDN	Ref
PLGR	Pre Lay Grapnel Run	Räumungs-Fahrt vor dem Verlegen		
PLI	Post Lay Inspection	Nachkontrolle (Verlegung)		
PLIB	Post Lay Inspection and Burial	Nachkontrolle und Einspülen		
PLUP	Plough Up	Pflug/ Schwert hoch	PLUP	Ref
PN	Planned cable	Kreuzung mit geplantem Kabel	CX Planned cable name PN	Ref

DTS-TnW-RPL-Oost-A02  
TnW\_RPLA02

PSR-xxx	Post Survey Route	RPL nach Survey		
PX	Pipeline Crossing	Pipeline-Kreuzung	PX Pipeline name	Ref
RD	Rock Dump	Steinschüttung		Cable
RPL	Route Position List	Trassierungs-Liste		
RPTR-xxx	Repeater	Verstärker	RPTR-001	Body
SC	Slack Change	Veränderung des Durchhangs	SC 3%	Ref
SE	Shore End	Flachwasser-Ende		Ref
SLD	Straight Line Diagram	Liniendiagramm		
SOB	Start of burial	Einspülbeginn	PLDN SOB	Ref
SOGI	Start of Grade-In			
SOGO	Start of Grade-Out			
SP	Start pipe	Lehrrohranfang	SP	Ref
SR-xxx	Survey Route	Vermessungs-Trasse		
SSS	Side Scan Sonar Identified Cable	Seitensichtsonar Kabelfund	CX Cable name AF SSS	Ref
TPA	Traffic Precautionary Area	Verkehrsvorrang-Gebiet	Enter TPA	
TR	Transition	Übergang (Einspülung)	TR LWP-40/LW--40	Body
TSS	Traffic Separation Scheme	Verkehrstrennungs-System	Enter TSS	
TSZ	Traffic Separation Zone	Verkehrstrennungsgebiet (VTG)	Enter TSZ	
WD	Water Depth	Wassertiefe	WD 20 m	Ref
WK	Wreck	Wrack	WK Wreck name	Ref



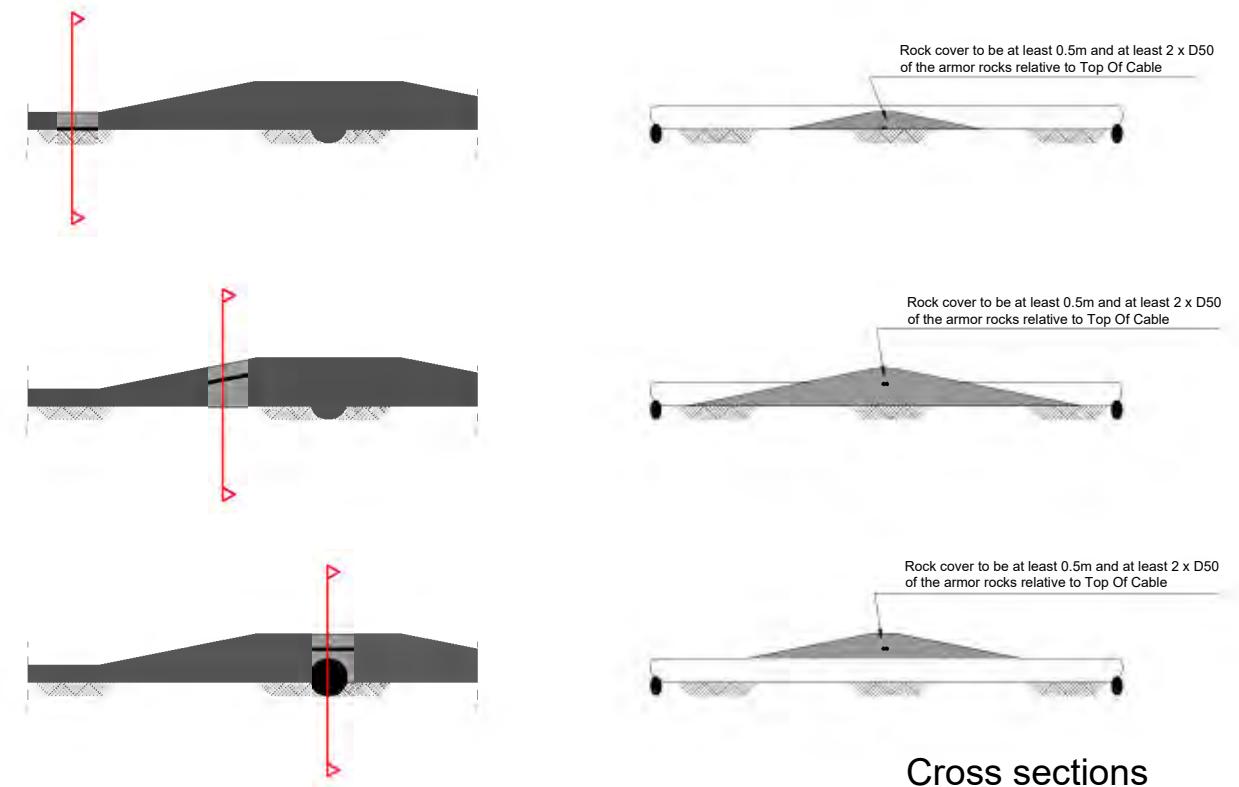
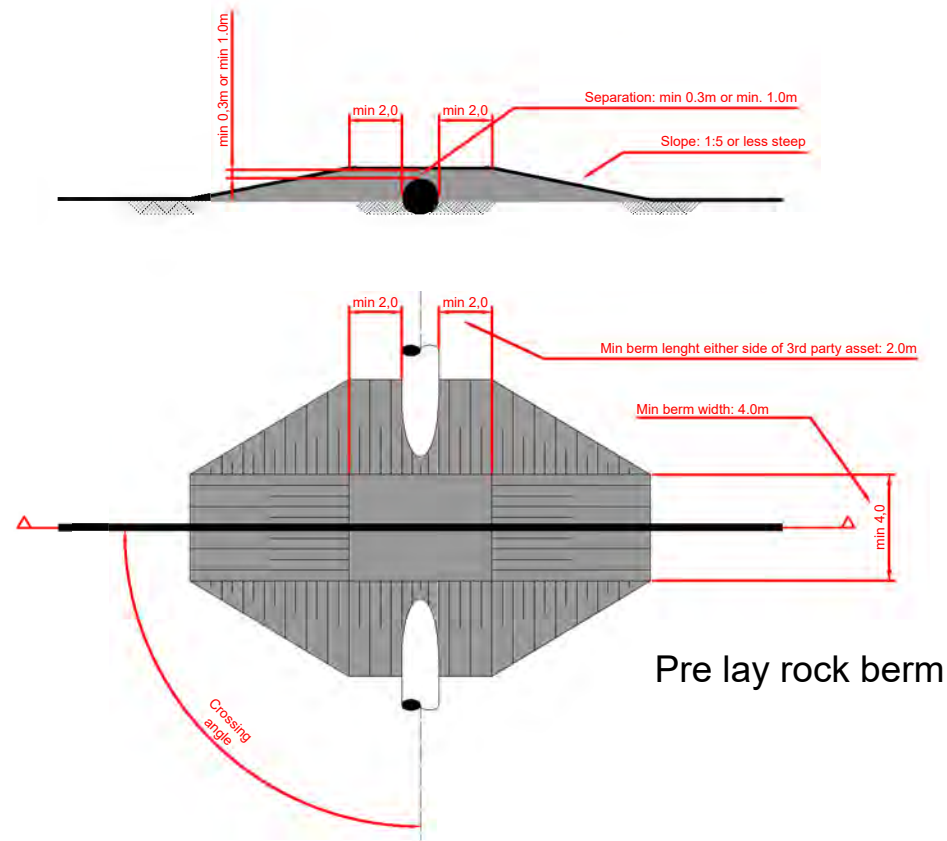


<b>Version</b>	<b>Date</b>	<b>Creator</b>	<b>Comment</b>
Draft	2021-07-01	Anna Wolowicz-Trouwborst	Template creation containing arcs
1,0	2021-10-11	Anna Wolowicz-Trouwborst	Cover page update

# Net op Zee – Nederwiek 1

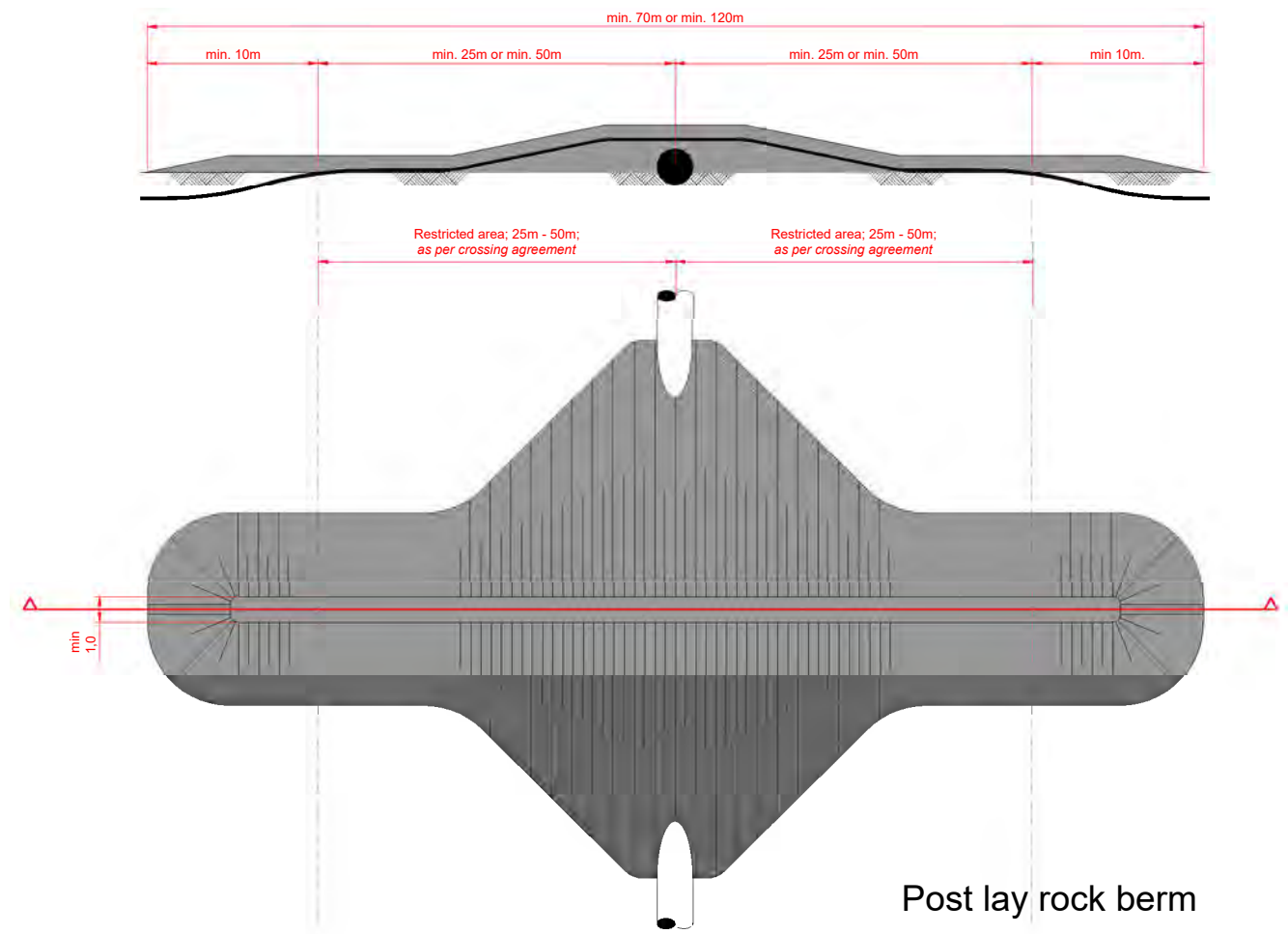
## **Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat**

Bijlage 14: Principetekeningen kabelkruisingen



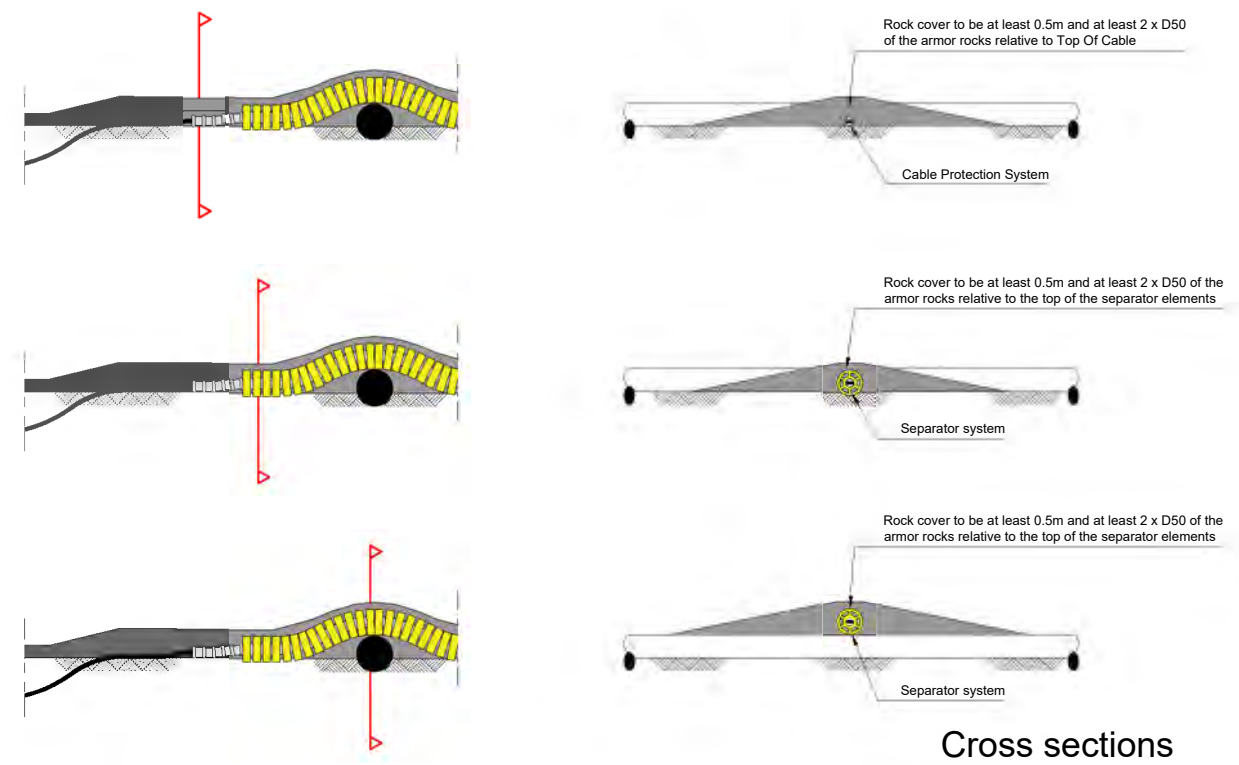
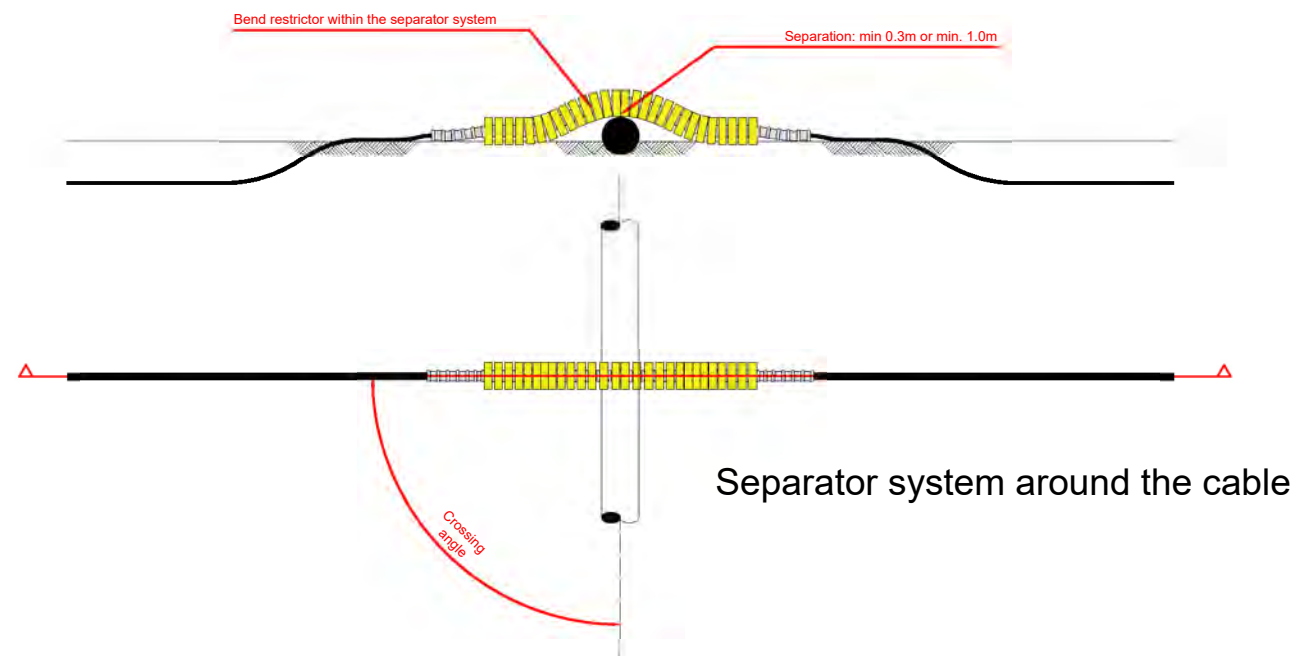
**Notes:**

1. This design applies to both pipes and cables to be crossed, laying at the seabed or buried below the seabed;
2. All horizontal distances relative to the 3<sup>rd</sup> party subsea asset to be crossed are measured perpendicular to that 3<sup>rd</sup> parties subsea asset;
3. Min. height of pre lay rock berm is 0.3m above the asset crossed for crossings between a high voltage power cable and a pipe or telcom cable;
4. Min. height of pre lay rock berm is 1.0m above the asset crossed for crossings between two high voltage power cables;
5. In case the 3<sup>rd</sup> party subsea asset to be crossed is buried, the minimum pre lay berm height applies as minimum height above seabed at the location of the crossing;
6. Minimum cover by the post lay rock berm is 0.5m and at least 2 x D50 of the armor rocks relative to Top Of Cable;
7. Rock sizes applied are to be stable under the design wave and current situation at the crossing location;
8. A sprinkler layer on rock placements is required by the Dutch authorities (SODM). The sprinkler layer is to be placed on top of all rock placements to mitigate the risk of hooking by fishing gear. The stability requirements with regards to design wave and and current do not apply to the sprinkler layer. The sprinkler layer shall have a minimum thickness after installation of 0.2m. For this sprinkler layer rock with  $D90 \leq 80\text{mm}$  shall be used.
9. Steepness of the side slopes of the post lay rock berm, as well as the density of the rock, can be considered a parameter to increase stability of the post lay rock berm;
10. All dimensions are minimum requirements, tolerances on the rock placements are not allowed to be negative relative to these minimum requirements;
11. Dimensions are subject to change depending on what will be, or is, agreed with 3<sup>rd</sup> party subsea asset owner(s) in the applicable crossing agreement(s).



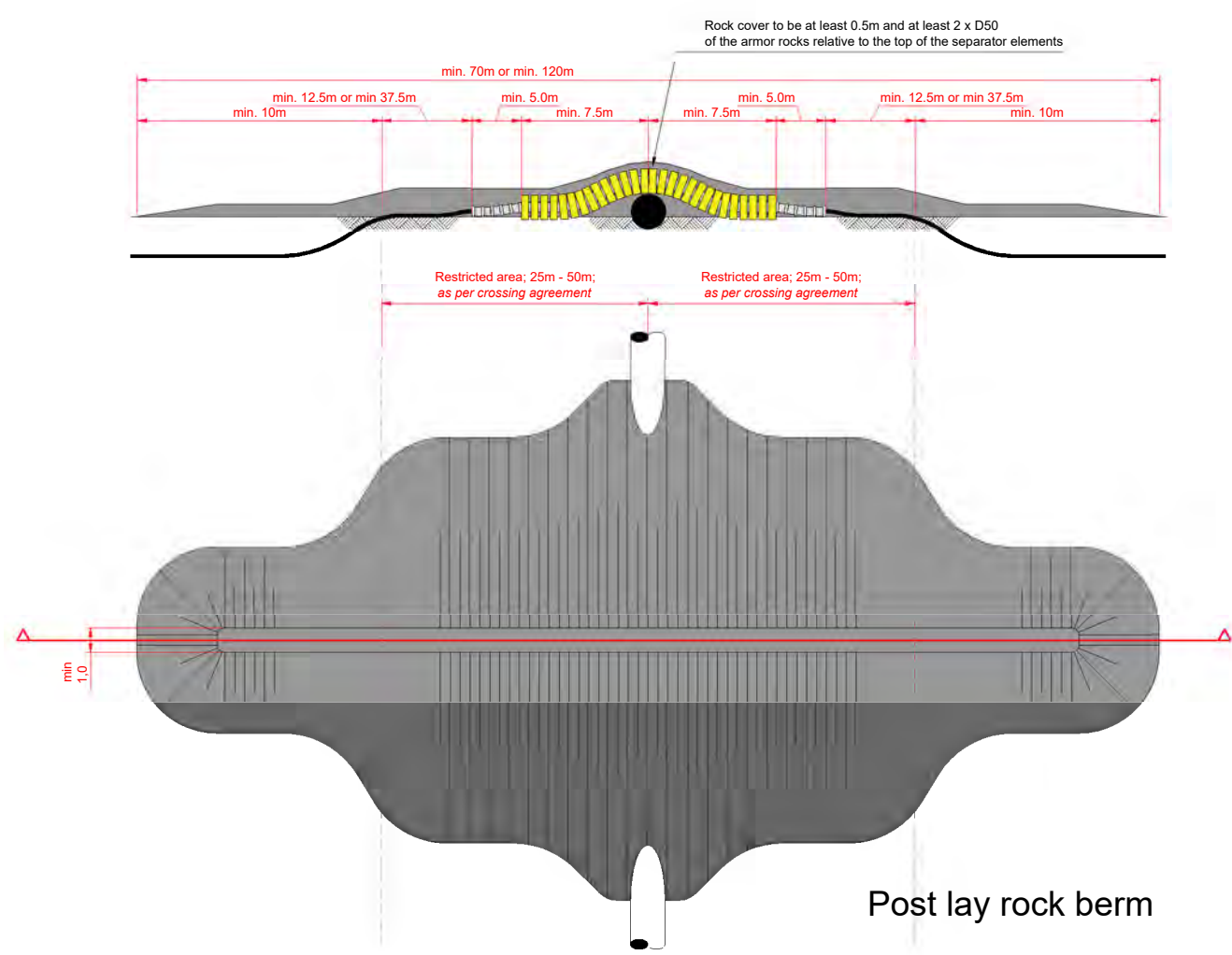
**Crossing design A**

Pre lay rock placement  
 Post lay rock placement  
 NOT TO SCALE



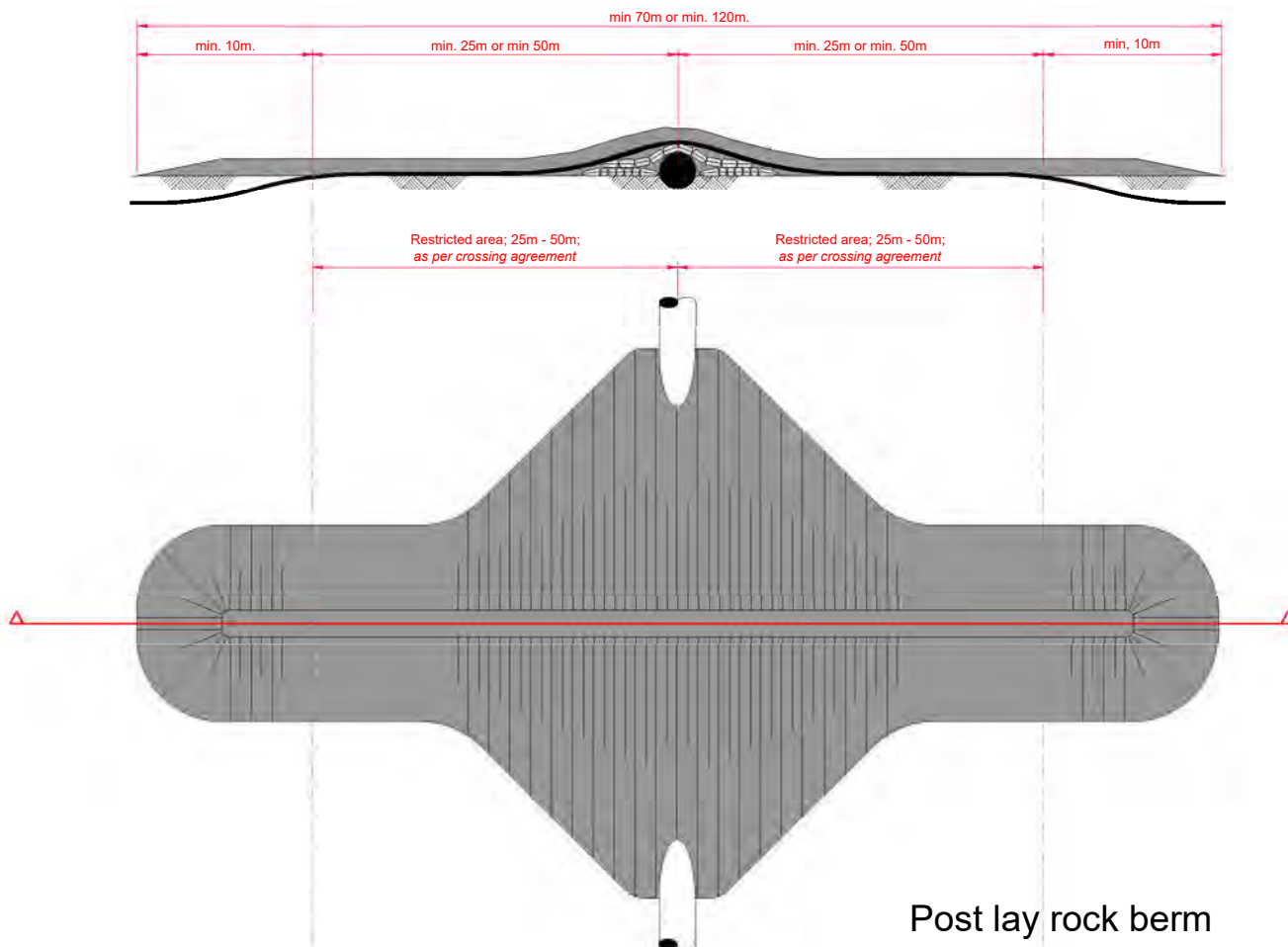
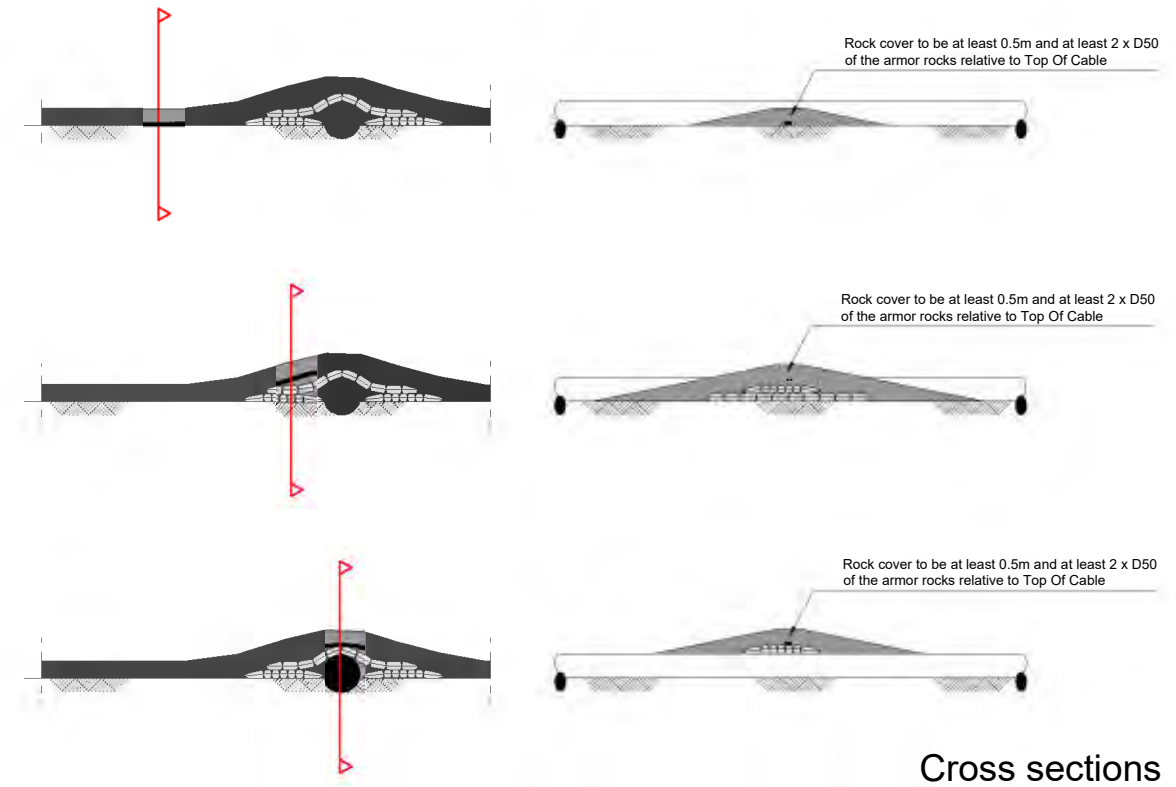
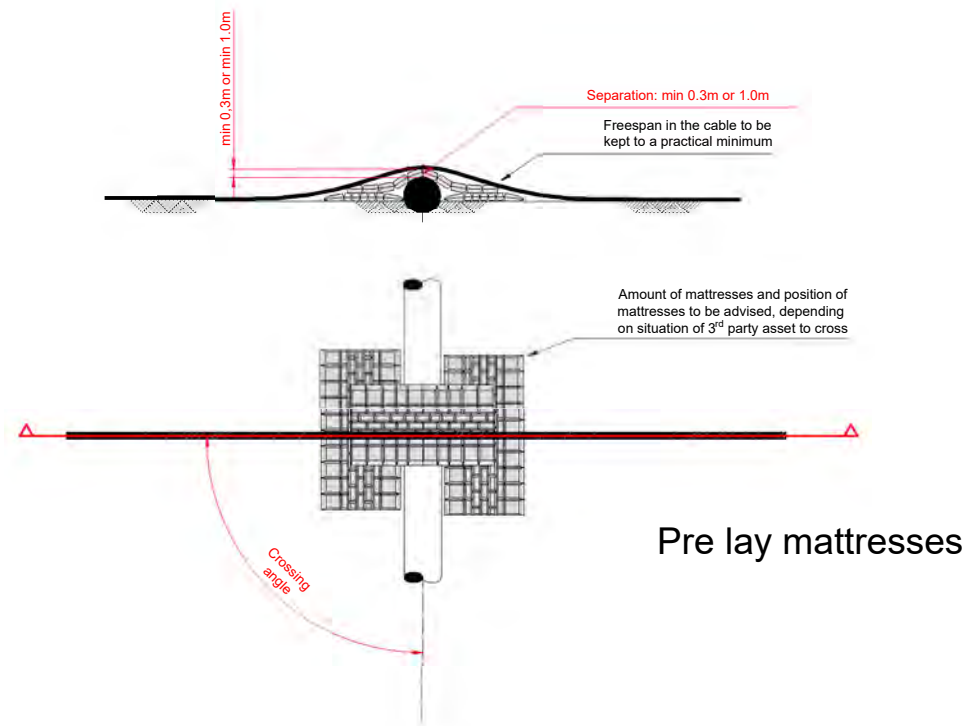
**Notes:**

1. The shape of the separator elements is indicative, other shapes, as triangles and shapes which decrease the risk of hooking by fishing, are allowed as well.
2. This design applies to both pipes and cables to be crossed, laying at the seabed or buried below the seabed;
3. All horizontal minimum distances relative to the 3<sup>rd</sup> party subsea asset to be crossed are measured perpendicular to that 3<sup>rd</sup> parties subsea asset;
4. Min. separation is 0.3m between a high voltage power cable and a pipe or telcom cable;
5. Min. separation is 1.0m between two high voltage power cables;
6. In case the 3<sup>rd</sup> party subsea asset to be crossed is buried, the minimum separation applies as minimum separation relative to the seabed at the location of the crossing;
7. Minimum cover by the post lay rock berm is 0.5m and at least 2 x D50 of the armor rocks relative to Top Of Cable and relative to the top of the separator elements;
8. Rock sizes applied are to be stable under the design wave and current situation at the crossing location;
9. A sprinkler layer on rock placements is required by the Dutch authorities (SODM). The sprinkler layer is to be placed on top of all rock placements to mitigate the risk of hooking by fishing gear. The stability requirements with regards to design wave and and current do not apply to the sprinkler layer. The sprinkler layer shall have a minimum thickness after installation of 0.2m. For this sprinkler layer rock with  $D90 \leq 80\text{mm}$  shall be used;
10. Steepness of the side slopes of the post lay rock berm, as well as the density of the rock, can be considered a parameter to increase stability of the post lay rock berm;
11. All dimensions are minimum requirements, tolerances on the rock placements are not allowed to be negative relative to these minimum requirements;
12. Dimensions are subject to change depending on what will be, or is, agreed with 3<sup>rd</sup> party subsea asset owner(s) in the applicable crossing agreement(s).



**Crossing design B**

Separator around the cable bundle  
 Post lay rock placement  
 NOT TO SCALE



**Notes:**

1. This design applies to both pipes and cables to be crossed, laying at the seabed or buried below the seabed;
2. All horizontal distances relative to the 3<sup>rd</sup> party subsea asset to be crossed are measured perpendicular to that 3<sup>rd</sup> parties subsea asset;
4. Min. separation is 0.3m between a high voltage power cable and a pipe or telcom cable;
5. Min. separation is 1.0m between two high voltage power cables;
6. In case the 3<sup>rd</sup> party subsea asset to be crossed is buried, the minimum separation applies as minimum separation relative to the seabed at the location of the crossing;
7. Minimum cover by the post lay rock berm is 0.5m and at least 2 x D50 of the armor rocks relative to Top Of Cable;
8. Rock sizes applied are to be stable under the design wave and current situation at the crossing location;
9. A sprinkler layer on rock placements is required by the Dutch authorities (SODM). The sprinkler layer is to be placed on top of all rock placements to mitigate the risk of hooking by fishing gear. The stability requirements with regards to design wave and and current do not apply to the sprinkler layer. The sprinkler layer shall have a minimum thickness after installation of 0.2m. For this sprinkler layer rock with  $D_{90} \leq 80\text{mm}$  shall be used.
10. Steepness of the side slopes of the post lay rock berm, as well as the density of the rock, can be considered a parameter to increase stability of the post lay rock berm;
11. All dimensions are minimum requirements, tolerances on the rock placements are not allowed to be negative relative to these minimum requirements;
12. Dimensions are subject to change depending on what will be, or is, agreed with 3<sup>rd</sup> party subsea asset owner(s) in the applicable crossing agreement(s).

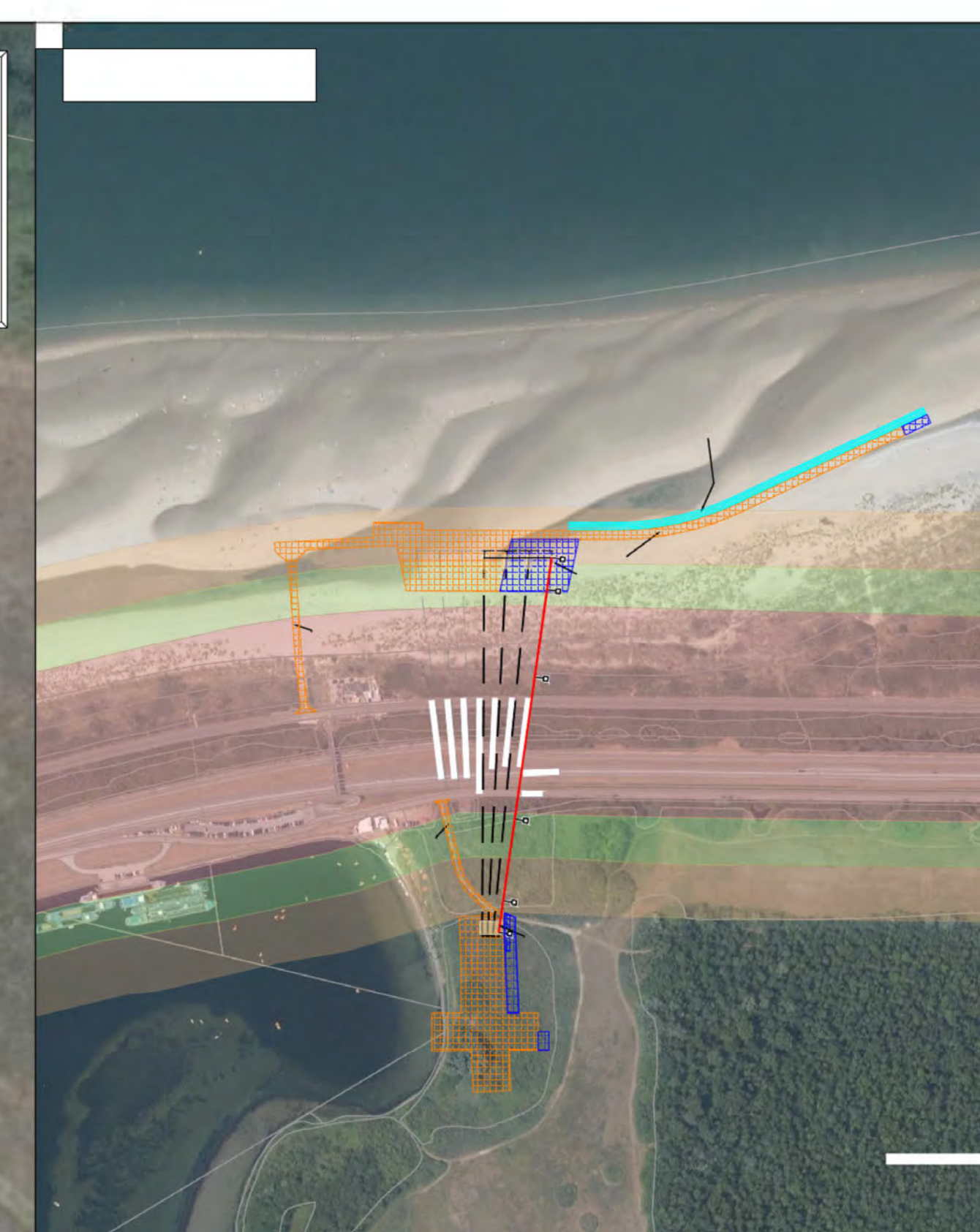
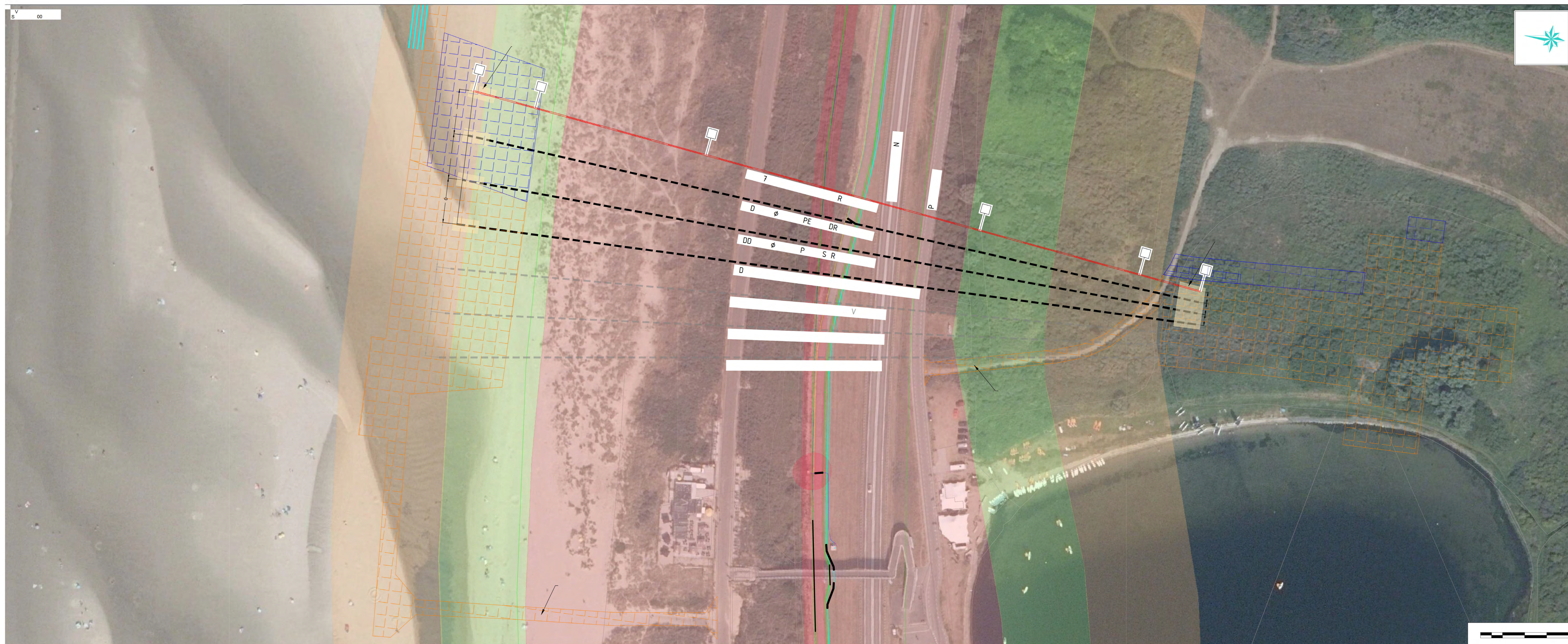
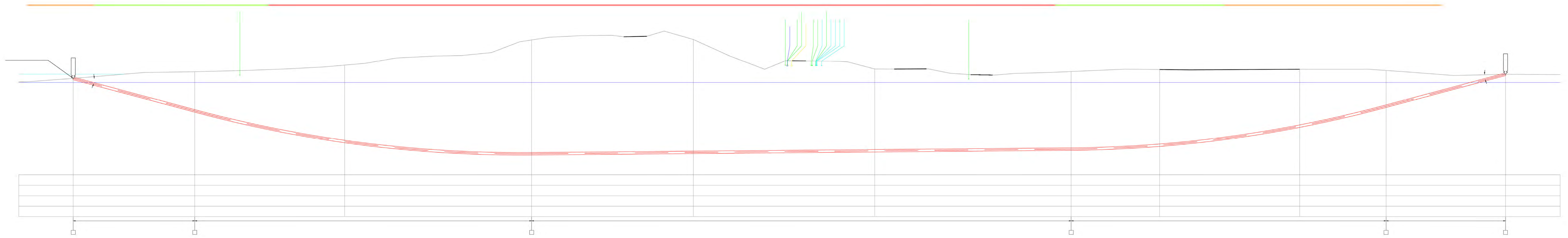
**Crossing design C**

Pre lay concrete block mattress placement  
 Post lay rock placement  
 NOT TO SCALE

# Net op Zee – Nederwiek 1

## **Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat**

Bijlage 15: Boortekeningen Veerse Gatdam




**ATRON Engineering**  
Advies & Infra

Rotterdamseweg 22a  
 4229 LR Wierden

Telefoon: 06-4111 2028  
 E-mail: info@atron-engineering.nl  
 Website: www.atron-engineering.nl

1:1000  
 2017-10-10





# Net op Zee – Nederwiek 1

## **Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat**

Bijlage 16: Stabiliteitsonderzoek Deltares – Boringen Net op Zee Nederwiek 1

## Aanlanding kabels bij Veerse Gatdam

Nederwiek 1



**Aanlanding kabels bij Veerse Gatdam**  
Nederwiek 1

## Aanlanding kabels bij Veerse Gatdam Nederwiek 1

<b>Opdrachtgever</b>	TenneT TSO BV
<b>Contactpersoon</b>	
<b>Referenties</b>	4500011372
<b>Trefwoorden</b>	horizontaal gestuurde boring (HDD), HDPE mante buis, PE100, SDR11, drill-grout, waterkering, Veerse Gatdam, Nederwiek 1, djkfaalmechanisme

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	3.0
<b>Datum</b>	28-06-2023
<b>Projectnummer</b>	11208418-002
<b>Document ID</b>	11208418-002-GEO-0001
<b>Pagina's</b>	57
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	definitief

# Samenvatting

De Nederwiek1 aanlanding van de elektriciteitskabels is voorzien bij de Veerse Gatdam. Bij de aanlanding wordt gebruik gemaakt van mantelbuizen waarin de kabels zullen worden aangelegd. De kabels zullen worden geïnstalleerd in 450 mm HDPE mantelbuizen. De 3 HDPE mantelbuizen zullen door middel van parallelle horizontaal gestuurde boringen worden aangelegd. Er zullen ten behoeve van de Nederwiek 1 aanlanding 3 HDD's worden uitgevoerd onder de Veerse Gatdam naast de 4 bestaande HDD's van IJmuiden Ver Alpha. Het ontwerp en de beoordeling van de 4 bestaande HDD's (IJmuiden Ver Alpha) met betrekking tot de waterveiligheid van de waterkering zijn beschreven in het eerder verschenen Deltares rapport met nummer: 11207136-002-GEO-0001.

Dit voorliggende rapport beschrijft de beoordeling van het effect van de aanleg van de mantelbuizen en het aanbrengen van de kabels voor de Nederwiek 1 aanlanding op de waterkering. Ook het effect van de aanwezigheid van de mantelbuizen en de kabels na de installatie op de waterkering maakt deel uit van de beoordeling. Om de beoordeling uit te kunnen voeren is eerst een globaal ontwerp gemaakt op basis van de beschikbare gegevens.

Ten aanzien van het globaal ontwerp kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Bij het uittredepunt op het strand is een constructie (werkplateau) benodigd om de golfaanval tijdens de uitvoering op te vangen. De constructie kan worden uitgevoerd met geotubes en damwanden.
- De spanningen in de mantelbuizen (klasse SDR 11) zijn tijdens de aanleg en in gebruiksfasen lager dan de toets waarden conform NEN 3650-1:2020. Hierbij is rekening gehouden met temperatuur effecten. De berekende spanningen voor de 450 mm PE SDR 11 buizen zijn toelaatbaar.
- Het is aan te raden om de PE-leidingen tijdens de intrekfase 100% te vullen, om spanningen in de mantelbuizen door optredende trekkrachten te reduceren (en om risico's op grotere trekkrachten te voorkomen).

Ten aanzien van de beïnvloeding van de waterkering kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De beschouwing van de verschillende dijkfaalmechanismen wijst uit dat de uitvoering van de HDD's geen negatief effect heeft op de stabiliteit van de waterkering
- De werkzaamheden ter plaatse van de vooroever zijn geen bedreiging voor de waterkering. De geometrische toets voor zettingsvloeiing is voldoende. Ook binnendijks zal de waterkering niet worden beïnvloed door zettingsvloeiing.
- De graafwerkzaamheden op het strand en installatie van damwanden hebben geen negatieve invloed op de waterkering.
- In verband met het risico op kwel en piping is het noodzakelijk om de annulus van de boorgang tijdens het intrekken van de mantelbuizen te vullen met een uithardende boorvloeistof (zoals drill-grout). Door de aanvullende toepassing van na injectie met drill-grout aan de zeezijde nadat de mantelbuis is ingetrokken met drill-grout, is de kans op het optreden van piping te verwaarlozen.
- Bij toepassing van de uithardende boorvloeistof dient te worden toegezien op de werkwijze en de samenstelling van de boorvloeistof.
- De mantelbuizen dienen te worden afgesloten om waterstroming tussen de zeezijde en landzijde te voorkomen.
- De te verwachten zakking van het maaiveld ter plaatse van de waterkering is mede door gebruik van een uithardende boorvloeistof klein.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>8</b>
1.1	Over het project	8
1.2	Doelstelling	8
<b>2</b>	<b>Projectbeschrijving</b>	<b>9</b>
2.1	Beschikbare informatie en documenten	9
2.2	Aanleg	9
2.3	Boorlijn	10
2.4	Aan te leggen mantelbuis	10
2.5	Beschikbaar grondonderzoek	10
2.6	Waterkering	11
2.7	Te kruisen objecten	11
2.8	Bathymetrie	12
2.9	Geplande periode voor uitvoering	12
<b>3</b>	<b>Geologie en geohydrologie</b>	<b>13</b>
3.1	Geologie	13
3.1.1	Algemeen	13
3.1.2	Geologisch langsprofiel	13
3.2	Geohydrologie	14
3.2.1	Geohydrologisch langsprofiel	14
3.2.2	Zee waterstand	15
3.2.3	Freatische grondwaterstand in het achterland	15
3.2.3.1	Metingen uit Dinoloket	15
3.2.3.2	Metingen uit boringen	17
3.2.4	Stijghoogte van de 1 <sup>e</sup> watervoerende laag	17
3.2.4.1	Metingen uit Dinoloket	17
3.2.5	Chloridegehalte	18
<b>4</b>	<b>Uitgangspunten ontwerp HDD</b>	<b>19</b>
4.1	Algemeen	19
4.2	Ligging vloerpijp	19
4.3	Doorsnede en grondparameters	19
4.4	Boorfasen	20
4.5	Boorvloeistof	20
4.6	Leidingparameters	21
4.7	Temperatuurverschil in mantelbuis	21

4.8	Partiële factor voor trekkracht	21
4.9	Verkeerbelasting	21
4.10	Volumegewicht zeewater	21
<b>5</b>	<b>Globaal ontwerp</b>	<b>22</b>
5.1	Toepassing van terp	22
5.2	Minimale en maximale boorvloestofdrukken	22
5.3	Trekkracht	23
5.3.1	100% gevulde leiding (met water)	23
5.3.2	Niet-gevulde leiding	24
5.4	Leidingsterkte	24
5.4.1	Spanningen	25
5.4.1.1	100% gevulde leiding (met water)	25
5.4.1.2	Niet-gevulde leiding	25
5.4.2	Deflectie	25
5.4.3	Implosie	26
5.4.3.1	100% gevulde leiding (met water)	26
5.4.3.2	Niet-gevulde leiding	26
5.5	Tussenafstand tussen de boorlijnen van de HDD's	26
5.5.1	Intredepunt	27
5.5.2	Uittredepunt	27
<b>6</b>	<b>Invloed op de waterveiligheid van de waterkering</b>	<b>28</b>
6.1	Algemeen	28
6.2	Macrostabieliteit	29
6.2.1	Uitgangspunten	29
6.2.1.1	Beoordeling invloed van boren	29
6.2.1.2	Norm voor analyse	29
6.2.1.3	Glijvlakmodel	29
6.2.1.4	Materiaalfactor ( $\gamma_c$ )	30
6.2.2	Schematisering freatische waterstand	30
6.2.3	Software	30
6.2.4	Macrostabieliteit binnentalud (STBI)	30
6.2.4.1	Zonder plastische straal (initiële situatie)	30
6.2.4.2	Met plastische straal (tijdens pilotboren)	31
6.2.5	Macrostabieliteit buitentalud (STBU)	32
6.2.5.1	Zonder plastische straal (initiële situatie)	32
6.2.5.2	Met plastische straal (tijdens pilotboren)	33
6.3	Duinafslag	34
<b>7</b>	<b>Toetsing zettingsvloeiing en afschuiving voorland</b>	<b>36</b>
7.1	Algemeen	36
7.2	Relevante gegevens ondergrond	36
7.3	Beoordeling verwekingsgevoeligheid op basis zandeigenschappen	37
7.4	Geometrietoets zettingsvloeiing	38
7.5	Toetsing zettingsvloeiing en afschuiving achterland	40

<b>8</b>	<b>Toetsing op hoogte (GEKB) en Piping (STPH)</b>	<b>42</b>
8.1	Algemeen	42
8.2	Berekende zakking door trillingen	42
8.3	Kruinzakking door boogwerking	43
8.4	Consolidatie boorvloeistof	44
8.5	Volumeverandering rond boorgat	45
8.6	Sommatie componenten kruindaling	46
8.7	Toetsing op piping (STPH)	47
<b>9</b>	<b>Invloed bij ontgraving aanbrenge kabels</b>	<b>48</b>
9.1	Uitgangspunten	48
9.2	Afmetingen damwand	48
9.3	Wateroverspanning tijdens intrillen	48
9.4	Invloed ontgravingsput op stabiliteit dam	49
9.4.1	Ontgraving onder talud	49
9.4.2	Ontgraving met een damwand aan kopse zijde ontgravingsput	50
9.4.3	Effect wateroverspanning tijdens intrillen damwand	51
9.5	Conclusie	52
<b>10</b>	<b>Conclusies</b>	<b>53</b>
<b>11</b>	<b>Referenties</b>	<b>54</b>
<b>A</b>	<b>D-Geo Pipeline berekeningsrapport</b>	<b>56</b>

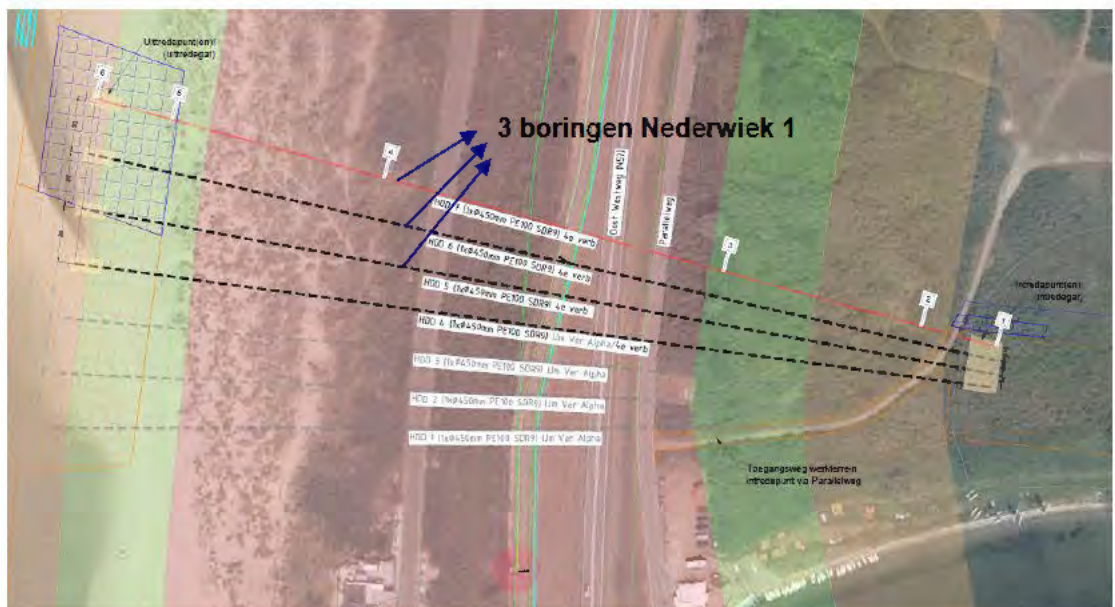


# 1 Inleiding

## 1.1 Over het project

De aanlanding van de elektriciteitskabels van Nederwiek 1 is voorzien bij de Veerse Gatdam. Bij de aanlanding wordt gebruik gemaakt van mantelbuizen waarin de kabels zullen worden aangelegd. De kabels zullen worden geïnstalleerd in 450 mm HDPE mantelbuizen. De 3 HDPE mantelbuizen zullen door middel van parallelle horizontaal gestuurde boringen worden aangelegd. Er zullen ten behoeve van de Nederwiek 1 aanlanding 3 HDD's worden uitgevoerd onder de Veerse Gatdam naast de 4 bestaande HDD's van IJmuiden Ver Alpha. Het ontwerp en de beoordeling van de 4 bestaande HDD's (IJmuiden Ver Alpha) met betrekking tot de waterveiligheid van de waterkering zijn beschreven in het Deltares rapport met nummer: 11207136-002-GEO-0001

De lengte van de HDD's is ca. 340 m. Het bovenaanzicht van de aanlandingslocatie is in Figuur 1.1 weergegeven. In Figuur 1.1 zijn tevens de zones van de waterkering aangegeven. De intredepunten van de boringen bevinden zich in het achterland van de waterkering buiten de beschermingszone. De uitredepunten bevinden zich in het voorland van de waterkering buiten de beschermingszone.



Figuur 1.1 Bovenaanzicht 3 HDD's Nederwiek 1 kruising met de Veerse Gatdam [1].

## 1.2 Doelstelling

De 3 geplande horizontaal gestuurde boringen (Nederwiek 1) kruisen de waterkering. Ten behoeve van een vergunningaanvraag voor de aanleg van de kabels onder de Veerse Gatdam is Deltares door TenneT gevraagd om een globaal ontwerp op te stellen voor de kruising met de waterkering. Door de uitvoering van de boring en in de situatie na de installatie van de kabels mag het waterkerend vermogen van de waterkering niet worden aangetast.

Om de effecten op het waterkerend vermogen goed te kunnen bevoordelen is de versterkte informatie over de HDD's eerst uitgewerkt tot een globaal ontwerp. De ontwerpgegevens zijn gebruikt om de effecten op de waterkering te beschouwen.

## 2 Projectbeschrijving

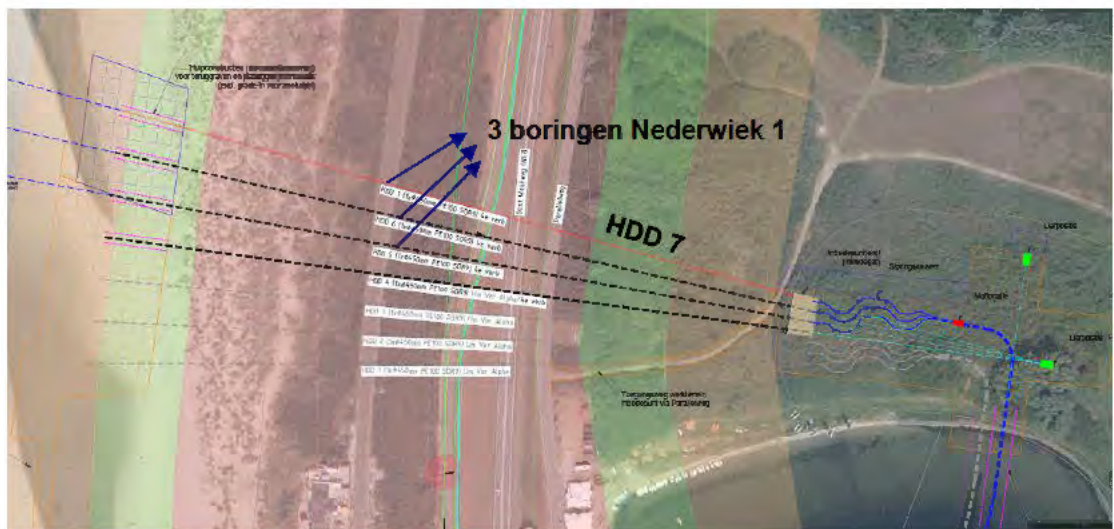
### 2.1 Beschikbare informatie en documenten

TenneT heeft de volgende informatie verstrekt:

- De door TenneT voorgestelde boorlijn voor HDD: 3342-0122-01-VG versie 1-A0+ (Blad 1 HDD) 4de.pdf.
- Bovenaanzicht boorlijn en werkterrein: 3342-0122-01-VG versie 1-A0+ (Blad 2 kabel) 4de.pdf.
- Recente uitgevoerde boringen: 464270-IJmuidenVER-Borssele Boringen serie1- 2020-1142-profielen-concept.pdf.
- Recente uitgevoerde sonderingen: 2020-1142\_28.pdf, 2020-1142\_29.pdf en 2020-1142\_30.pdf.

### 2.2 Aanleg

In Figuur 2.1 is het bovenaanzicht van de 3 HDD's van Nederwiek 1 ter plaatse van de kruising met de Veerse Gatdam weergegeven. De afstand tussen twee uittredepunten is ca. 20 m. De afstand tussen twee intredepunten is ca. 5 m. Voor de uitwerking van het ontwerp van de HDD's bij de kruising van de Veerse Gatdam is de boorlijn van HDD 7 gekozen (HDD 7 conform de naamgeving in [1]).



Figuur 2.1 HDD 7 voor het ontwerp van HDD's Nederwiek 1 kruising met de Veerse Gatdam [1].

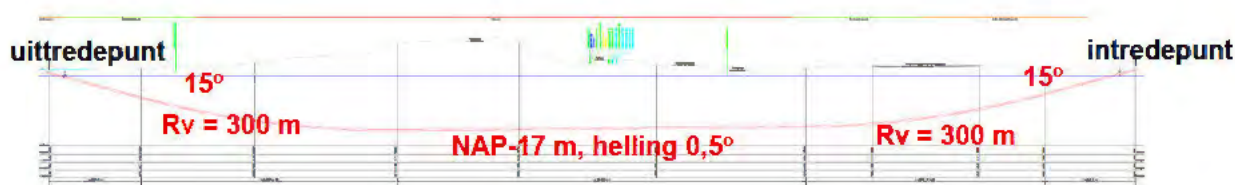
Ter plaatse van de uittredepunten van de horizontaal gestuurde boringen worden ontgravingen binnen damwandkuipen uitgevoerd om de kabels met een gronddekking van 3 m onder het NMRL (Non Mobile Reference Level [21]) in te voeren in de mantelbuizen. Vanzelfsprekend zullen de ontgravingen plaatsvinden nadat de mantelbuizen zijn geïnstalleerd.

## 2.3 Boorlijn

De geometrie van de door TenneT voorgestelde boorlijn (HDD 7) heeft de volgende kenmerken (zie Figuur 2.2):

- Maaiveldhoogte: NAP + 1,98 m (intredepunt) en NAP + 0,99 m (uittredepunt).
- In- en uittredehoek: 15°.
- Vloerpijp diepte: NAP - 17 m.
- Vloerpijp helling: 0,5°.
- Verticale bochtstraal (Rv) 300 m (opgaande en neergaande bochten).

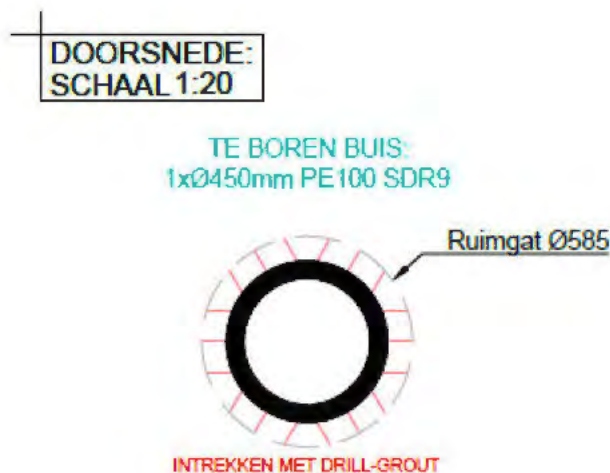
Het uittredepunt bevindt zich aan de buitenzijde van de waterkering. De horizontale lengte van de boring is ca. 340 m.



Figuur 2.2 De door TenneT voorgestelde boorlijn voor HDD 7 Nederwiek 1 [1].

## 2.4 Aan te leggen mantelbuis

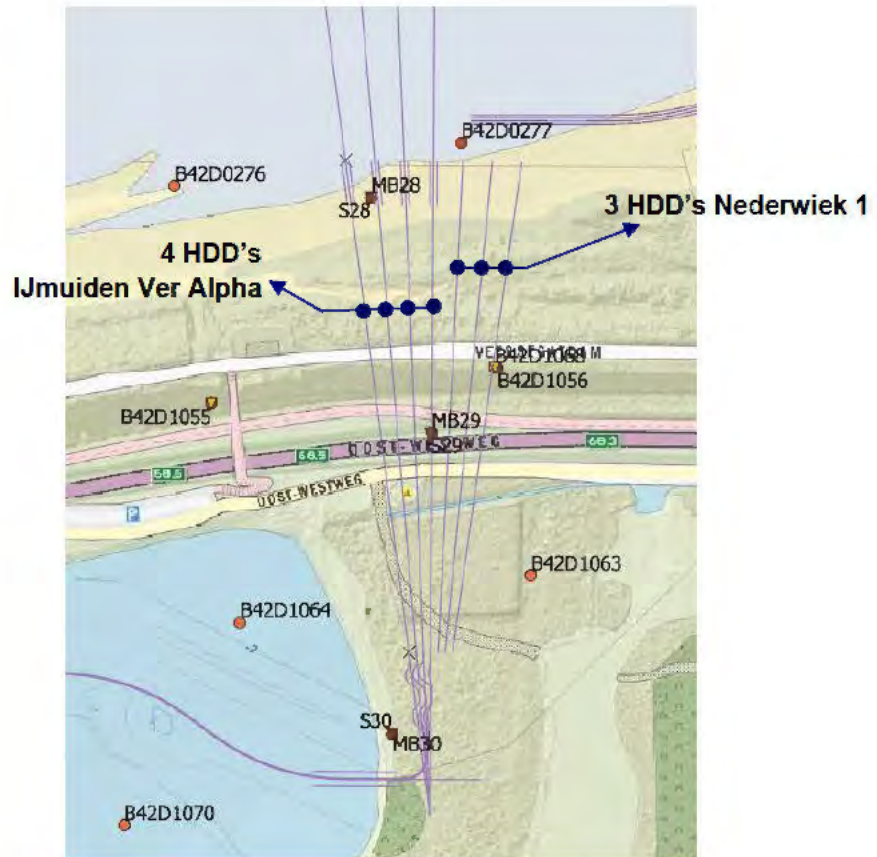
De aan te leggen mantelbuis is volgens opgave van TenneT 450 mm PE100 SDR 9. Deze mantelbuis zal in een geruimd boorgat van 585 mm (23") worden aangelegd (zie Figuur 2.3). Bij het intrekken wordt de annulus van het boorgat met drill-grout gevuld. De wanddikte van de mantelbuis bedraagt 50,3 mm. Het materiaal is PE 100 daardoor is de lange termijn sterkte 350 MPa en de korte termijn sterkte 975 MPa bij 20°C.



Figuur 2.3 Afmeting mantelbuis en geruimd boorgat [1].

## 2.5 Beschikbaar grondonderzoek

Het beschikbare grondonderzoek dat voor het project is uitgevoerd en het grondonderzoek dat beschikbaar is in de database rondom het boortracé is in Figuur 2.4 weergegeven.



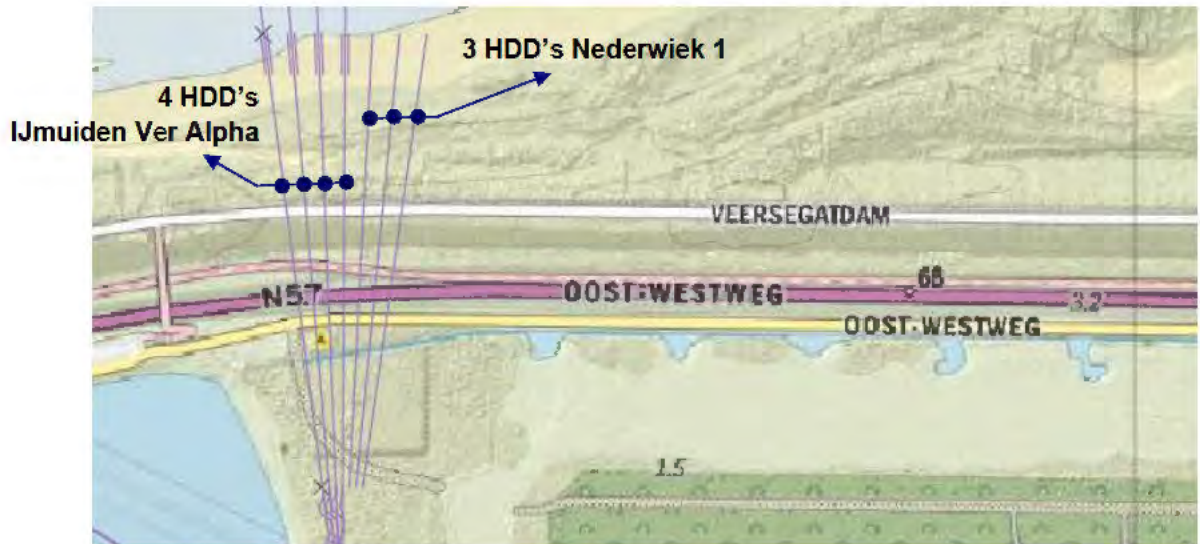
Figuur 2.4 Locatie van het beschikbare grondonderzoek (bron: Dinoloket en [3]).

## 2.6 Waterkering

De Veerse Gatdam maakt deel uit van de Deltawerken. De waterveiligheidsnormen van de waterkeringen en ook van de Veerse Gatdam zijn wettelijk vastgelegd en gedefinieerd als toelaatbare overstromingskansen per dijktraject per jaar. De Veerse Gatdam maakt onderdeel uit van het dijktraject 29-1 met een maximaal toelaatbare overstromingskans van 1/1.000 per jaar [17]. De buitenwaterstand die bij de toelaatbare overstromingskans hoort is NAP+5,56 m [19].

## 2.7 Te kruisen objecten

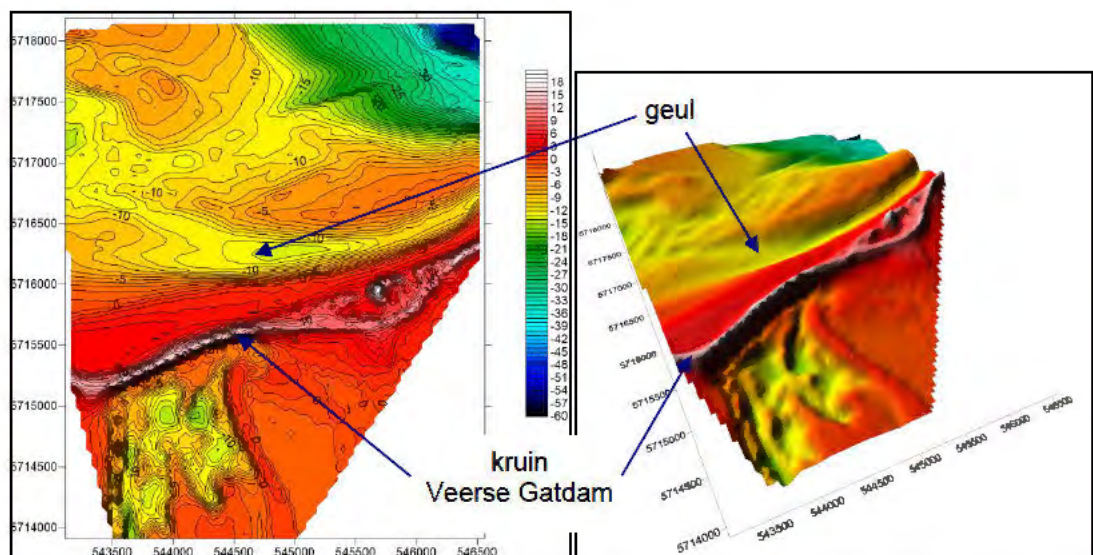
De te kruisen objecten zijn de waterkering met daarop de weg N57 en twee lokale wegen (Veerse Gatdam en Oost-westweg). De locatie van de te kruisen objecten is in Figuur 2.5 weergegeven.



Figuur 2.5 Locatie van de te kruisen objecten.

## 2.8 Bathymetrie

Het niveau van de zeebodem (t.o.v. NAP) ten noorden van de Veerse Gatdam is in Figuur 2.6 weergegeven. Het volgt uit Figuur 2.6 dat er een geul aanwezig is in het voorland van de waterkering met een bodem gelegen op ca. NAP - 10 m.



Figuur 2.6 Bathymetrie gegevens (t.o.v. NAP) rondom de waterkering Veerse Gatdam, linker figuur: bovenaanzicht, rechter figuur: 3D aanzicht (bron: [5]).

## 2.9 Geplande periode voor uitvoering

De uitvoering van de horizontaal gestuurde boringen is gepland in 2025/2026. Bij een naderende storm dienen de boorwerkzaamheden tijdelijk te worden gestopt en moet het uittredepunt van de horizontaal gestuurde boring worden beschermd. Hiertoe moeten maatregelen in het ontwerp worden meegenomen. Bij maatregelen kan worden gedacht aan een constructie uitgevoerd met geotubes en damwanden.

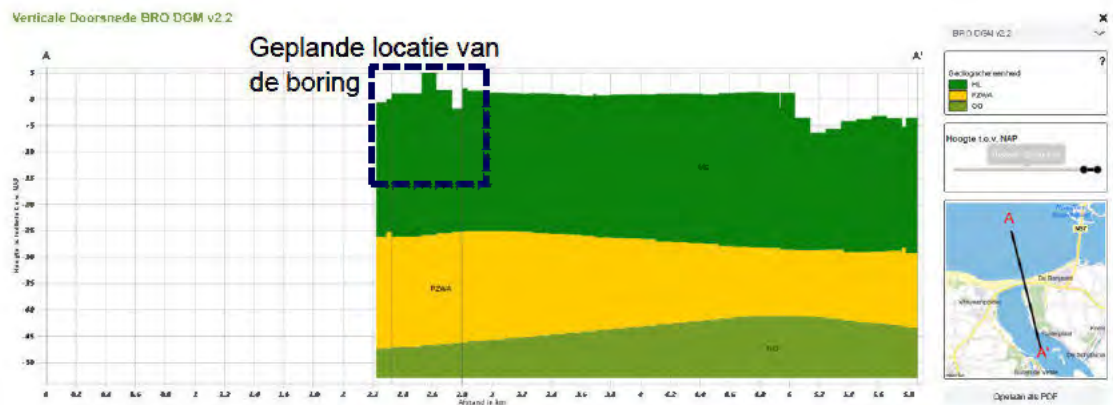
# 3 Geologie en geohydrologie

## 3.1 Geologie

### 3.1.1 Algemeen

De regionale geologische opbouw van de ondergrond ter plaatse van het boortracé tot NAP - 55 m diep is in Figuur 3.1 weergegeven. Het volgt uit Figuur 3.1 dat er drie geologische eenheden kunnen worden onderscheiden:

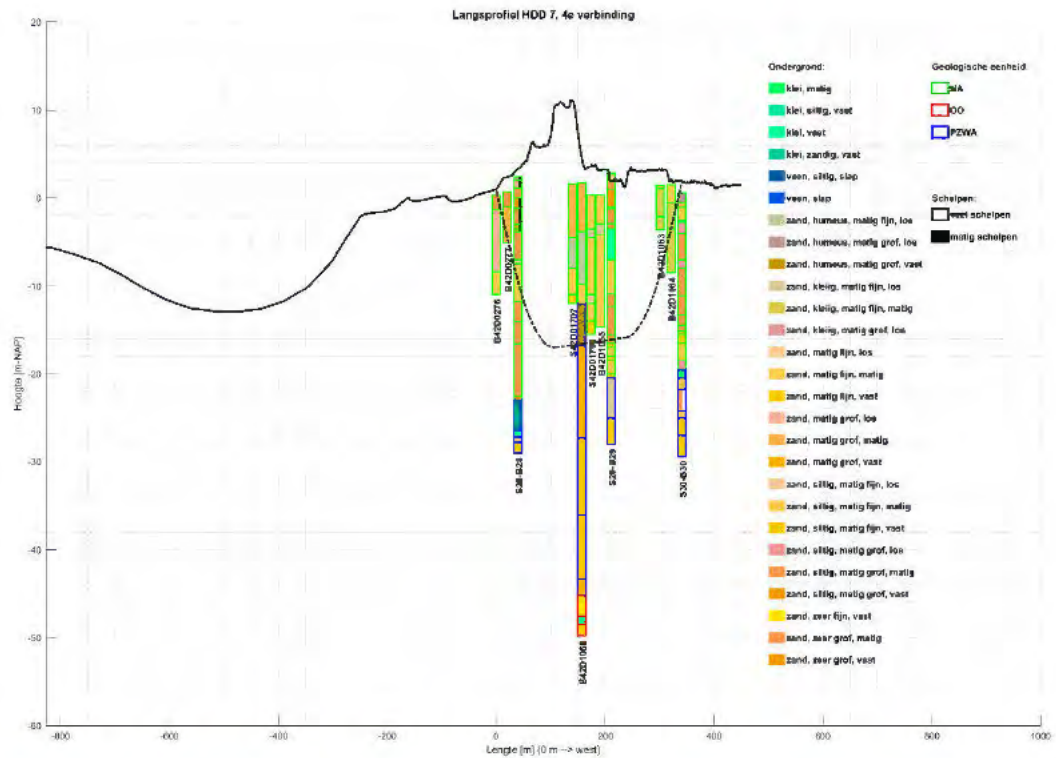
- HL (Holocene lagen, Formatie van Naaldwijk).
- PZWA (Formatie van Waalre).
- OO (Formatie van Oosterhout).



Figuur 3.1 Geologisch profiel ter plaatse van het boortracé tot NAP - 55 m diep (bron: Dinoloket).

### 3.1.2 Geologisch langsprofiel

Figuur 3.2 geeft het geologisch langsprofiel met de grondlagen en de voorgestelde boorlijn weer. De ligging van de grondlagen is uit de beschikbare boringen en sonderingen geïnterpreteerd. De Holocene lagen (Formatie van Naaldwijk) bestaan voornamelijk uit matig grof zand (met weinig tot matig veel schelpen). Er komen lokaal meer kleilig ontwikkelde lagen voor.



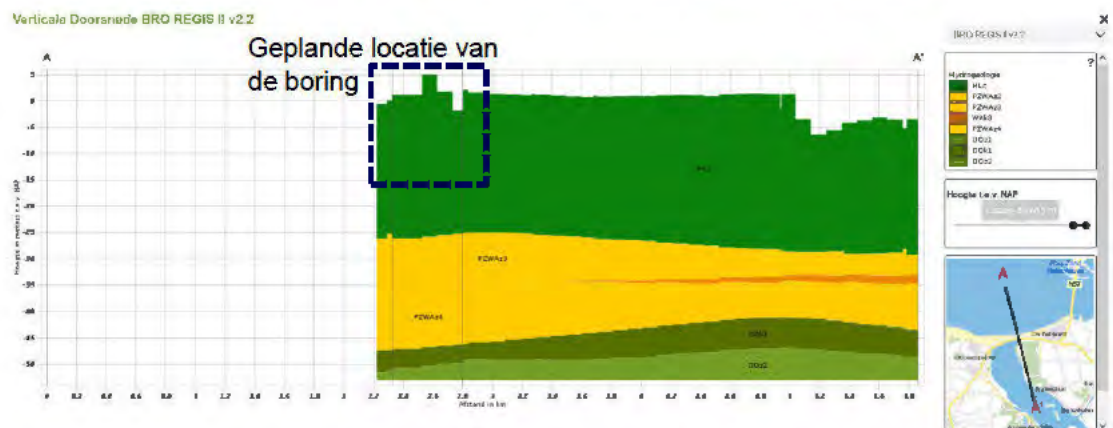
Figuur 3.2 Geologisch langsprofiel met grondlagen en de door TenneT voorgestelde boorlijnen.

Het diepste punt van de vloerpijp van de voorgestelde boorlijn ligt op NAP - 17 m. De vloerpijp bevindt zich in een matig tot vast gepakt matig grof zandpakket van de Formatie van Naaldwijk (NA).

## 3.2 Geohydrologie

### 3.2.1 Geohydrologisch langsprofiel

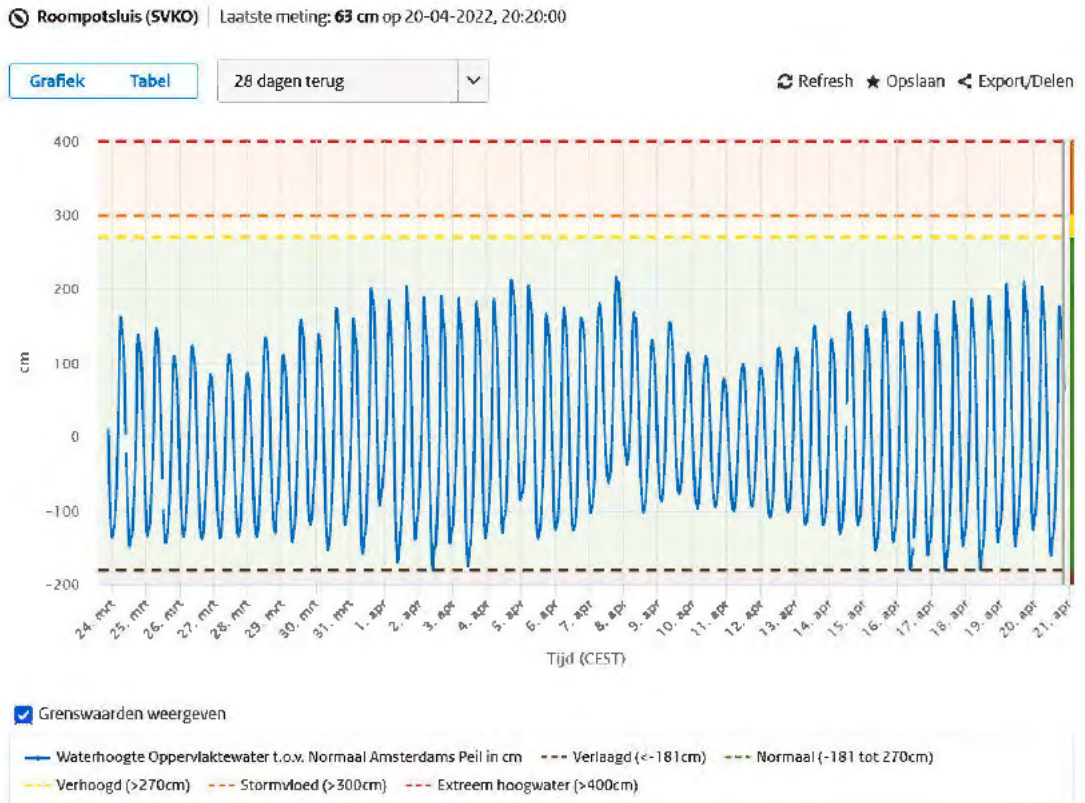
Het geohydrologische profiel ter plaatse van het boortracé is in Figuur 3.3 weergegeven. De Formatie van Waalre (PZWA) bestaat voor een groot deel uit zand (PZWaz3 en PZWaz4). Bij de overgang tussen de Holocene lagen (HL) en de Formatie van Waalre (PZWA) kan een kleilaag voorkomen (in de classificatie die vroeger werd gebruikt werd dit klei uit de Kedichem formatie genoemd). De Formatie van Oosterhout (OO) bevindt zich op grote diepte.



Figuur 3.3 Geohydrologisch profiel ter plaatse van het boortracé tot NAP - 55 m diep (bron: Dinoloket).

### 3.2.2 Zee waterstand

De gemeten dagelijkse zee­water­stand in het voorland van de Veerse Gatdam kan worden ontleend aan de metingen bij Roompotsluis (zie de locatie in Figuur 3.4). In Figuur 3.4 zijn de water­stand­metingen bij Roompotsluis van de afgelopen 28 dagen weergegeven. Uit de water­stand­metingen in de buurt (bij Roompotsluis) blijkt dat de dagelijkse water­stand tot NAP + 2,7 m kan oplopen. De gemiddelde en de lage zee­water­stand bedragen respectievelijk NAP + 0 m en NAP - 2 m.



Figuur 3.4 Gemeten dagelijkse zeespiegel over 28 dagen [bron: waterinfo.rws.nl].

### 3.2.3 Freatische grondwaterstand in het achterland

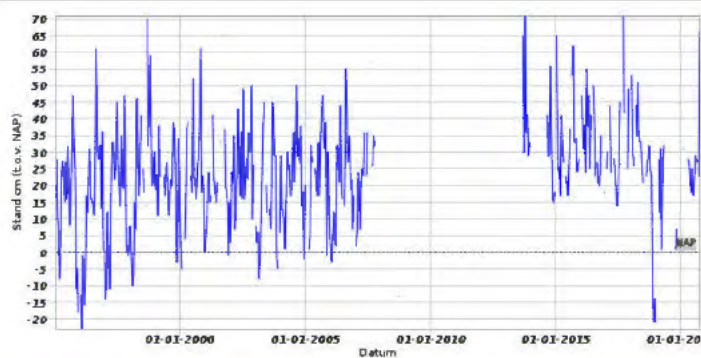
#### 3.2.3.1 Metingen uit Dinoloket

De relevante freatische grondwater­stand­metingen in het achterland van de Veerse Gatdam in de buurt van de geplande HDD's zijn terug te vinden in grondwaterput B42D0542, B42D0543 en B42D0058. De locatie van deze grondwaterputten zijn in Figuur 3.5 weergegeven. De freatische grondwater­stand­metingen van deze grondwaterputten zijn in Figuur 3.6 t/m 3.8 weergegeven.



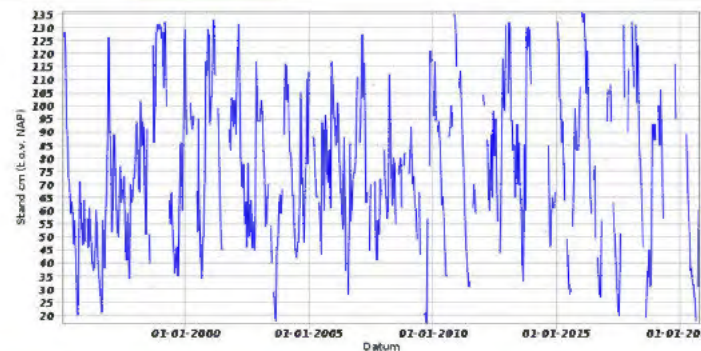


Figuur 3.5 Locatie van grondwaterput B42D0542, B42D0543 en B42D0058 (bron: Dinoloket).



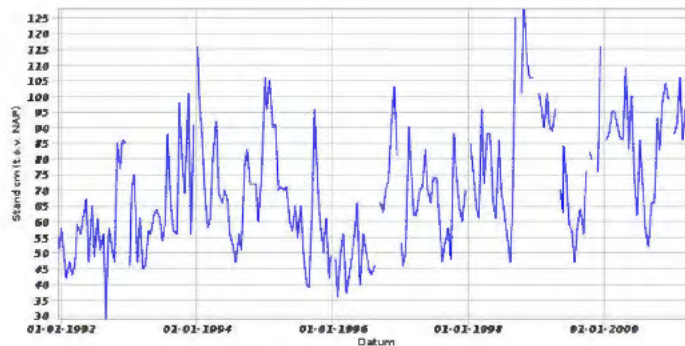
Identificatie buis:	B42D0542-001
Coördinaten:	34328, 401081 (RD)
Maalveld:	0.66 m t.o.v. NAP
Hoogte bovenkant filter t.o.v. NAP:	-0.52 m
Hoogte onderkant filter t.o.v. NAP:	-1.52 m
Diepte bovenkant filter t.o.v. maalveld:	1.18 m
Diepte onderkant filter t.o.v. maalveld:	2.18 m
Drukopnemer aanwezig:	nee
Begindatum:	13-01-1995
Einddatum:	28-09-2020
Aantal metingen:	447

Figuur 3.6 Gemeten freatische waterstand in B42D0542 (bron: Dinoloket).



Identificatie buis:	B42D0543-001
Coördinaten:	34546, 401100 (RD)
Maalveld:	1.29 m t.o.v. NAP
Hoogte bovenkant filter t.o.v. NAP:	0.07 m
Hoogte onderkant filter t.o.v. NAP:	-0.93 m
Diepte bovenkant filter t.o.v. maalveld:	1.22 m
Diepte onderkant filter t.o.v. maalveld:	2.22 m
Drukopnemer aanwezig:	nee
Begindatum:	13-01-1995
Einddatum:	28-09-2020
Aantal metingen:	553

Figuur 3.7 Gemeten freatische waterstand in B42D0543 (bron: Dinoloket).



Identificatie buis:	B42D0058-001
Coördinaten:	34609, 401367 (RD)
Maalveld:	1.65 m t.o.v. NAP
Hoogte bovenkant filter t.o.v. NAP:	-1.06 m
Hoogte onderkant filter t.o.v. NAP:	-2.06 m
Diepte bovenkant filter t.o.v. maalveld:	2.71 m
Diepte onderkant filter t.o.v. maalveld:	3.71 m
Drukopnemer aanwezig:	nee
Begindatum:	13-12-1991
Einddatum:	26-04-2001
Aantal metingen:	218

Figuur 3.8 Gemeten freatische waterstand in B42D0058 (bron: Dinoloket).

De gemiddelde freatische waterstand uit de bovengenoemde grondwaterputten is in Tabel 3.1 opgenomen. De gemiddelde waarden zijn bepaald vanaf 01-01-2000.

Tabel 3.1 Gemiddelde freatische waterstand uit de grondwaterputten in de buurt van de Veerse Gatdam [bron: Dinoloket].

Boring	b.k. boring [m-NAP]	Gemiddelde freatische waterstand [m-NAP]
B42D0542	+0,66	+0,35 (filter tussen NAP - 6,57 m en NAP - 7,57 m)
B42D0543	+1,29	+0,80 (filter tussen NAP + 0,07 m en NAP - 0,93 m)
B42D0058	+1,65	+0,80 (filter tussen NAP - 1,06 m en NAP - 2,06 m)

### 3.2.3.2 Metingen uit boringen

De gemeten freatische grondwaterstand uit de boringen betreft een momentopname bij de uitvoering van de boringen. De gemeten freatische waterstand uit de boringen is in Tabel 3.2 opgenomen.

Tabel 3.2 Gemeten freatische waterstand uit boringen [18].

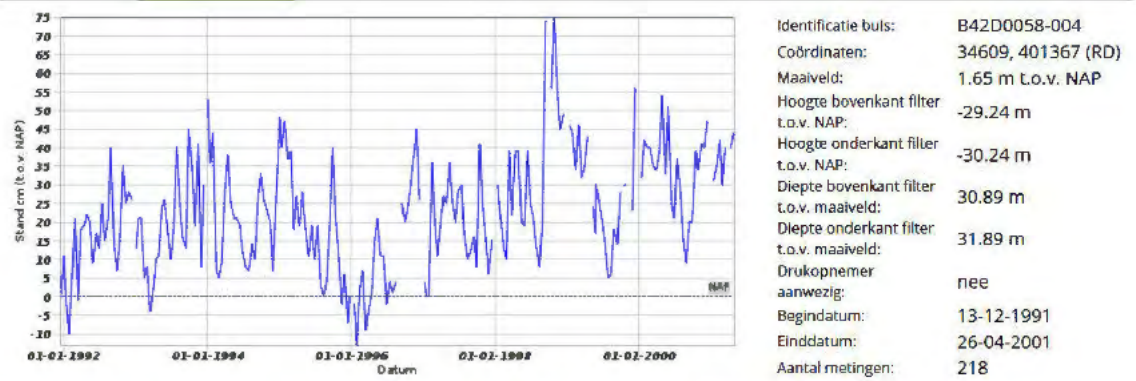
Boring	b.k. boring [m-NAP]	Gemeten freatische waterstand [m-NAP]	Meetdatum
MB28	+2,43	+1,18 (filter tussen NAP - 6,57 m en NAP - 7,57 m)	26-08-2020
MB29	+2,87	+0,77 (filter tussen NAP - 9,03 m en NAP - 10,3 m)	01-09-2020
MB30	+0,61	-1,99 (filter tussen NAP - 8,39 m en NAP - 9,39 m)	24-08-2020

## 3.2.4 Stijghoogte van de 1<sup>e</sup> watervoerende laag

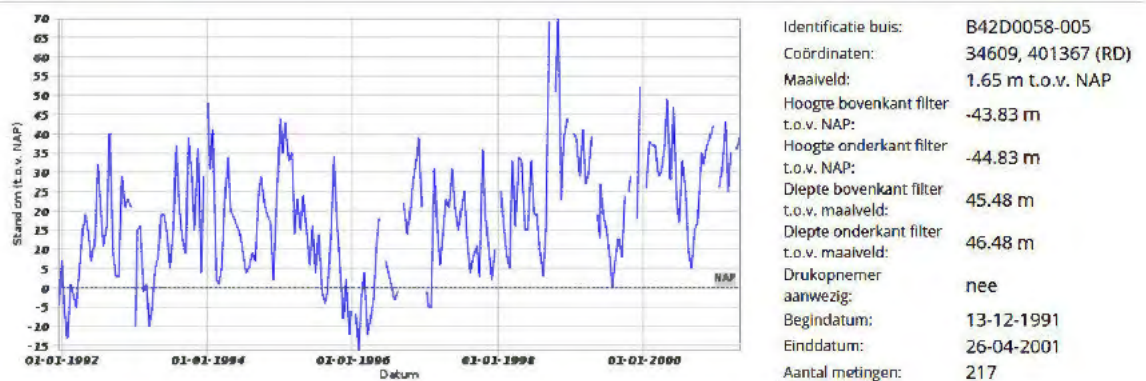
### 3.2.4.1 Metingen uit Dinoloket

De stijghoogte van de 1<sup>e</sup> watervoerende laag is gemeten in grondwaterput B42D0058 (zie de locatie in Figuur 3.5). De stijghoogte van de 1<sup>e</sup> watervoerende laag in de zandlaag van de Formatie van Waalre (PZWA) gemeten op twee diepten (NAP - 29,24 m en NAP - 43,83 m) is in Figuur 3.9 en 3.10 weergegeven.

Het volgt uit Figuur 3.9 en 3.10 dat gemiddelde stijghoogte (berekend vanaf 01-01-2000) ca. NAP + 0,35 m bedraagt. De gemiddelde stijghoogte is ca. 0,5 m lager dan de gemiddelde freatische grondwaterstand van dezelfde grondwaterput (B42D0058, zie Tabel 3.1).



Figuur 3.9 Gemeten stijghoogte in de 1<sup>e</sup> watervoerende laag tussen NAP - 29,24 m en NAP - 30,24 m (bron: Dinoloket).

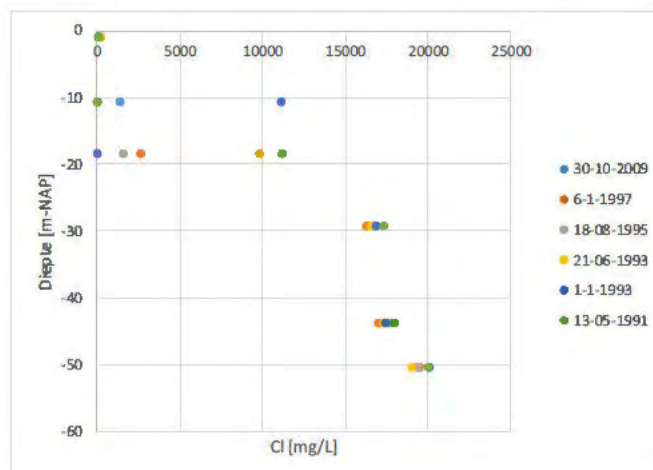


Figuur 3.10 Gemeten stijghoogte in de 1<sup>e</sup> watervoerende laag tussen NAP - 43,83 m en NAP - 44,83 m (bron: Dinoloket).

### 3.2.5

#### Chloridegehalte

Het chloridegehalte in de ondergrond tot NAP - 51 m diep is in grondwaterput B42D0058 gemeten (zie de locatie in Figuur 3.5). De chloridegehalte metingen op verschillende diepten uit D42D0058 zijn in Figuur 3.11 weergegeven. Het volgt uit Figuur 3.11 dat zout grondwater kan worden verwacht ter plaatse van de diepere grondlagen. Mogelijk kan er ter plaatse van het intredepunt in de bovenste grondlagen zoet water worden aangetroffen.



Figuur 3.11 Gemeten chloridegehalte in B42D0058 (bron: Dinoloket).



Tabel 4.1 Grondparameters per grondlaag.

Laagnaam	$\gamma/\gamma_{verz}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E_{100}$ [kPa]
Zand kleiig, matig grof, los (NA, PZWA) Zand humeus, matig grof, los (NA) Zand siltig, matig grof, los (NA)	18/20	0	25	15000
Zand, zeer grof, los (NA)	17/19	0	30	15000
Zand, matig grof, matig (NA) Zand, matig fijn, matig (NA) Zand, zeer grof, matig (NA)	18/20	0	32,5	45000
Zand siltig, matig grof, matig (NA) Zand siltig, zeer grof, matig (NA) Zand siltig, matig fijn, matig (PZWA)	18/20	0	27	35000
Zand siltig, zeer grof, vast (NA) Zand siltig, matig fijn, vast (PZWA) Zand, matig fijn vast (PZWA, OO) Zand, zeer fijn, vast (OO)	19/21	0	35	75000
Klei, matig (PZWA)	17/17	5	17,5	2000
Klei, zandig, vast (PZWA)	18/18	0	27,5	2000
Klei siltig, vast (NA) Klei, vast (NA, OO)	19/19	13	17,5	4000
Veen, slap (NA)	10/10	1	15	200

Toelichting:

$\gamma$  = volumegewicht boven water.

$\gamma_{verz}$  = volumegewicht onder water (verzadigd).

$c'$  = gedraineerde cohesie.

$\phi'$  = gedraineerde inwendige wrijvingshoek.

$E_{100}$  = elasticiteitsmodulus onder 100 kPa effectieve verticale spanning.

## 4.4 Boorfasen

De volgende uitgangspunten per boorfase zijn in de ontwerpberekeningen toegepast:

- Pilot:
  - Boorgatdiameter: 254 mm.
  - Uitstroomdebiet: 900 liter/min.
  - Circulatieverlies: 30%.
- Ruimen (normale ruimfase):
  - Boorgatdiameter: 585 mm [1].
  - Uitstroomdebiet: 1500 liter/min.
  - Circulatieverlies: 20%.
- Intrekken:
  - Boorgatdiameter: 585 mm [1].
  - Uitstroomdebiet: 1000 liter/min.
  - Circulatieverlies: 20%.

De diameter van de boorpijpen is voor alle boven genoemde fasen is 101,6 mm (4").

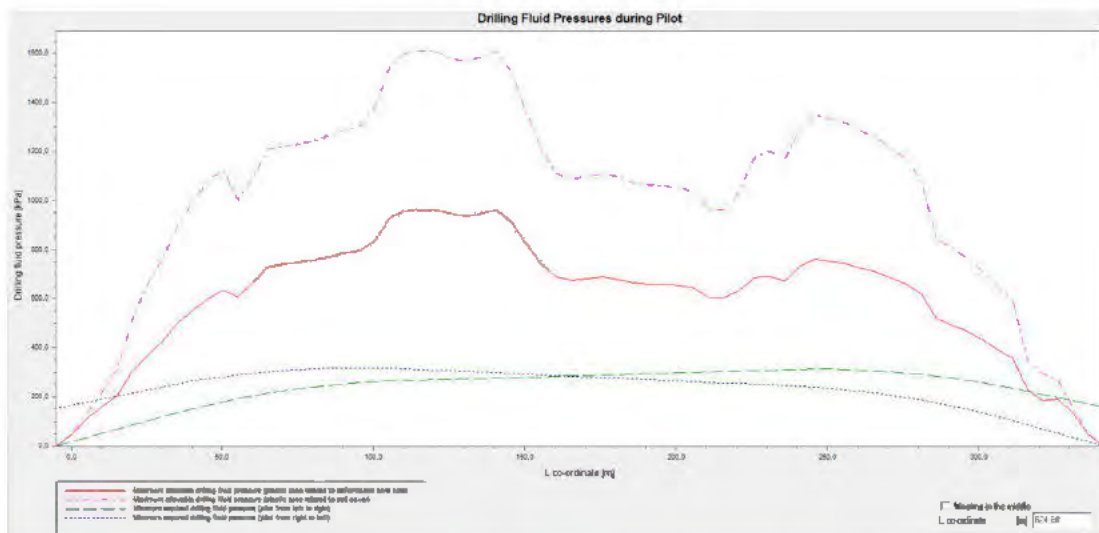
## 4.5 Boorvloeistof

De volgende eigenschappen van boorvloeistof zijn in de berekening toegepast:

- Volumegewicht met los geboorde grond: 11,1 kN/m<sup>3</sup>.
- Zwichtspanning: 14 Pa.
- Plastische viscositeit: 0,04 Pa.s.







Figuur 5.2 Minimale benodigde en maximale boorvloeistofdrukken tijdens pillootfase ( $L = 0$  m is uitredepunt).

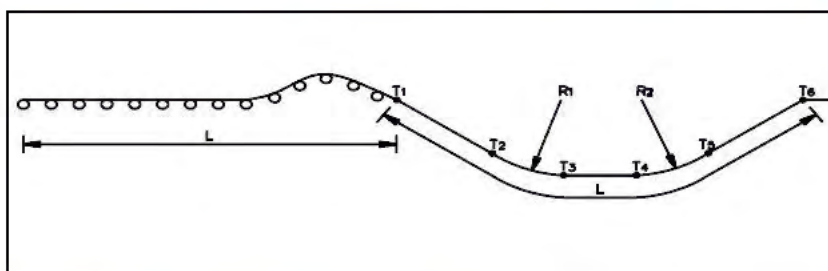
De minimale benodigde boorvloeistofdruk voor de laatste 15 m is hoger dan de maximale toelaatbare boorvloeistofdruk (zie Figuur 5.2). Over deze lengte dient te worden geboord met een lagere druk en debiet zonder een volledige retourstroming, zodat geen blow out op het strand optreedt.

### 5.3 Trekkraft

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ondervindt de leiding een wrijving die (conform NEN 3650-1:2020 [8]) is opgebouwd uit:

- Wrijving tussen leiding en zeebodem en/of equipment ( $f_1$ ).
- Wrijving tussen leiding en boorvloeistof ( $f_2$ ).
- Wrijving tussen leiding en grond ( $f_3$ ).

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ontstaat een trekkraft in de leiding. Op geselecteerde punten in het boortracé volgens Figuur 5.3 zijn de trekkraften berekend.



Figuur 5.3 Schema trekkraftberekening [8].

Het resultaat van de trekkraft berekening is hieronder samengevat. De trekkraft berekening is voor een geval van een 100% gevulde leiding (met water) en een geval van een niet-gevulde leiding uitgevoerd. Meer gedetailleerde informatie over de trekkraftberekeningen is in Bijlage A van dit rapport beschikbaar. Alleen de berekeningen met een niet gevulde leiding en een hoge freatische waterstand van NAP + 2 m zijn in die bijlage beschikbaar.

#### 5.3.1 100% gevulde leiding (met water)

De maximale trekkraft zonder de volgens NEN 3650-1:2020 vereiste veiligheidsfactor is in Tabel 5.1 gegeven voor het geval met een 100% gevulde leiding (met water). De maximale



trekkracht zonder veiligheidsfactor bedraagt 55 kN. Met de veiligheidsfactor van 1,4 (zie het uitgangspunt in hoofdstuk 4.9) bedraagt de maximale trekkracht 77 kN.

Tabel 5.1 Overzicht trekkrachtberekenningsresultaten (exclusief veiligheidsfactor) voor het geval met een 100% gevulde leiding (met water).

Punt	Lengte leiding [m]	Trekkracht [kN]
T1	0	55
T2	35	53
T3	116	55
T4	245	49
T5	321	51
T6	350	50

### 5.3.2 Niet-gevulde leiding

De maximale trekkracht zonder de volgens NEN 3650-1:2012 vereiste veiligheidsfactor is in Tabel 5.2 gegeven voor het geval met een niet-gevulde leiding. De maximale trekkracht zonder veiligheidsfactor bedraagt 128 kN. Met de veiligheidsfactor van 1,4 (zie het uitgangspunt in hoofdstuk 4.9) bedraagt de maximale trekkracht 179 kN.

Tabel 5.2 Overzicht trekkrachtberekenningsresultaten (exclusief veiligheidsfactor) voor een geval met een niet-gevulde leiding.

Punt	Lengte leiding [m]	Trekkracht [kN]
T1	0	18
T2	35	27
T3	116	55
T4	245	90
T5	321	120
T6	350	128

## 5.4 Leidingsterkte

Om te kunnen beoordelen of de optredende spanningen in de leiding tijdens de aanleg en in de gebruiksfase toelaatbaar zijn, is een sterkte berekening voor de leiding met het programma D-Geo Pipeline volgens NEN 3650-1:2012 [10] gemaakt. Volgens NEN 3650-1:2020 dient de spanning in de leiding te worden gecontroleerd voor 5 belastingcombinaties:

- Combinatie 1A: begin van intrekfase.
- Combinatie 1B: einde van intrekfase.
- Combinatie 2: inwendige druktest.
- Combinatie 3: gebruiksfase zonder inwendige belasting.
- Combinatie 4: gebruiksfase met inwendige belasting.

Belasting combinatie 2 is niet relevant, omdat de leidingen drukloze leidingen zijn (mantelbuizen voor elektriciteitskabels). In belastingcombinatie 4 is tevens de bijdrage aan de spanning door temperatuurbelasting beschouwd. Door een hoog temperatuurverschil van 50° C (zie de uitgangspunten in hoofdstuk 4.7) worden de spanningen (axiaal en tangentieel) in belastingcombinatie 4 getoetst aan een lagere MRS waarde. Deze MRS waarde bedraagt 6,5 MPa [9]. Hieruit volgt de toelaatbare spanning op lange termijn. Deze bedraagt 5,2 MPa ( $\gamma_m = 1,25$  [10]).

De sterkteberekening van een PE-leiding bestaat uit een spannings-, deflectie- en een implosieberekening. De samenvatting van de sterkteberekeningen is hieronder beschreven. De leidingsterkte berekeningen zijn voor een geval van een 100% gevulde leiding (met water) en een geval van een niet-gevulde leiding uitgevoerd. De sterkteberekening met een niet gevulde leiding is in Bijlage A van dit rapport terug te vinden.

## 5.4.1 Spanningen

### 5.4.1.1 100% gevulde leiding (met water)

Het resultaat van de leidingsterkte berekening voor het geval met een 100% gevulde leiding (met water) is in Tabel 5.3 gegeven.

Tabel 5.3 Sterkteberekening voor het geval met een 100% gevulde leiding (met water).

	Toelaatbare spanning [MPa]	1A [MPa]	1B [MPa]	2 [MPa]	3 [MPa]	4 [MPa]
Sigma_ptest	10 (kort)	-	-	-	-	-
Sigma_py	8 (lang)	-	-	-	-	-
Sigma_axiaal	10 (kort)	2,12	1,99	-	-	-
Sigma_axiaal	8* en 5,2** (lang)	-	-	-	0,24	3,32
Sigma_tangentiaal	10 (kort)	-	0,27	-	-	-
Sigma_tangentiaal	8* en 5,2** (lang)	-	-	-	3***	3***

\*toetswaarde voor belastingcombinatie 3 \*\*toetswaarde voor belastingcombinatie 4

\*\*\*bij freatische waterstand NAP - 2 m.

Uit Tabel 5.3 volgt dat de spanningen in de leiding voor alle spanningssituaties (belasting combinatie 1A tot en met 4) voor het geval met een 100% gevulde leiding toelaatbaar zijn.

### 5.4.1.2 Niet-gevulde leiding

Het resultaat van de leidingsterkte berekening voor het geval met een niet-gevulde leiding is in Tabel 5.4 gegeven.

Tabel 5.4 Sterkteberekening voor het geval met een niet-gevulde leiding.

	Toelaatbare spanning [MPa]	1A [MPa]	1B [MPa]	2 [MPa]	3 [MPa]	4 [MPa]
Sigma_ptest	10 (kort)	-	-	-	-	-
Sigma_py	8 (lang)	-	-	-	-	-
Sigma_axiaal	10 (kort)	1,13	4,6	-	-	-
Sigma_axiaal	8* en 5,2** (lang)	-	-	-	0,24	3,32
Sigma_tangentiaal	10 (kort)	-	0,27	-	-	-
Sigma_tangentiaal	8* en 5,2** (lang)	-	-	-	3***	3***

\*toetswaarde voor belastingcombinatie 3 \*\*toetswaarde voor belastingcombinatie 4.

\*\*\*bij freatische waterstand NAP - 2 m.

Uit Tabel 5.4 volgt dat de spanningen in de leiding voor alle spanningssituaties (belasting combinatie 1A tot en met 4) voor het geval met een niet-gevulde leiding toelaatbaar zijn.

## 5.4.2 Deflectie

De berekende deflectie van de PE leiding is in Tabel 5.5 gegeven. Het volgt uit Tabel 5.5 dat de optredende deflectie toelaatbaar is.

Tabel 5.5 Deflectie leiding.

Berekende deflectie [mm]	Maximale deflectie [mm]	Maximale deflectie voor piggability [mm]
5,9 (1,31% van D <sub>o</sub> *)	36	22,5

\*uitwendige diameter van leiding

### 5.4.3 Implosie

De implosie voor de PE leiding is berekend voor de situatie tijdens intrekken en de situatie tijdens de gebruiksfase. Een gevulde leiding en een niet gevulde leiding zijn beschouwd.

#### 5.4.3.1 100% gevulde leiding (met water)

Het resultaat van de implosieberekening voor het geval met een 100% gevulde leiding is in Tabel 5.6 gegeven.

Tabel 5.6 Analyse aan implosie voor het geval met een 100% gevulde leiding (met water).

Geval	Druk op leiding [kPa]	Toelaatbare spanning [kPa]
Tijdens intrekken	240	1749
Tijdens gebruiksfase	185	470

Het volgt uit Tabel 5.6 dat implosie voor het geval met een 100% gevulde leiding niet zal optreden.

#### 5.4.3.2 Niet-gevulde leiding

Het resultaat van de implosieberekening voor het geval met een niet-gevulde leiding is in Tabel 5.7 gegeven.

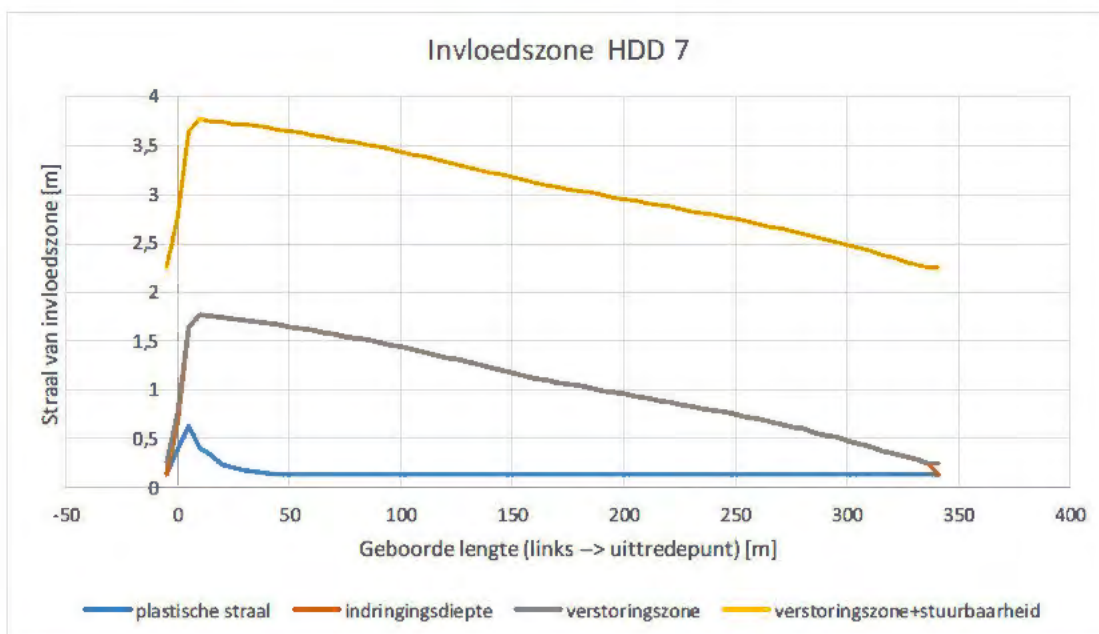
Tabel 5.7 Analyse aan implosie voor het geval met een niet-gevulde leiding.

Geval	Druk op leiding [kPa]	Toelaatbare spanning [kPa]
Tijdens intrekken	240	1559
Tijdens gebruiksfase	185	280

Het volgt uit Tabel 5.6 dat implosie voor het geval met een niet gevulde leiding niet zal optreden.

## 5.5 Tussenafstand tussen de boorlijnen van de HDD's

De berekende straal van de verstoringzone langs de geplande boorlijn is in Figuur 5.4 weergegeven. Een sturingsnauwkeurigheid van 2 m is in de berekening meegenomen. In de berekening is de minimale benodigde boorvloeistofdruk van de laatste 15 m voor het uittredepunt gelijk aan de maximale toelaatbare boorvloeistofdruk gezet in verband met de mogelijkheid van een blow-out (zie de opmerking in hoofdstuk 5.2).



Figuur 5.4 Straal van verstoringzone langs de boorlijn van geplande HDD kruising (HDD 7 Nederwiek 1).

Er worden 3 parallelle HDD's uitgevoerd. De minimale afstand tussen twee HDD's dient groter te zijn dan de straal van de verstoringzone (maximale waarde van de plastische straal of indringingsdiepte van boorvloeistof) vermeerderd met de sturingsnauwkeurigheid (in dit geval 2 m) van de twee HDD's.

#### 5.5.1 Intredepunt

De maximale verstoringzone inclusief stuurcorrectie is ca. 2,25 m (zie Figuur 5.4). Voor een boorgat van 0,585 m bedraagt de minimale afstand tussen het ene boorgat (2,25 m verstoringzone + 0,293 m boorgatstraal) en het andere boorgat (2 m stuurcorrectie + 0,293 m boorgatstraal) 4,84 m. De voorgestelde tussenafstand van de intredepunten is 5 m en derhalve voldoende.

#### 5.5.2 Uittredepunt

De maximale verstoringzone inclusief stuurcorrectie is ca. 3,86 m (zie Figuur 5.4). Voor een boorgat van 0,585 m bedraagt de minimale afstand tussen het ene boorgat (3,86 m verstoringzone + 0,293 m boorgatstraal) en het andere boorgat (2 m stuurcorrectie + 0,293 m boorgatstraal) 6,45 m. De voorgestelde tussenafstand van de uittredepunten is 20 m tussen de boorlijnen en derhalve voldoende.

## 6 Invloed op de waterveiligheid van de waterkering

### 6.1 Algemeen

Bij de beschouwing van de waterveiligheid van de waterkering de Veerse Gatdam zullen 3 situaties moeten worden beschouwd:

1. Aanleg van de mantelbuizen door horizontaal gestuurd boren.
2. Aanbrengen van de kabels in de mantelbuizen.
3. Situatie als de kabels in gebruik zijn (bij hoog water).

Bij de beoordeling van het effect van de aanleg van de mantelbuizen en het aanbrengen van de kabels op de waterkering en de aanwezigheid van mantelbuizen en kabels na installatie, zullen de relevante dijkfaalmechanismen moeten worden beoordeeld. De relevante mechanismen zijn hieronder weergegeven:

1. Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU).
2. Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI).
3. Piping (STPH).
4. Hoogte en erosie (GEKB).
5. Afschuiving (VLAF) en zettingsvloeiing voorland (VLZV).
6. Duinafslag.

In aanvulling op de bovenstaande dijkfaalmechanismen zal in dit geval ook het dijkfaalmechanisme 'zettingvloeiing achterland' moeten worden beschouwd, omdat er aan de binnendijkse zijde ook een onderwatertalud aanwezig is.

Tijdens de aanleg van de mantelbuizen en het aanbrengen van de kabels kan de stabiliteit van de waterkering mogelijk worden beïnvloed door de geplande werkzaamheden. De volgende werkzaamheden zijn voorzien:

- Het door middel van horizontaal gestuurd boren aanleggen van de leidingen die als mantelbuizen gaan fungeren voor kabels. Bij het boren zullen de invloed van de boorvloeistofdruk en het optreden van trillingen van de boorkop op de stabiliteit van de waterkering en vooroever en het onderwater talud binnendijks worden beschouwd.
- Het aanbrengen van damwanden op het strand, doorlopend in ondiep water. De effecten van het trillend installeren van damwanden op het faalmechanisme macrostabieliteit buitenwaarts zullen moeten worden beschouwd, omdat de trillingen een effect zou kunnen hebben op de stabiliteit van het buitentalud van de waterkering. Ook ter plaatse van het onderwatertalud aan de binnendijkse zijde zal de stabiliteit moeten worden beoordeeld.
- Ontgraven tussen de damwanden om de aansluiting van de kabels uit de mantel buizen op de in een sleuf gelegde kabels mogelijk te maken. Ook hier zijn effecten op de waterkering mogelijk. De buitenwaartse stabiliteit zal moeten worden beschouwd.

In de eind situatie als de kabels in gebruik zijn genomen en er mogelijk hoogwater kan optreden, zal bij de beoordeling moeten worden gekeken naar een eventuele nazakking als gevolg van de volume afname van de boorvloeistof in de annulus van de boorgang en de gevolgen hiervan voor de hoogte en erosie van de waterkering. Tevens is het op deze locatie van belang dat het mechanisme piping zorgvuldig wordt beschouwd. Hierbij dient zowel de waterstroming door het boorgat te worden bekeken, maar ook de waterstroming door de mantelbuizen zal moeten worden beschouwd.

De Veerse Gatdam wordt ook getoetst op duinafslag. Door golven, stromingen en wind kan een afslagprofiel ontstaan. Als de gronddekking van de kabel voldoende is en de kabel onder een maatgevende afslagdiepte ligt zal de aanwezigheid van de kabel de duinafslag niet beïnvloeden.

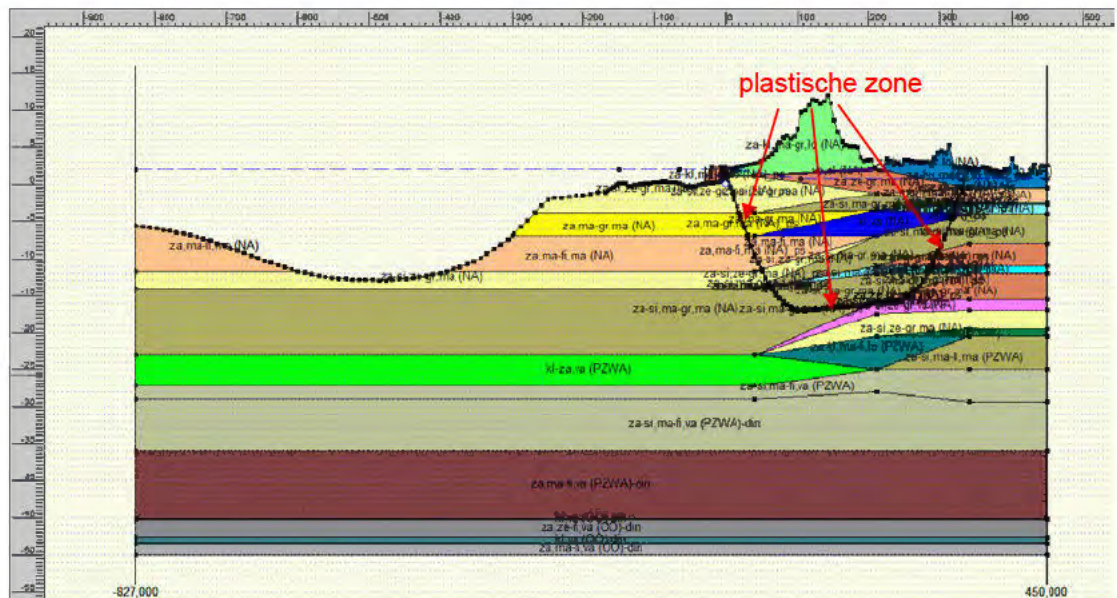
In dit hoofdstuk is de analyse voor macrostabiliteit (STBI en STBU) en duinafslag beschreven. De analyse voor afschuiving en zettingsvloeiing in het voorland en achterland is in hoofdstuk 7 beschreven. De analyse voor hoogte en erosie (GEKB) en (STPH) is in hoofdstuk 8 beschreven.

## 6.2 Macrostabiliteit

### 6.2.1 Uitgangspunten

#### 6.2.1.1 Beoordeling invloed van boren

Tijdens het pilotboren van de HDD ontstaat een plastische zone langs de boorlijn door de boorvloeistofdruk. In deze zone heeft de ondergrond tijdelijk nagenoeg geen schuifsterkte. Door de straal (omvang) van de plastische zone, kan de stabiliteitsfactor van de primaire waterkering lager worden. De berekende plastische zone als een functie van de geboorde lengte is Figuur 5.4 weergegeven. De berekende plastische zone rondom de boorlijn in de langsdoorsnede is in Figuur 6.1 weergegeven.



Figuur 6.1 Plastische zone langs de geplande boorlijn in de langsdoorsnede.

De invloed van het pilotboren op de waterveiligheid van de waterkering is beoordeeld aan de hand van de veiligheidsfactor bij afschuiven.

#### 6.2.1.2 Norm voor analyse

Aangezien de ondergrond rondom de primaire kering uit zand bestaat dient een stabiliteitsanalyse te worden uitgevoerd met Mohr-Coulomb (MC) parameters ( $c'$  en  $\phi'$ ). De analyse met MC parameters sluit aan het ontwerpinstrumentarium (OI) 2014 [11].

#### 6.2.1.3 Glijvlakmodel

De gebruikte modellen zijn Bishop en Uplift Van.

#### 6.2.1.4 Materiaalfactor ( $\gamma_c$ )

Voor de berekening met Mohr-Coulomb sterkteparameters ( $c'$  en  $\phi'$ ) gelden de volgende materiaalfactoren (zie Tabel 6.1).

Tabel 6.1 Materiaalfactor voor  $c'$  en  $\phi'$  [12].

Grondsoort	Volumegewicht	$c'$	$\tan \phi'$
Zand	1	1	1,2
Klei	1	1,25	1,2

#### 6.2.2 Schematisering freatische waterstand

De HDD uitvoering is gepland in 2025/2026. Deltares gaat ervan uit dat de uitvoering buiten het stormseizoen zal plaatsvinden. In de STBU analyse is de situatie met de dagelijkse lage waterstand (NAP - 2 m) in het voorland maatgevend. In de STBI analyse is de situatie met dagelijkse hoge waterstand (NAP + 2 m) in het voorland maatgevend.

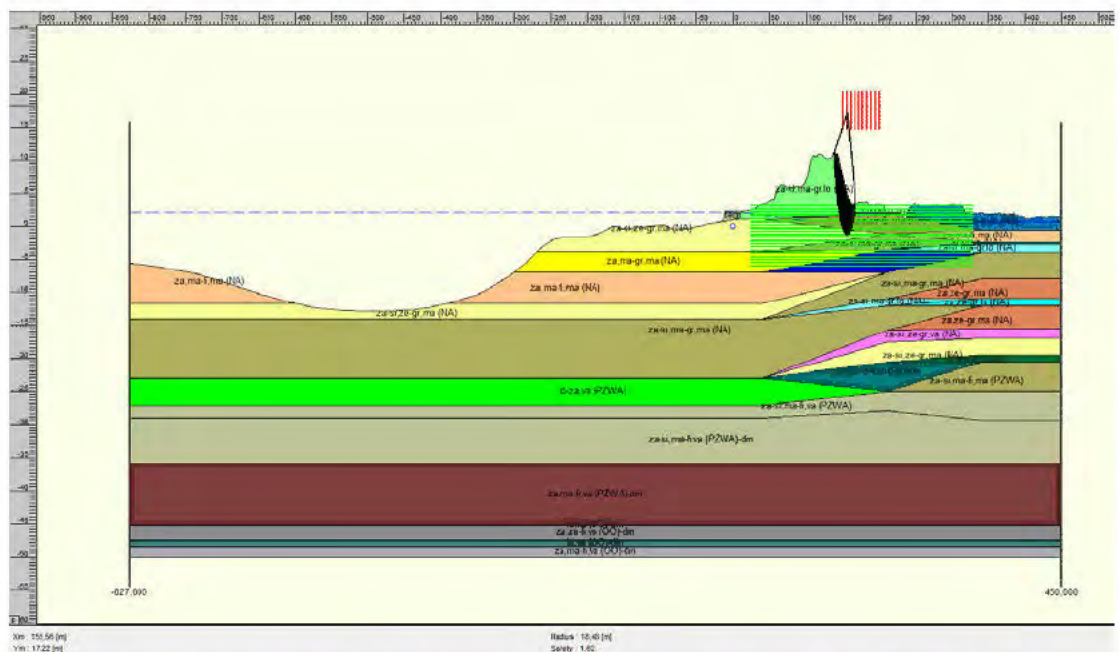
#### 6.2.3 Software

De stabiliteitsberekening is uitgevoerd met behulp van D-Geo Stability programma v.18.1.

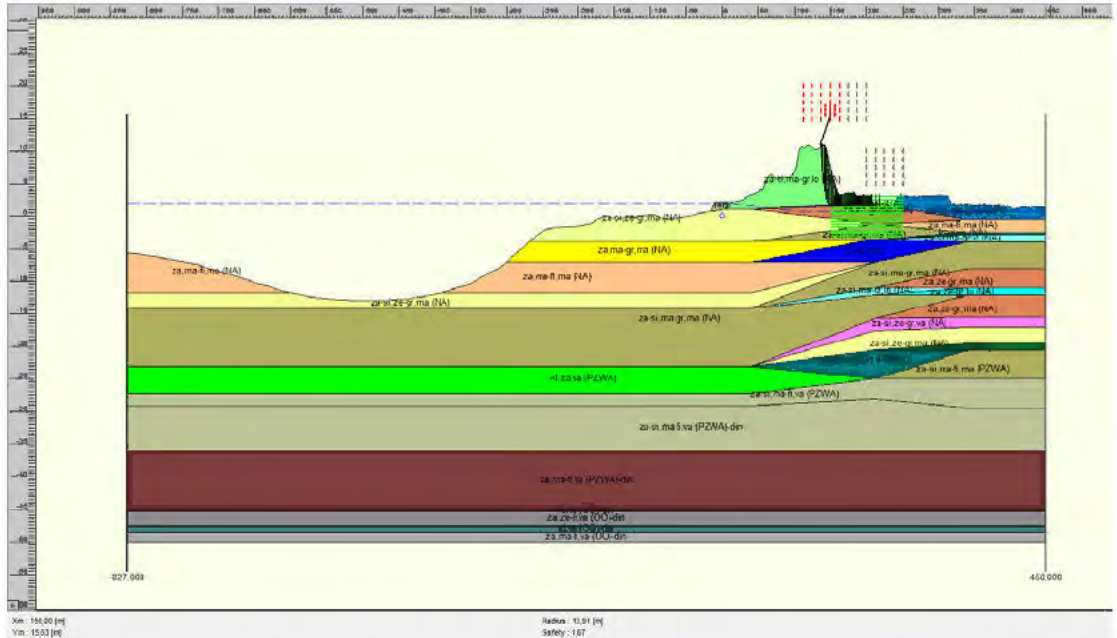
#### 6.2.4 Macrostabiliteit binnentalud (STBI)

##### 6.2.4.1 Zonder plastische straal (initiële situatie)

De initiële veiligheidsfactor van de waterkering voor het pilotboren (zonder plastische straal) bedraagt 1,62 (Bishop model) en 1,67 (Uplift Van model). Het maatgevende glijvlak is in Figuur 6.2 (Bishop model) en 6.3 (Uplift Van model) weergegeven.



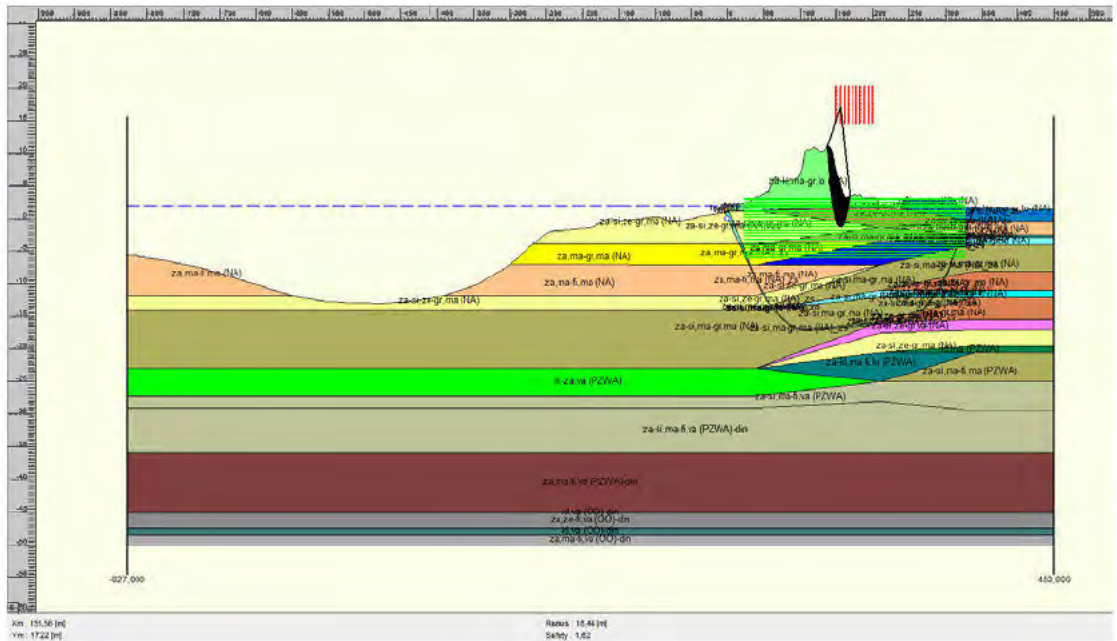
Figuur 6.2 Maatgevende glijvlak met Bishop model voor de situatie zonder plastische straal ( $FS = 1,62$ ).



Figuur 6.3 Maatgevende glijvlak met Uplift Van model voor de situatie zonder plastische straal (FS = 1,67).

#### 6.2.4.2 Met plastische straal (tijdens pilotboren)

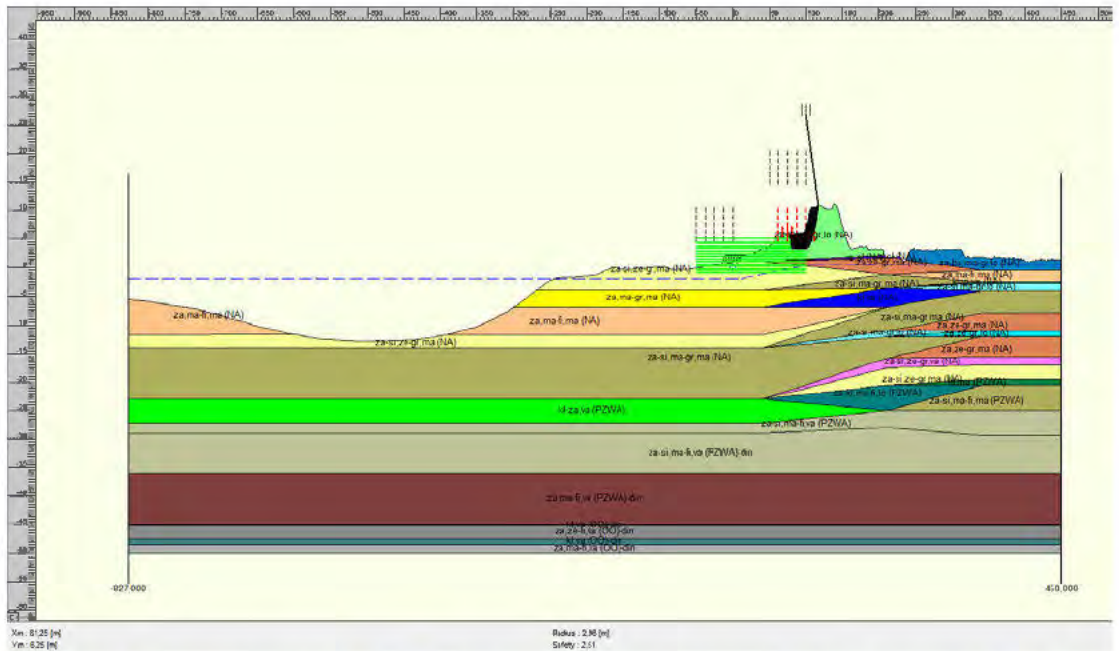
De veiligheidsfactor van de waterkering tijdens het pilotboren (met plastische straal) bedraagt 1,62 (Bishop model) en 1,67 (Uplift Van model). Het maatgevende glijvlak is in Figuur 6.4 (Bishop model) en 6.5 (Uplift Van model) weergegeven. Het maatgevende glijvlak van elk model bereikt de plastische straal rondom het boorgat niet. De plastische straal door het pilotboren beïnvloedt de veiligheidsfactor van de waterkering derhalve niet.



Figuur 6.4 Maatgevende glijvlak met Bishop model voor de situatie met plastische straal (FS = 1,62).



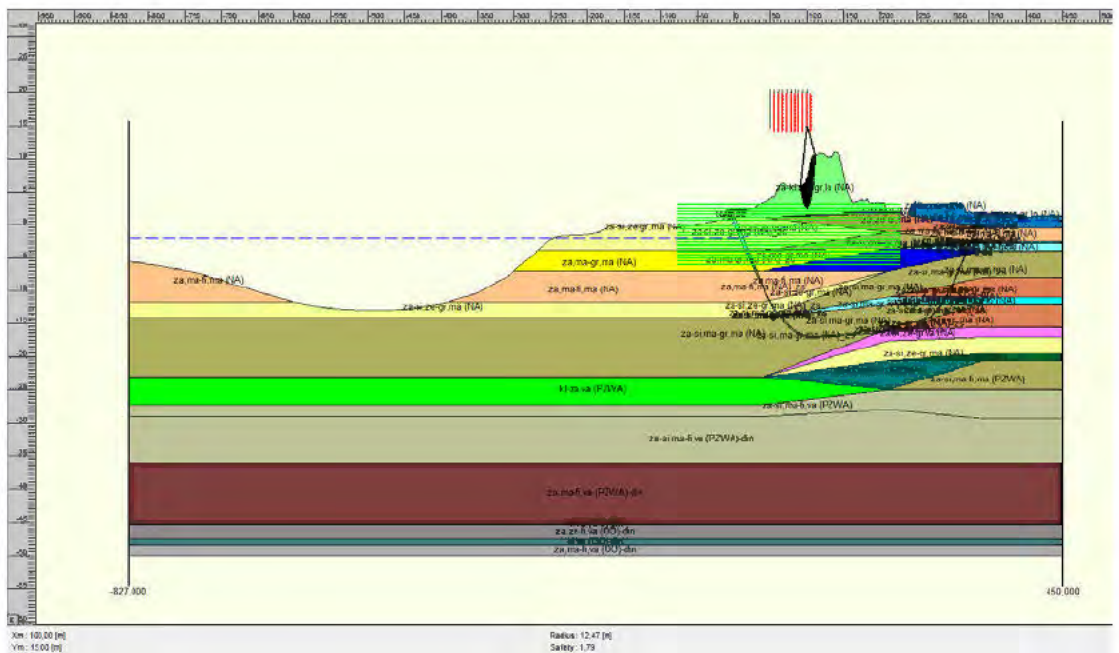




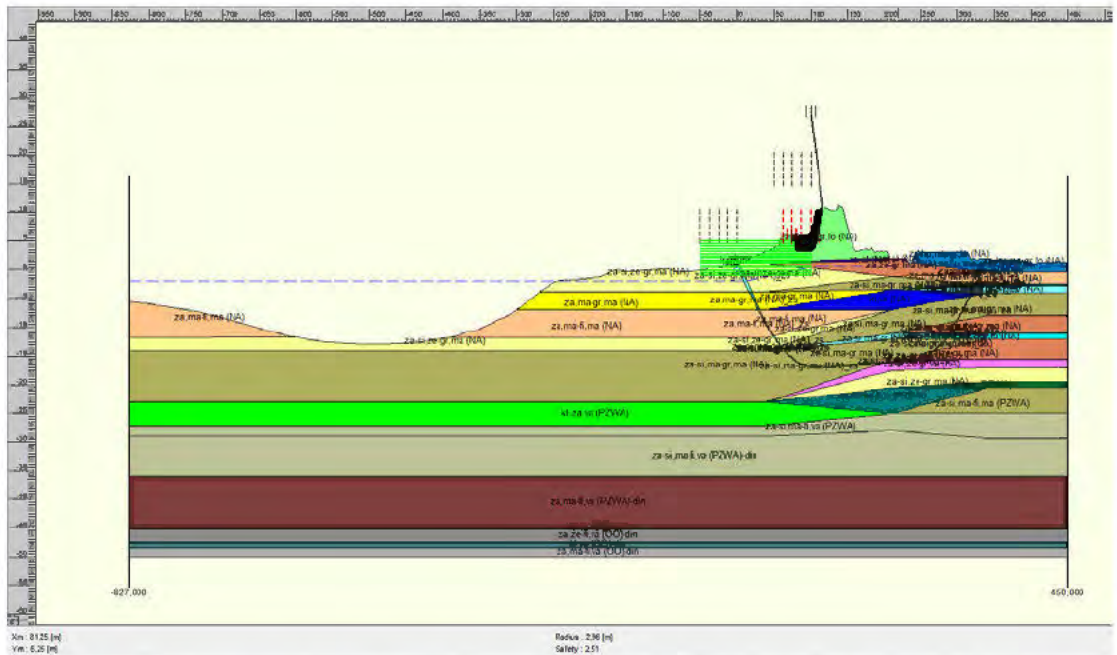
Figuur 6.7 Maatgevende glijvlak met Uplift Van model voor de situatie zonder plastische straal ( $FS = 2,51$ ).

### 6.2.5.2 Met plastische straal (tijdens pilotboren)

De veiligheidsfactor van de waterkering tijdens het pilotboren (met plastische straal) bedraagt 1,79 (Bishop model) en 2,51 (Uplift Van model). Het maatgevende glijvlak voor elk model is in Figuur 6.8 (Bishop model) en 6.9 (Uplift Van model) weergegeven. Het maatgevende glijvlak van elk model bereikt de plastische straal rondom het boorgat niet. De plastische straal door het pilotboren beïnvloedt de veiligheidsfactor van de waterkering derhalve niet.



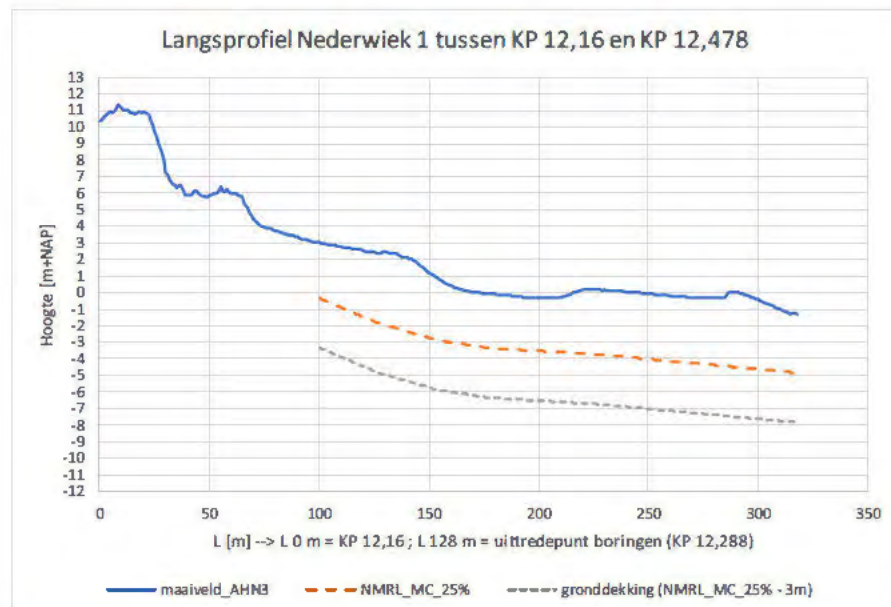
Figuur 6.8 Maatgevende glijvlak met Bishop model voor de situatie met plastische straal ( $FS = 1,79$ ).



Figuur 6.9 Maatgevende glijvlak met Uplift Van model voor de situatie met plastische straal (FS = 2,51).

### 6.3 Duinafslag

De aan te leggen kabels dienen een voldoende gronddekking hebben onder een maatgevende afslagdiepte. Volgens het beleid van TenneT is de eis voor de gronddekking van de kabels 3 m onder het NMRL (het laagst verwachte ligging van het strand en het zeebed, rekening houdend met onder andere het storm afslagprofiel en ook met andere ontwikkeling van de ligging van het stand en kustprofiel [21]). Het door Waterproof B.V. berekende NMRL [21] van het Nederwiek 1 tracé (in de buurt van het uittredepunt van de boringen tussen KP 12,16 en KP 12,478) is in Figuur 6.10 weergegeven. Tussen L 200 - 250 m (zie Figuur 6.10) dienen de kabels tussen 6 en 8 m onder het maaiveld te worden aangelegd. Ter plaatse van de doorvoering door de mantelbuizen is de bovenkant van de kabels gelegen op NAP-5 m (uittredepunt).



Figuur 6.10 Het NMRL voor het Nederwiek 1 tracé tussen KP 12,16 en KP 12,478 [21]

Bij de ligging van de kabels op een diepte van 3 m onder NMRL zal de aanwezigheid van de kabels de duinafslag niet beïnvloeden.

# 7 Toetsing zettingsvloeiing en afschuiving voorland

## 7.1 Algemeen

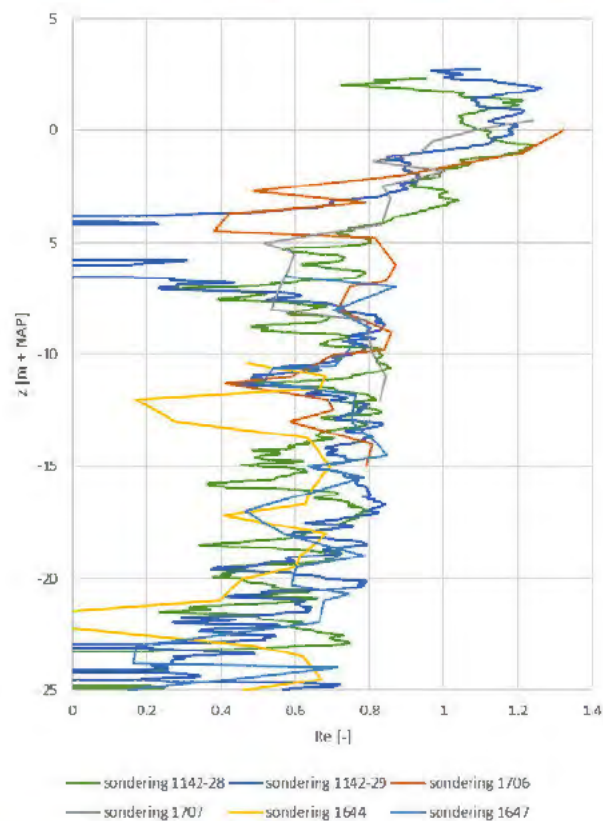
In dit hoofdstuk wordt de mogelijkheid van het ontstaan van een zettingsvloeiing in het voorland en in het achterland onderzocht. De beoordeling vindt plaats conform de toetsingsregels WBI 2017 [14].

## 7.2 Relevante gegevens ondergrond

Het beschikbare grondonderzoek ter plaatse van de boorlijnen is beschreven in hoofdstuk 2.5. Voor het beoordelen van de gevolgen van de aanleg van de mantelbuizen op het faalmechanisme zettingsvloeiing zijn de volgende relevante gegevens (sonderingen) gebruikt:

- Landzijde
  - Sondering 30.
- Kruin
  - Sondering 29.
- Zeezijde
  - Sondering 28.
  - S4DO1644, S42DO1647, S24DO1706 en S24DO1707.

Van deze sonderingen is voor de zandlagen het verloop van de relatieve dichtheid met de diepte bepaald volgens de correlatie van Lunne. Figuur 7.1 toont het resultaat. De relatieve dichtheid ligt vrij constant tussen 60% en 80%. In de toplaag (boven NAP - 2 m) is de relatieve dichtheid hoger.



Figuur 7.1 Verloop relatieve dichtheid met diepte.

### 7.3 Beoordeling verwekingsgevoeligheid op basis zandeigenschappen

De verwekingsgevoeligheid van de ondergrond wordt in eerste instantie bepaald door de (relatieve) dichtheid en de state parameter. De state parameter geeft het verschil tussen het aanwezige poriëngetal ( $e$ ) van het zand en het poriëngetal van het zand in critical state aan. De laatste is weer een functie van het aanwezige spanningsniveau.

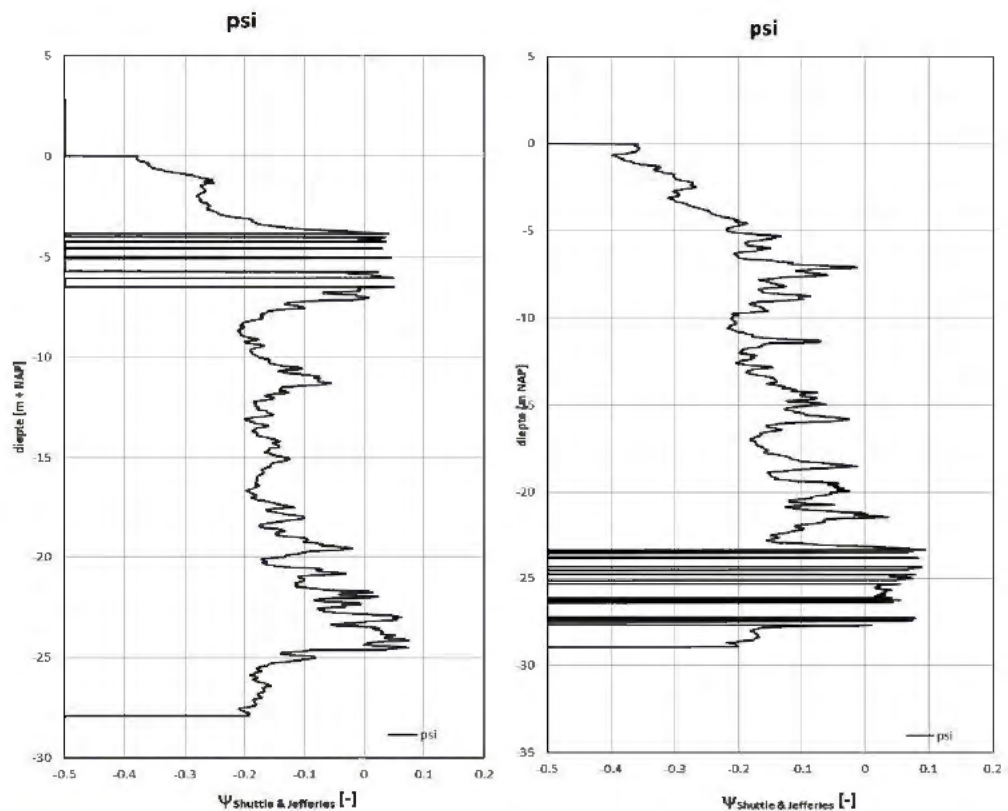
$$\psi = e - e_{crit}$$

Met:

- $e$  = poriëngetal (-).
- $e_{crit}$  = poriëngetal van het zand in critical state (-).
- $\psi$  = state parameter (-).

Een negatieve waarde van de state parameter onder  $-0,05$  betekent dat het zand zal dilateren bij schuifvormingen. Bij een grotere waarde dan  $-0,05$  is verdichting mogelijk en bestaat de kans op verweken en kan dus zettingsvloeiing optreden.

Voor sondering 29 en sondering 30 is tevens de zogenaamde state parameter bepaald. Deze parameter is relevant voor het beoordelen van het risico op een zettingsvloeiing. Het resultaat staat in de onderstaande Figuur 7.2.



Figuur 7.2 State parameter sondering 29 (links) en 30 (rechts).

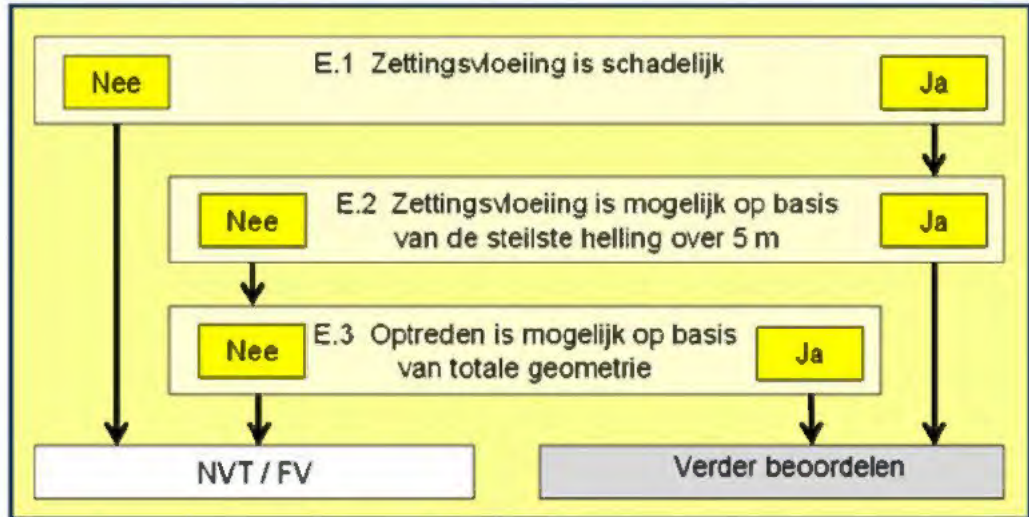
Zoals blijkt uit deze figuren ligt de state parameter tussen  $-0,1$  en  $-0,2$ . Dit betekent dat de zandlagen niet verwekingsgevoelig zijn. Er kan derhalve geen zettingsvloeiing optreden.

Aangezien het grondonderzoek beperkt is en er geen sonderingen ter plaatse van de vooroever beschikbaar zijn is er een kans op afwijkende eigenschappen van de zandlagen.

Daarom wordt in de volgende paragraaf tevens een geometrie toets uitgevoerd om zettingsvloeiing ter plaatse van het voorland te beoordelen.

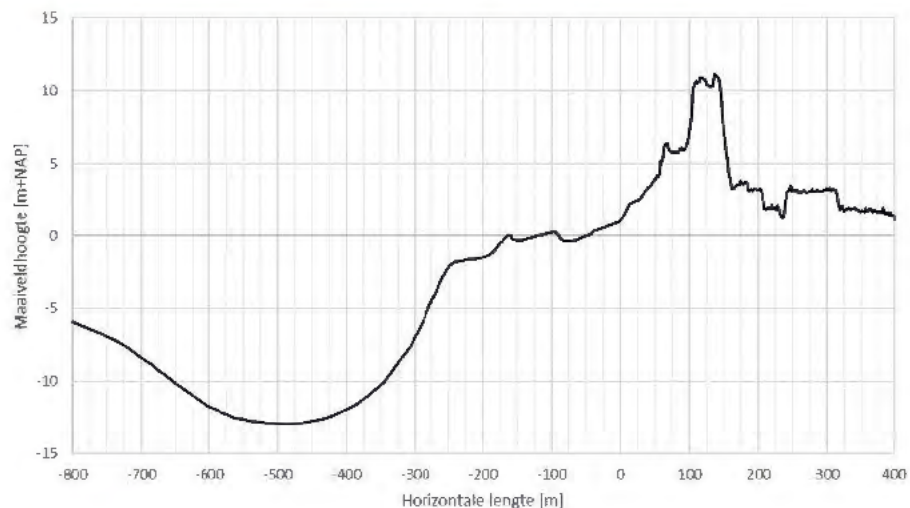
## 7.4 Geometrietoeets zettingsvloeiing

Voor het beoordelen van de waterkering op het optreden van zettingsvloeiing wordt gebruik gemaakt van de methodieken die in het kader van WBI 2017 zijn ontwikkeld. Hieronder zal de beoordeling met een geometrische toets worden beschreven. Met de methodiek van bijlage III van 'Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017' [14] is een geometrische toets uitgevoerd. Het bijbehorende schema is weergegeven in Figuur 7.3.

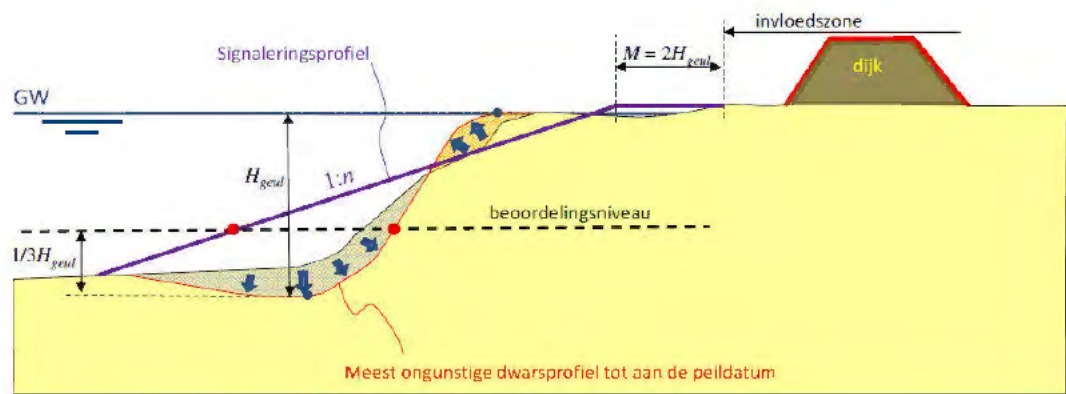


Figuur 7.3 Schema geometrische toets volgens bijlage III van 'Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017' [14].

In Figuur 7.4 is het beschikbare lengteprofiel langs de leiding-as voor de zettingsvloeiingstoets weergegeven. Als eerste stap (E.1) is in het geprojecteerde profiel het zogenaamde signaleringsprofiel geconstrueerd. Figuur 7.5 geeft het principe weer.



Figuur 7.4 Lengteprofiel.



$$n = 15 \text{ voor } H_{geul} < 40 \text{ m}$$

$$n = 20 \text{ voor } H_{geul} \geq 40 \text{ m}$$

Figuur 7.5 Principe bepaling signaleringsprofiel.

Daarbij zijn de volgende parameters gebruikt:

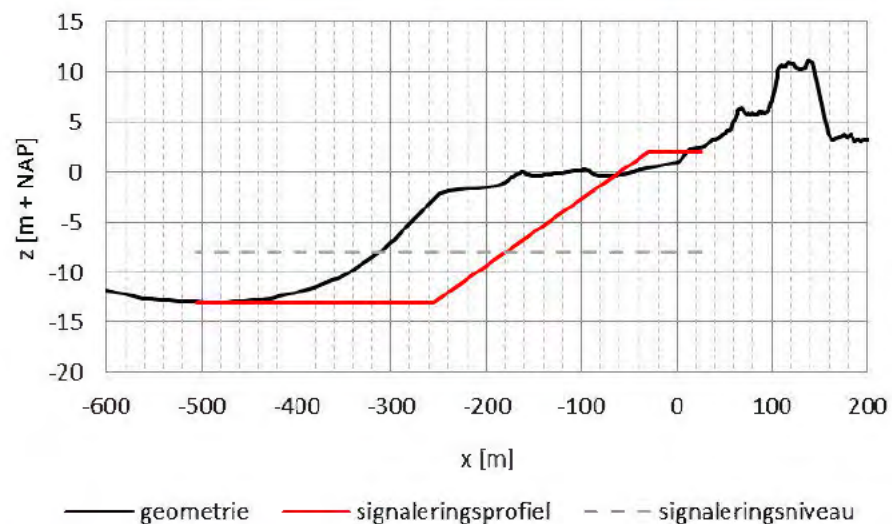
- Bodem geul op NAP - 13 m.
- Aanzet talud vooroever op NAP + 2 m.
- Grens invloedszone op  $x = 0$ .

Dit geeft de volgende waarden:

- Diepte:  $H_{geul} = 13 \text{ m}$ .

Het beoordelingsniveau ligt op  $1/3 \cdot H_{geul}$  boven de geulbodem (in dit geval de bodem van de ontgravingsput).

In Figuur 7.6 is het signaleringsprofiel en het beoordelingsniveau ingetekend in het lengte profiel. Hieruit volgt dat op het beoordelingsniveau het werkelijke profiel ruim buitenwaarts van het signaleringsprofiel ligt. Daarmee is voldaan aan toets E.1 van WBI en wordt geconstateerd dat een eventuele zettingsvloeiing niet schadelijk is voor de stabiliteit van de waterkering.



Figuur 7.6 Ligging signaleringsprofiel.



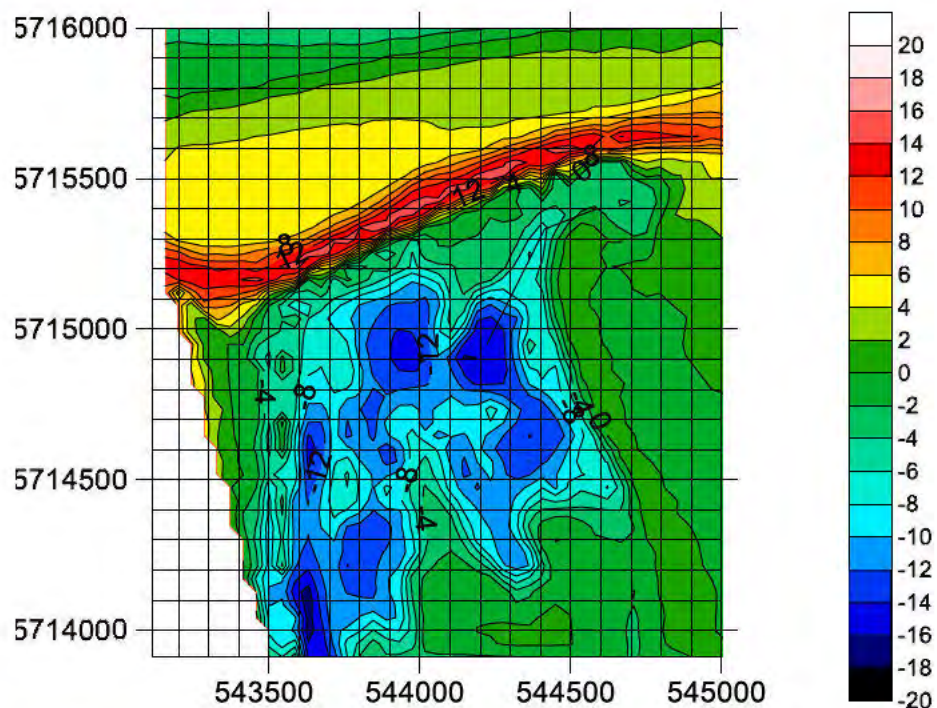
Aan de hand van geometrische toets stap E.1 van WBI 2017 kan worden geconcludeerd dat de zettingsvloeiing in het voorland de stabiliteit van de waterkering niet zal beïnvloeden. Omdat volgens stap E.1 een zettingsvloeiing niet schadelijk is voor de waterkering is verdere beoordeling volgens stap E.2 en E.3 niet nodig.

## 7.5 Toetsing zettingsvloeiing en afschuiving achterland

Aan de landwaartse zijde van de Veerse Gatdam zullen de kabels via de oever naast de intrede punten het Veerse Meer in worden geleid. Deze kruising ligt op ongeveer 150 m uit de rand van de beschermingszone.

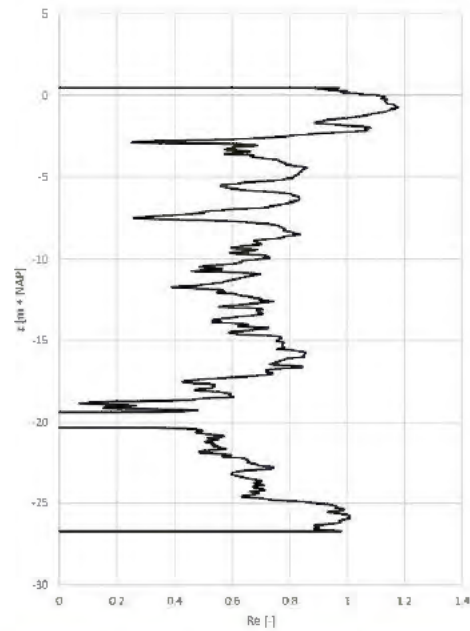
Voor de kruising van de oever worden tijdelijke damwanden voorzien. Gezien de afstand tot de Veerse Gatdam is het onwaarschijnlijk dat het plaatsen van deze damwanden invloed heeft op de stabiliteit van de Veerse Gatdam.

Ter plaatse van het Veerse meer worden de kabels in een sleuf gelegd. Uit de beschikbaar gestelde bathymetrie blijkt dat zich aan de zijde Veerse Meer van de Veerse Gatdam enige diepe kuilen (tot NAP - 15 m) bevinden, zie Figuur 7.7.



Figuur 7.7 Bathymetrie Veerse Meer (bron: [5]).

De rand van kuilen in het meer ligt op ruime afstand (ongeveer 200 m) van de kruising zodat het onwaarschijnlijk is dat het graven van een sleuf hier invloed heeft. Bovendien geeft sondering 30, gemaakt ter plaatse van de landzijde, aan dat de relatieve dichtheid van het zand tussen 60% en 80% ligt (zie Figuur 7.8). De zandlagen zijn daardoor niet-verwekingsgevoelig.



Figuur 7.8 Relatieve dichtheid zand sondering 30, volgens correlatie Lunne.

Geconcludeerd kan worden dat de kruising van de oever van het Veerse Meer met damwanden en het graven van een sleuf in het Veerse Meer geen invloed heeft op de binnenwaartse stabiliteit van de Veerse Gatdam.

## 8 Toetsing op hoogte (GEKB) en Piping (STPH)

### 8.1 Algemeen

De toets van de hoogte en erosie (GEKB) van de waterkering is gedaan door de mogelijke kruinzakking te berekenen. Oorzaken van kruinzakking zijn:

- Verdichting tijdens boren.
- Boogwerking in de ondergrond.
- Consolidatie van de vulling annulus.

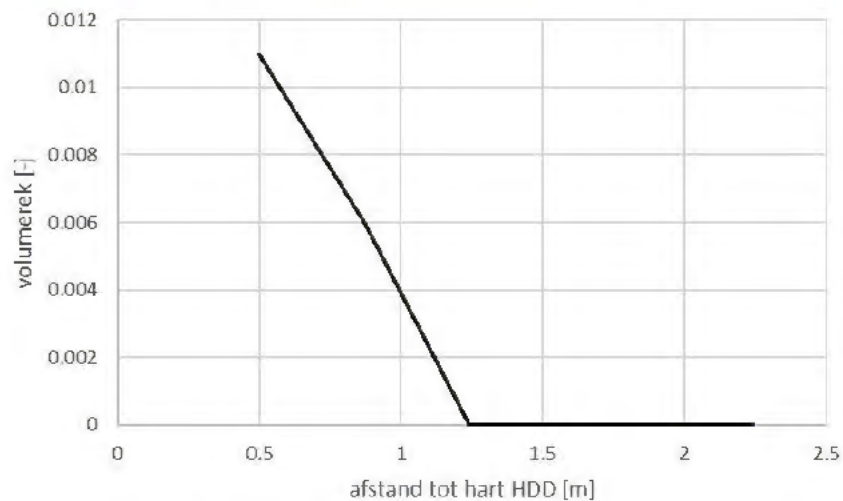
In de volgende paragrafen worden deze onderdelen behandeld. Vervolgens wordt de gesommeerde zakking bepaald.

### 8.2 Berekende zakking door trillingen

De volumerekken rond de boring zijn bepaald met het in-house programma TRILDENS. In deze berekening is er sprake van direct contact leiding-grond, de smerende werking van de bentoniet is niet meegenomen. Dit is een conservatieve aanname. Overige aannamen zijn:

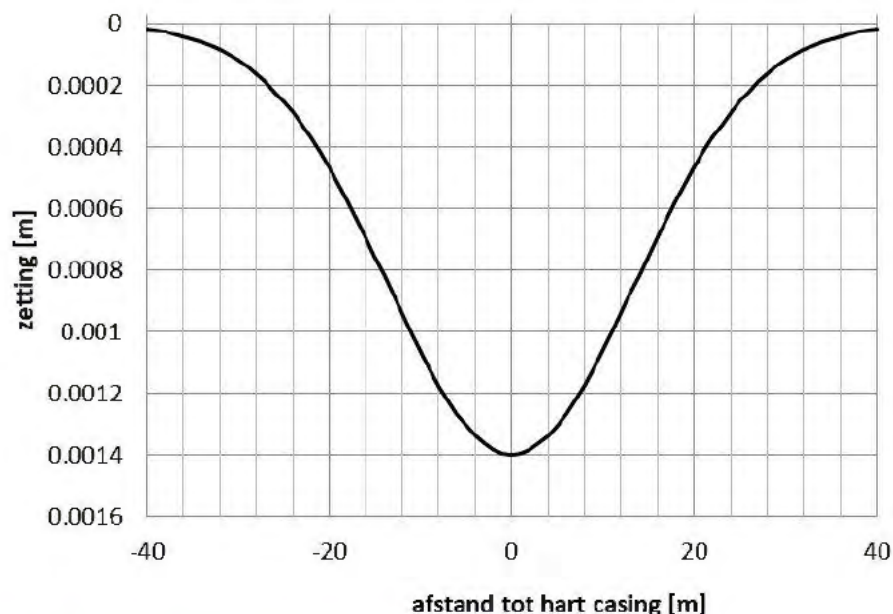
- Dichtheid zand  $\rho_s = 60\%$ .
- Frequentie 0,1 Hz.
- Triltijd 10 uur.

Figuur 8.1 toont de berekende volumerekken als functie van de afstand tot de leiding. De zone met volumerekken is klein ( $< 0,5$  m).



Figuur 8.1 Volumerekken door trillingen tijdens boren.

Voor de berekening van de kruinzakking is de grond rond de leiding opgedeeld in een aantal elementen met afmetingen van ongeveer  $0,5 \times 0,5$  m. Ieder element heeft dan een bijdrage aan de maaiveldzakking. Deze is bepaald met de methode Peck. Door sommatie van alle bijdragen wordt de totale maaiveldzakking gevonden. Uitgegaan is van de situatie ter plaatse van de kruin, met kruin op NAP + 11 m en ligging HDD op NAP - 17 m. Figuur 8.2 geeft de kruindaling per HDD. De maximale zakking door trillingen per HDD bedraagt 1,4 mm.



Figuur 8.2 Kruinzakking door trillingen, per HDD.

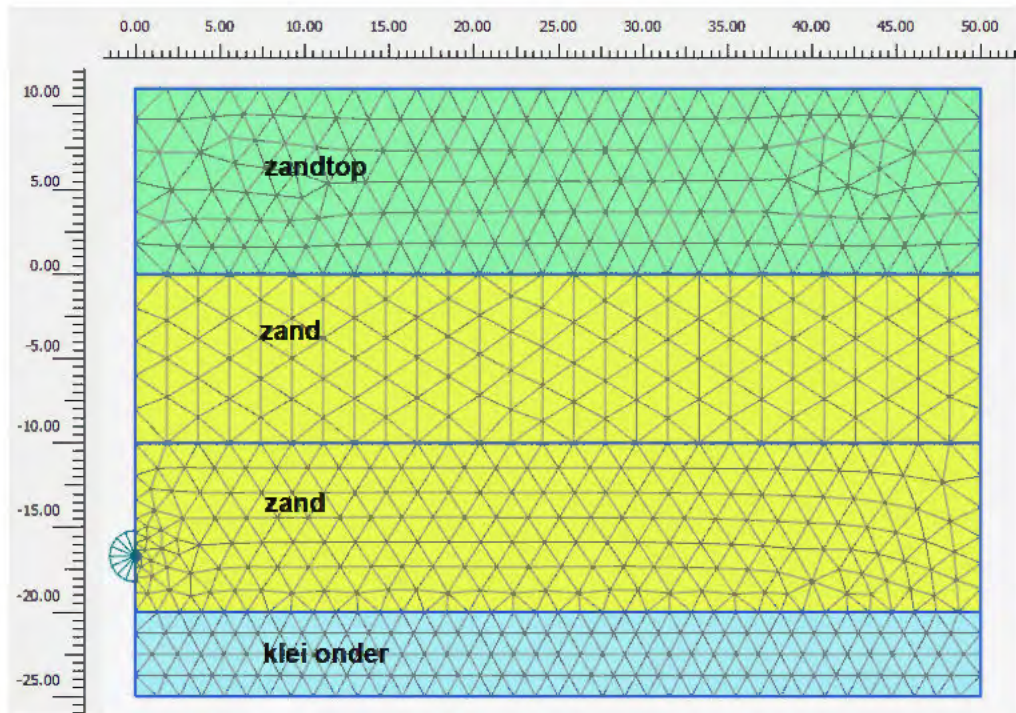
### 8.3 Kruinzakking door boogwerking

Om de zakking door boogwerking te bepalen is een berekening met PLAXIS 2D versie 2019 gemaakt. Als grondmodel is het Hardening-Soil model gebruikt. Tabel 8.1 geeft de gebruikte materiaalparameters. De gebruikte waarden zijn bepaald op basis van de relatieve dichtheid uit sondering S28 en S29.

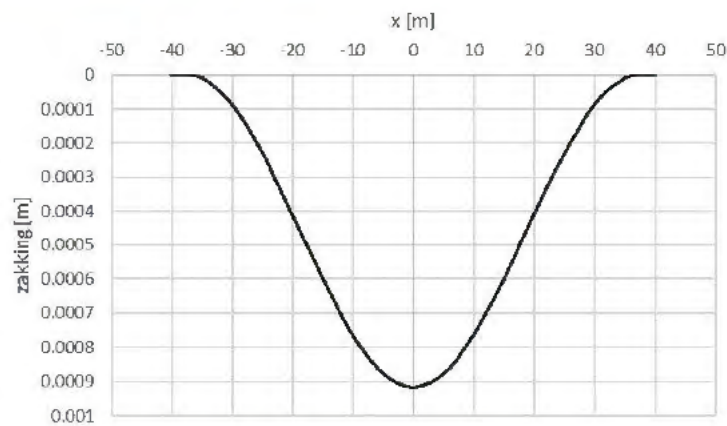
Tabel 8.1 Materiaalparameters in PLAXIS berekening.

Parameter	Unit	Zand top	Zand	Klei onder
$\gamma_{\text{unsat}}$	kN/m <sup>3</sup>	17	17	18
$\gamma_{\text{sat}}$	kN/m <sup>3</sup>	20	20	18
$E_{50}^{\text{ref}}$	kN/m <sup>2</sup>	6.50E+04	4.70E+04	3000
$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$	kN/m <sup>2</sup>	6.50E+04	4.70E+04	1500
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$	kN/m <sup>2</sup>	1.95E+05	1.41E+05	1.50E+04
power (m)	-	0.5	0.5	0.5
$c_{\text{ref}}$	kN/m <sup>2</sup>	0.5	0.5	5
$\phi$ (phi)	°	40	35	22.5
$\psi$ (psi)	°	5	5	0

Uit de zakkingsstrook op maaiveld is het volume van de trog bepaald. Figuur 8.3 toont het vervormde elementennet en Figuur 8.4 de kruindaling door boogwerking. De maximale zakking door de boogwerking per HDD bedraagt 0,45 mm.



Figuur 8.3 Elementennet (vervormd) PLAXIS berekening.



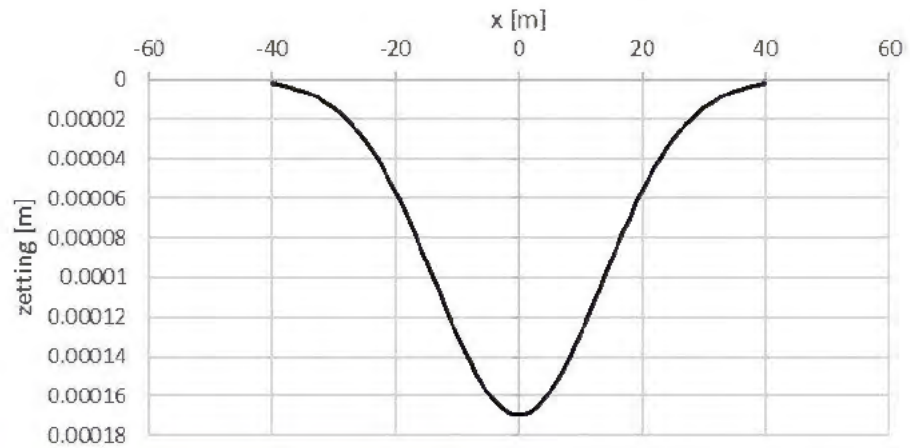
Figuur 8.4 Kruinzakking door boogwerking, per HDD ( $x = 0$  is boorgat as).

## 8.4 Consolidatie boorvloeistof

Voor het berekenen van het volumeverlies door consolidatie van de boorvloeistof (drill-grout) zijn de volgende waarden gehanteerd:

- Diameter boorgang: 0,585 m.
- Diameter casing: 0,450 m.
- Volumeverlies door consolidatie: 5% (toepassing drill-grout).

De maaiveldzakking door de consolidatie van de boorvloeistof (drill-grout) per HDD is in Figuur 8.5 weergegeven. De maximale zakking door de consolidatie bedraagt ca. 0,18 mm.

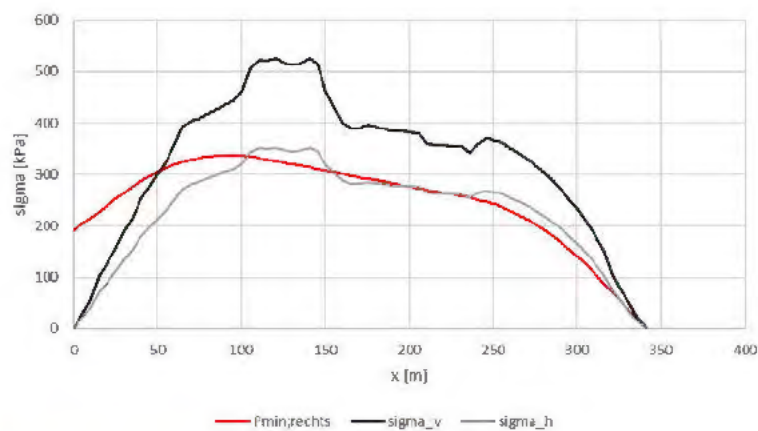


Figuur 8.5 Kruinzakking door consolidatie boorvloeistof, per HDD.

## 8.5 Volumeverandering rond boorgat

Door schuifvervormingen rond het boorgat kan daar in de grond enige volumeverandering optreden. Middels de ruimte expansie theorie wordt een schatting gemaakt van de optredende schuifvervorming rond een boorgat. Er wordt hier uitgegaan van lineair-elastisch grondgedrag. De schuifrek is afhankelijk van het verschil tussen de boorvloeistofdruk en de gronddruk en van de schuifrekmodulus.

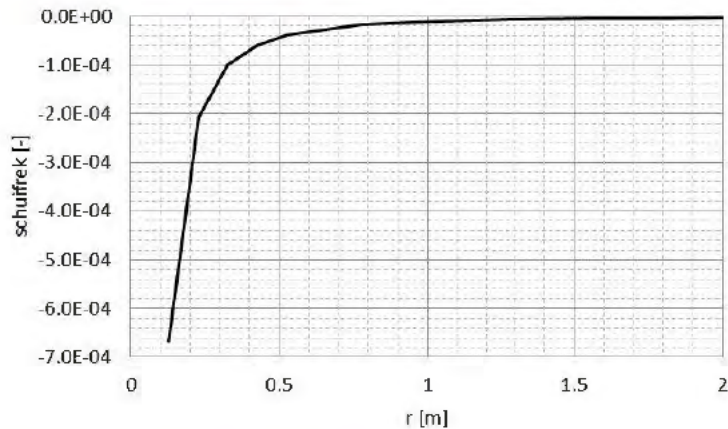
In Figuur 8.6 is het verloop van de boorvloeistofdruk tijdens de pilot boring weergegeven. De grootste schuifvervorming is te verwachten daar waar het verschil tussen aanwezige gronddruk en boorvloeistofdruk het grootste is. Vanzelfsprekend volgt uit Figuur 8.6 dat dit nabij het uittredepunt is.



Figuur 8.6 Verloop boorvloeistofdruk.

Voor de berekening zijn de volgende parameters gehanteerd (locatie onder kruin):

- Diameter boorgat: het boorgat van de pilotfase is 0,254 m.
- Maximale boorvloeistofdruk:  $p = 310$  kPa.
- Aanwezige gronddruk:  $q = 420$  kPa (isotrope grondspanning).
- Glijdingsmodulus (kleine rek): 150 MPa.

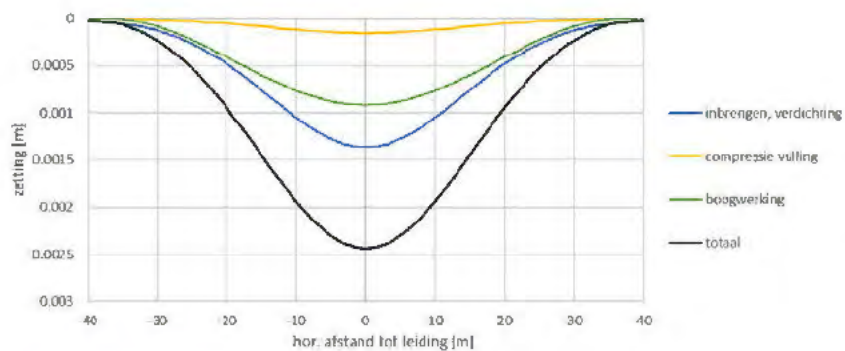


Figuur 8.7 Schuifvervorming rond boorgat, pilot boring.

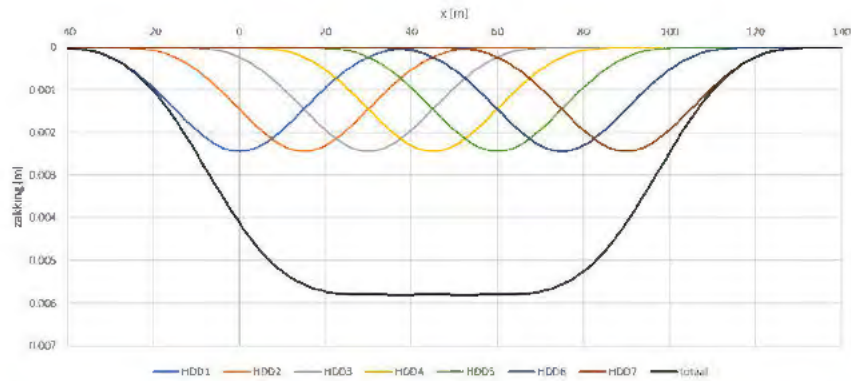
De optredende schuifrekken zijn klein. Vlak bij het boorgat is deze ongeveer  $7 \times 10^{-4}$  (zie Figuur 8.7). Op  $r = 0,3$  m (ongeveer 0,15 m uit rand boorgat) is deze afgenomen tot ca.  $1 \times 10^{-4}$ . Bij deze schuifrekken zijn enige volumeveranderingen te verwachten. Gezien de dichtheid van het zand en de waarde van de state parameter zal dit enige dilatatie geven. Wateroverspanningen, laat staan verweking, is hierbij dus niet te verwachten. Omdat er sprake is van dilatatie zal deze component geen toename van de kruinzetting geven. Voor de verdere analyse wordt deze component daarom buiten beschouwing gelaten.

## 8.6 Sommatie componenten kruindaling

De resultaten van de verschillende componenten kunnen vervolgens worden gesommeerd. Figuur 8.8 geeft de zakking per HDD en Figuur 8.9 de gesommeerde zakking voor 3 HDD's van Nederwiek 1 uit dit rapport en de naastgelegen eerder gerapporteerde 4 HDD's [6] van IJmuiden Ver Alpha. Daarbij is uitgegaan van een onderlinge afstand tussen de HDD's van 15 m ter plaatse van de kruin.



Figuur 8.8 Kruinzakking per HDD.



Figuur 8.9 Kruinzakking door boren, 3 HDD's (Nederwiek 1) en 4 naastgelegen HDD's (IJmuiden Ver Alpha).

Uit de bovenstaande figuur kan worden geconcludeerd dat de kruindaling die ten gevolge van de HDD's zal optreden marginaal is (5 mm) en geen invloed zal hebben op de waterveiligheid.

Het dient te worden opgemerkt dat de berekende zakking uitgaat van een normale uitvoering van de HDD's. Bij het toepassen van een te hoge of te lage boorvloeistofdruk kunnen er grotere grondvervormingen optreden. Tevens is een goede vulling van de boorgang met drillgrout met de juiste samenstelling ( minimaal  $180 \text{ kg/m}^3$ ) noodzakelijk.

## 8.7 Toetsing op piping (STPH)

Na de aanleg van de kabels in de mantelbuizen kan er een hoog water periode optreden, Er mag tijdens deze hoogwater omstandigheden geen piping optreden. Dit betekent dat er geen water door de annulus van het boorgat van de zeewaartse zijde naar de landwaartse zijde mag stromen. Tevens dient waterstroming door de mantelbuizen te worden tegen gaan (is weliswaar niet direct aan het optreden van piping gerelateerd, maar is onwenselijk met mogelijke gevolgen voor de waterkering).

Zowel de waterkering als de ondergrond bestaan uit zand. Daardoor is de vergelijking van een natuurlijke kwelweg met de kwelweg door waterstroming door de annulaire ruimte van de boorgang, zoals beschreven in NEN 3651:2020 art. D.1 en D.2, niet relevant. Het optreden van waterstroming door de annulaire ruimte van het boorgat bij een maatgevende waterstand van NAP+5,56 m (zie hoofdstuk 2.6) kan worden verhinderd door bij het intrekken van de mantelbuis de annulaire ruimte te vullen met een uithardende boorvloeistof zoals drill-grout (zie Figuur 2.3). Een uithardende boorvloeistof zoals drill-grout in de annulaire ruimte wordt nagenoeg niet door zout water aangetast, zodat de kans op een kwelstroming via de boorgang voldoende klein is.

De annulaire ruimte dient volledig te worden gevuld met drill-grout. Bij een onvoldoende vulling van de boorgat annulus met drill-grout of door vervorming van de mantelbuis gedurende de gebruikperiode kan er over enige lengte mogelijk een ruimte voor waterstroming ontstaan. Bij een zorgvuldige uitvoering van de vulling van het boorgat met drill-grout met de juiste samenstelling is de kans op een *continue pipe* gering. Door toepassing van na injectie met drill-grout aan de zeezijde nadat de mantelbuis is ingetrokken met drill-grout, is de kans op de vorming van een *continue pipe* te verwaarlozen.

De mantelbuizen moeten ter plaatse van het intrede punt en het uitrede punt worden afgesloten als de kabels zijn geïnstalleerd. Significante waterstroming van de zeezijde naar de landzijde kan dan worden uitgesloten. Mogelijke waterlekage via de kabel (ingress genoemd) heeft geen negatief effect op het dijkfaalmechanisme piping en vormt geen bedreiging voor de waterkering. De hoeveelheid water en stromingssnelheid zijn dan zeer beperkt.



## 9 Invloed bij ontgraving aanbrengen kabels

### 9.1 Uitgangspunten

Voor de te ontgraven put om de kabels in de mantelbuizen aan te brengen op het strand worden de volgende opties beschouwd:

- Ontgraving onder talud.
- Ontgraving met damwanden:
  - Alleen aan zijkanten.
  - Aan zijkanten en aan kopse zijde Veerse Gatdam.

Voor de ontgraving onder talud wordt uitgegaan van een talud 1:6. Dit zal een vrij forse ontgraving geven. De omvang van de ontgraving kan worden beperkt door het toepassen van damwanden. Opties zijn dat alleen aan de zijkanten damwanden worden toegepast of dat ook aan de kopse zijde van de Veerse Gatdam een damwand wordt toegepast. Of aan de zeezijde een damwand wordt toegepast of een vrije ontgraving heeft voor de stabiliteit van de Veerse Gatdam geen invloed.

De gewenste gronddekking van de kabels is 3 m onder het NMRL. Deze diepte bij het uittredepunt van de boring komt overeen met NAP-5 m (zie hoofdstuk 6.3). Het uittredepunt van de boringen bevindt zich volgens ontwerptekening op NAP+1 m, maar kan door maaiveld variaties oplopen tot NAP+2,5 m (bron: AHN3 en [3]).

Er wordt uitgegaan van een maximale ontgraving tot 8 m onder het maaiveld ter plaatse van het uittrede punt. Over grotere afstand vanaf het uittredepunt in de richting van de zee varieert de benodigde ontgravingsdiepte met het maaiveld.

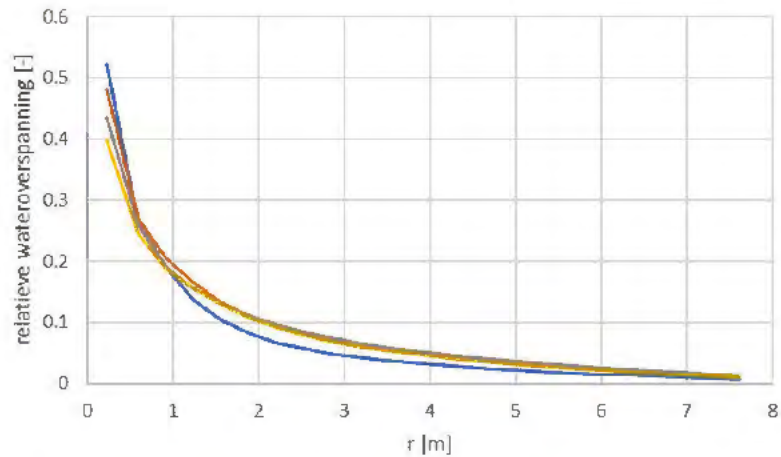
### 9.2 Afmetingen damwand

Aan de kopse zijde van de damwandkuip wordt de lengte van de damwand bepaald door de diepte waarop de kabels worden gelegd. De lengte van de damwand aan de zijkant heeft geen directe invloed op de stabiliteit van de Veerse Gatdam. Voor dit rapport wordt uitgegaan van een gestempelde damwand met een lengte van 1,5 keer de kerende hoogte. De benodigde ontgravingsdiepte bij het uittredepunt is 8 m. Dit betekent een kerende hoogte van ongeveer 8 m en een damwandlengte van ongeveer 12 m.

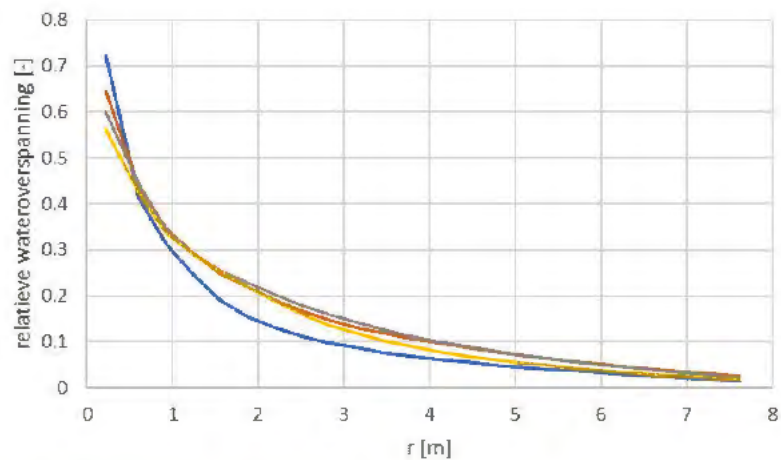
### 9.3 Wateroverspanning tijdens intrillen

Tijdens het intrillen van de damwanden zullen er wateroverspanningen ontstaan. De grootte van de wateroverspanning is bepaald met het in-house programma TRILDENS (Meijers 2010 [16], Meijers, Tol 2010 [17]). De berekening is gemaakt voor een damwand met een teenniveau van NAP-12 m.

Figuur 9.1 en Figuur 9.2 tonen de maximum berekende relatieve wateroverspanning voor twee verschillende waarden van de relatieve dichtheid. Het betreft de maximum waarde die in elk punt is opgetreden, deze hoeven niet gelijktijdig aanwezig te zijn, maar voor de verdere analyse wordt conservatief aangenomen dat dit wel het geval is.



Figuur 9.1 Wateroverspanning rond damwand tijdens intrillen,  $Re = 60\%$ .



Figuur 9.2 Wateroverspanning rond damwand tijdens intrillen,  $Re = 40\%$ .

De relatieve wateroverspanning nabij de wand is 50 tot 70%, en neemt snel af met de afstand tot de damwand. Op 2 m uit de damwand is de relatieve wateroverspanning 10-30%, afhankelijk van de beschouwde relatieve dichtheid van het zand.

## 9.4 Invloed ontgravingsput op stabiliteit dam

Voor de invloed op de stabiliteit van de ontgravingsput op de Veerse Gatdam zijn de volgende situaties beschouwd:

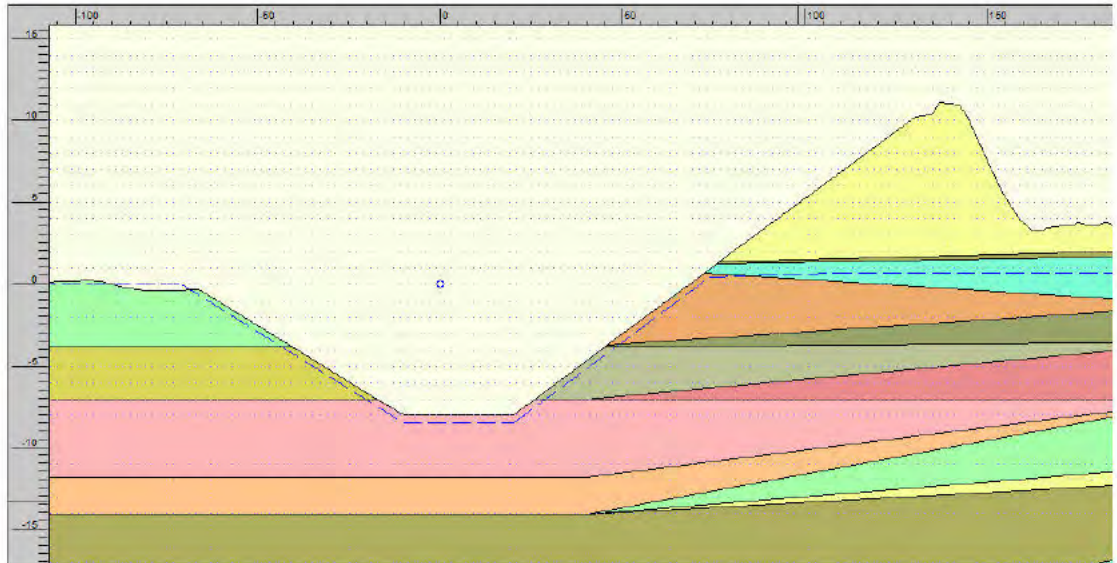
- Ontgraving onder talud.
- Ontgraving met een damwand aan kopse zijde ontgravingsput, teenniveau gelijk aan diepte ontgraving.
- Effect wateroverspanning tijdens intrillen damwand.

De eerste situatie met een ontgraving onder een talud is ook maatgevend voor de situatie dat er alleen aan de zijanten van de ontgravingsput damwanden staan (2D benadering). De stabiliteitsberekeningen worden uitgevoerd met het programma D-Geo Stability versie 18.1.

### 9.4.1 Ontgraving onder talud

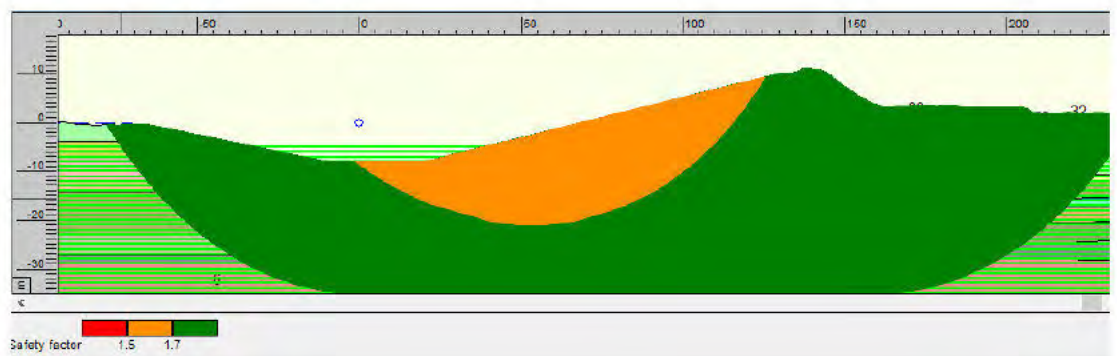
De doorsnede voor de ontgraving onder een talud is in Figuur 9.3 weergegeven. Voor de taludhelling is uitgegaan van 1:6, met het oog op de benodigde stabiliteit bij golven. Een situatie met een talud aan de zijde van de Veerse Gatdam is aanwezig bij een open ontgraving, maar

ook indien er voor de ontgravingsput twee parallelle damwanden worden gekozen, zonder kopwand. De laagopbouw en de grondparameters zijn in hoofdstuk 4 beschreven.



Figuur 9.3 Geometrie bij open ontgraving, verschillende schaal horizontaal en verticaal.

Als resultaat wordt niet het maatgevend glijvlak getoond (zie Figuur 9.4), maar de waarden van de veiligheidsfactoren. Daarvoor is gekozen omdat dat een beter inzicht geeft welke gebieden een hoge veiligheid hebben en welke een iets lagere veiligheid. Om het verschil inzichtelijk te maken is de legenda aangepast.

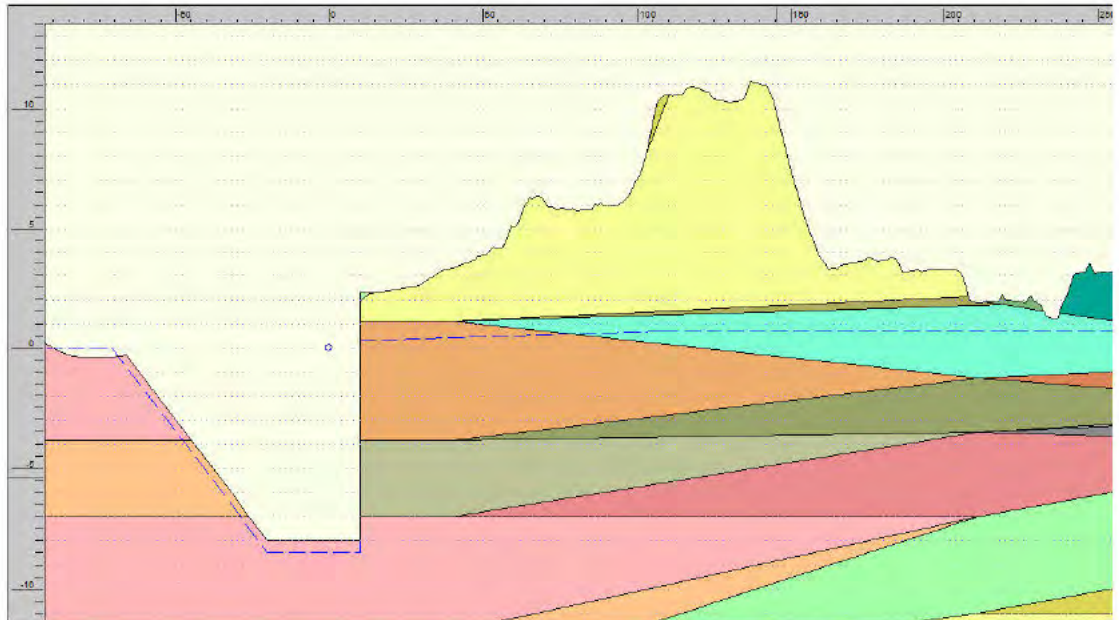


Figuur 9.4 Veiligheidsfactoren, minimumwaarde FS = 1,54.

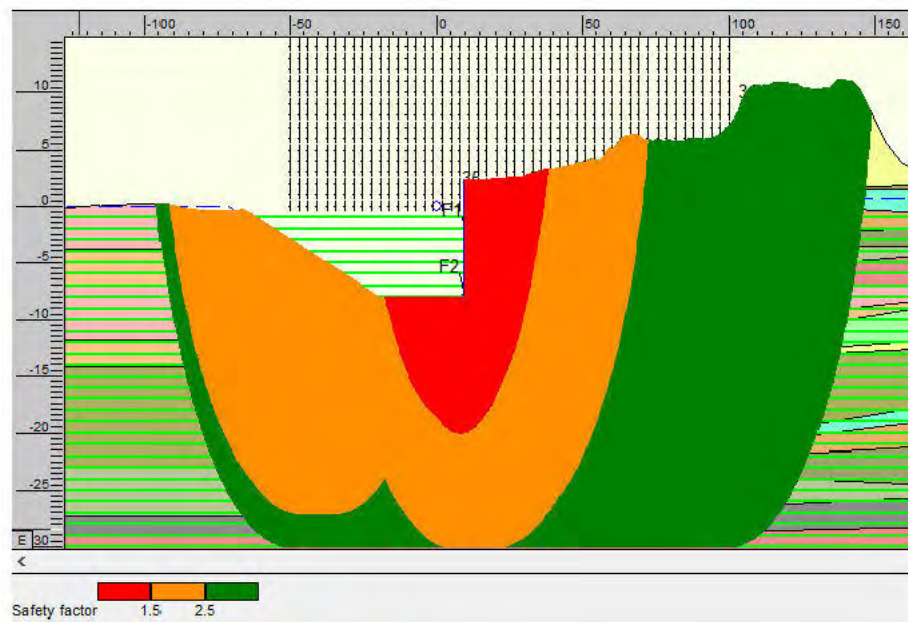
De gevonden stabiliteitsfactoren zijn groter dan 1,5, hetgeen duidt op een stabiele situatie. Glijcirkels die de kruin aantasten hebben een stabiliteitsfactor van meer dan 1,7. Indien nodig is de stabiliteitsfactor is te verhogen door de ontgraving richting zee te verschuiven.

#### 9.4.2 Ontgraving met een damwand aan kopse zijde ontgravingsput

Als variant is tevens de situatie van een damwand aan de kopse zijde van de ontgravingsput gemodelleerd (zie Figuur 9.5). In de berekening is uitgegaan van een damwand aan deze zijde. De stabiliteit van deze damwand wordt geleverd door de zijwanden van de damwandkuip. Dit is in de berekening meegenomen door op de damwand een horizontale kracht aan te brengen die de weerstand van de zijwanden in rekening brengt. Alleen glijcirkels die onder de damwand doorlopen zijn mogelijk. Nabij de ontgravingsput is de veiligheid voldoende. Glijcirkels die de hoogte van de waterkering aantasten hebben een stabiliteitsfactor van meer dan 2,5 (zie Figuur 9.6).



Figuur 9.5 Geometrie bij open ontgraving en damwand aan kopse zijde ontgravingsput, verschillende schaal horizontaal en verticaal.

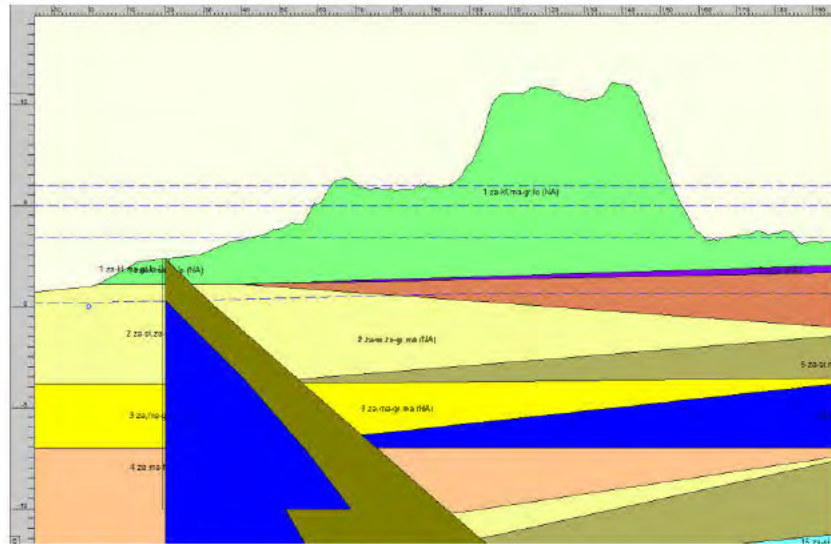


Figuur 9.6 Patroon FS, minimumwaarde FS = 1,29.

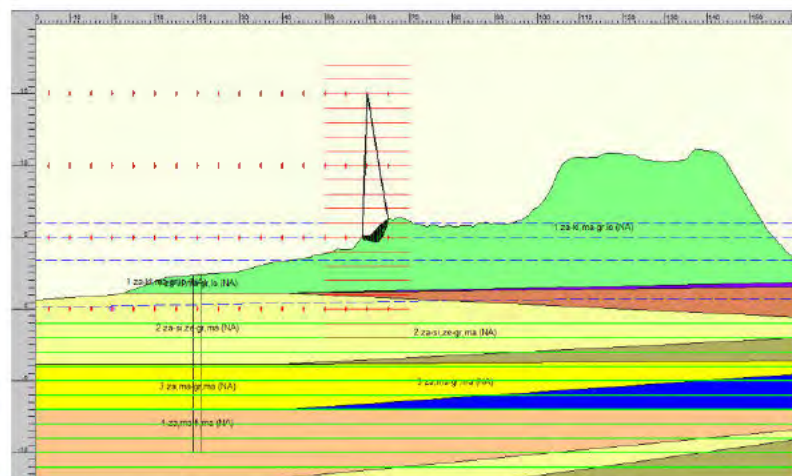
### 9.4.3 Effect wateroverspanning tijdens intrillen damwand

Voor het meenemen van het effect van wateroverspanning die ontstaat bij het inbrengen van de damwandplanken is er ter plaatse van de damwand een zone gemodelleerd met een breedte van 2 m en een wateroverspanning van 50% (zie Figuur 9.7). Omdat de geometrie in D-Geo Stability een 2D geometrie is, betekent dit dat deze zone in de berekening over de volle lengte van de Veerse Gatdam aanwezig is. Dit is een zeer conservatieve benadering.

De maatgevende glijcirkel voor buitenwaartse stabiliteit ligt ver van de plaats van de damwand (zie Figuur 9.8). De wateroverspanning heeft dus geen effect op plaats van de maatgevende glijcirkel en daarmee ook niet op de stabiliteit van de dam.



Figuur 9.7 Geometrie met verloop waterspanning t.p.v. damwand.



Figuur 9.8 Maatgevende glijcirkel, buitenwaarts ( $FS = 1,54$ ).

## 9.5 Conclusie

Uit de verschillende analyses hierboven blijkt dat de ontgraving voor ontgravingsput met of zonder damwanden zonder negatieve invloed op de stabiliteit van de waterkering kan worden uitgevoerd.

De Nederwiek1 aanlanding van de elektriciteitskabels is voorzien bij de Veerse Gatdam. Bij de aanlanding wordt gebruik gemaakt van mantelbuizen waarin de kabels zullen worden aangelegd. De kabels zullen worden geïnstalleerd in 450 mm HDPE mantelbuizen. De 3 HDPE mantelbuizen zullen door middel van parallelle horizontaal gestuurde boringen worden aangelegd. Er zullen ten behoeve van de Nederwiek 1 aanlanding 3 HDD's worden uitgevoerd onder de Veerse Gatdam naast de 4 bestaande HDD's van IJmuiden Ver Alpha. Het ontwerp en de beoordeling van de 4 bestaande HDD's (IJmuiden Ver Alpha) met betrekking tot de waterveiligheid van de waterkering zijn beschreven in het eerder verschenen Deltares rapport met nummer: 11207136-002-GEO-0001.

Dit voorliggende rapport beschrijft de beoordeling van het effect van de aanleg van de mantelbuizen en het aanbrengen van de kabels voor de Nederwiek 1 aanlanding op de waterkering. Ook het effect van de aanwezigheid van de mantelbuizen en de kabels na de installatie op de waterkering maakt deel uit van de beoordeling. Om de beoordeling uit te kunnen voeren is eerst een globaal ontwerp gemaakt op basis van de beschikbare gegevens.

Ten aanzien van het globaal ontwerp kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Bij het uittredepunt op het strand is een constructie (werkplateau) benodigd om de golfaanval tijdens de uitvoering op te vangen. De constructie kan worden uitgevoerd met geotubes en damwanden.
- De spanningen in de mantelbuizen (klasse SDR 11) zijn tijdens de aanleg en in gebruiksfasen lager dan de toets waarden conform NEN 3650-1:2020. Hierbij is rekening gehouden met temperatuur effecten. De berekende spanningen voor de 450 mm PE SDR 11 buizen zijn toelaatbaar.
- Het is aan te raden om de PE-leidingen tijdens de intrekfase 100% te vullen, om spanningen in de mantelbuizen door optredende trekkrachten te reduceren (en om risico's op grotere trekkrachten te voorkomen).

Ten aanzien van de beïnvloeding van de waterkering kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De beschouwing van de verschillende dijkfaalmechanismen wijst uit dat de uitvoering van de HDD's geen negatief effect heeft op de stabiliteit van de waterkering
- De werkzaamheden ter plaatse van de vooroever zijn geen bedreiging voor de waterkering. De geometrische toets voor zettingsvloeiing is voldoende. Ook binnendijks zal de waterkering niet worden beïnvloed door zettingsvloeiing.
- De graafwerkzaamheden op het strand en installatie van damwanden hebben geen negatieve invloed op de waterkering.
- In verband met het risico op kwel en piping is het noodzakelijk om de annulus van de boorgang tijdens het intrekken van de mantelbuizen te vullen met een uithardende boorvloeistof (zoals drill-grout). Door de aanvullende toepassing van na injectie met drill-grout aan de zeezijde nadat de mantelbuis is ingetrokken met drill-grout, is de kans op het optreden van piping te verwaarlozen.
- Bij toepassing van de uithardende boorvloeistof dient te worden toegezien op de werkwijze en de samenstelling van de boorvloeistof.
- De mantelbuizen dienen te worden afgesloten om waterstroming tussen de zeezijde en landzijde te voorkomen.
- De te verwachten zakking van het maaiveld ter plaatse van de waterkering is mede door gebruik van een uithardende boorvloeistof klein.

# 11 Referenties

- [1] Atron (2022). Horizontaal gestuurde boring – overzicht en dwarsprofiel. Tekeningnummer: 3342-0122-01-VG.
- [2] Deltares (2021). Aanlanding kabels bij Veerse Gatdam – IJmuiden Ver Alpha. Rapportnummer: 11207136-002-GEO-0001.
- [3] E-mail d.d. 7 juni 2021 opgesteld door dhr. S. Schennink (TenneT) met de informatie over de sonderingen en boringen 28, 29 en 30.
- [4] E-mail d.d. 25 juni 2021 opgesteld door dhr. A. van der Meer (Deltares) met de informatie over de maatgevende buiten hoogwaterstand van de Veerse Gatdam (analyse met Riskeer programma).
- [5] Email d.d. 3 mei 2021 opgesteld door dhr. A. Pietjouw (TenneT) met de informatie over de bathymetrie in de buurt van de Veerse Gatdam uit Rijkswaterstaat database.
- [6] Email d.d. 14 juni 2021 opgesteld door dhr. W. Snip (Primo Marine) met de informatie over periode voor HDD uitvoering.
- [7] NEN 9997-1. Geotechnisch ontwerp van constructies – deel 1: algemene regels.
- [8] NEN 3650-1:2020. Eisen voor buisleidingsystemen – deel 1: algemene eisen.
- [9] PipeLife (2011). PE drukleidingen – verwerkingsrichtlijn en productinformatie. Uitgave april 2011.
- [10] NEN 3650-3:2020. Eisen voor buisleidingsystemen – deel 3: aanvullende eisen voor leidingen van kunststof.
- [11] Rijkswaterstaat (2014). Achtergrond ontwerpinstrumentarium 2014 – behorende bij handreiking ontwerpen met overstromingskansen (OI2014v4).
- [12] TRWG (2007). Addendum bij het technisch rapport waterkerende grondconstructie.
- [13] WBI (2017). Schematiseringshandleiding macrostabiliteit.
- [14] RWS (2016). Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Sterkte en veiligheid Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Helpdesk Water, 22 april 2016, versie 1, status concept.
- [15] Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016). Factsheets normering primaire waterkeringen.
- [16] Meijers, P., (2010). Settlement during vibratory sheet piling, Ph.D. thesis Delft University of Technology.
- [17] Meijers, P., Tol, A.F. van (2010). Voorspelling maaiveldzakking door het in- en uittrillen van damwanden. Geotechniek 2010, nr. 3.
- [18] E-mail d.d. 7 juni 2021 opgesteld door dhr. S. Schennink (TenneT) met de informatie over de sonderingen en boringen 28, 29 en 20.

- [19] Email d.d. 21 oktober 2022 opgesteld door dhr. R. Wijnholds (TenneT) met de opmerkingen van RWS en TenneT na de externe reviewronde.
- [20] Email d.d. 1 november 2022 opgesteld door dhr. D. Nugroho (Deltares) met de reacties op de opmerkingen van RWS en TenneT.
- [21] Waterproof [2021]. Seabed mobility study OWF Ijmuiden Ver & OWF Nederwiek; IJVer Alpha, Beta, Gamma and Nederwiek 1, 2 , export cables between OWF's and landfalls at Maasvlakte 2 and the Veerse Gatdam. Rapportnummer: WP1238\_R1r6.



# A D-Geo Pipeline berekeningsrapport

## Report for D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontal Directional Drilling  
Developed by Deltares



Company: Stichting Deltares  
Date of report: 29-6-2022  
Time of report: 19:21:13  
Report with version: 20.1.2.31161  
Calculated with version: 20.1.2.31161  
File name: hdd7\_terp\_sdr11\_def

# 1 Table of Contents

1	Table of Contents	2
2	Input Data	3
2.1	Model Used	3
2.2	Layer Boundaries	3
2.3	PI-lines	19
2.4	Phreatic Line	19
2.5	Soil Profiles	19
2.6	Selected Boundaries	20
2.7	Soil Material Data	20
2.8	Geometry	22
2.8.1	Geometry Section, Detailed	22
2.8.2	Geometry Top View	22
2.9	Calculation Verticals	23
2.10	Traffic Load	24
2.11	Configuration of the Pipeline	24
2.12	Product Pipe Material Data	24
2.13	Pipe Engineering Data	25
2.14	Drilling Fluid Data	25
2.15	Factors	25
2.16	Calculation Options	26
3	Drilling Fluid Pressures	27
3.1	Drilling Fluid Data	27
3.2	Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	30
3.3	Drilling Fluid Pressure Plots	32
3.3.1	Drilling Fluid Pressures during Pilot	32
3.3.2	Drilling Fluid Pressures during Prereaming	32
3.3.3	Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	33
4	Soil Mechanical Data	34
4.1	Soil Mechanical Parameters (Pipe: pipe)	34
4.2	Young's Modulus per Layer per Vertical	36
5	Data for Stress Analysis	51
5.1	General Data	51
5.2	Buoyancy Control	51
5.3	Calculation Pulling Force	51
6	Stress Analysis of Pipe: pipe	52
6.1	Material Data of Pipe: pipe	52
6.2	Results Stress Analysis of Pipe: pipe	52
6.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	52
6.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	53
6.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	53
6.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	53
6.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	53
6.3	Check on Calculated Stresses of Pipe: pipe	54
6.4	Check for Implosion of Pipe: pipe	54

## 2 Input Data

### 2.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

### 2.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
30 - L -	-827,000	-826,357	-816,893	-807,430	-797,966
30 - Z -	-5,624	-5,624	-5,654	-5,818	-5,984
30 - L -	-788,502	-779,038	-769,574	-760,110	-750,647
30 - Z -	-6,150	-6,316	-6,513	-6,712	-6,912
30 - L -	-741,183	-731,719	-722,255	-712,791	-703,327
30 - Z -	-7,112	-7,348	-7,648	-7,948	-8,248
30 - L -	-693,864	-684,400	-674,936	-665,472	-656,008
30 - Z -	-8,548	-8,886	-9,235	-9,584	-9,933
30 - L -	-646,545	-637,081	-627,617	-618,153	-608,689
30 - Z -	-10,272	-10,578	-10,885	-11,192	-11,499
30 - L -	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834	-561,370
30 - Z -	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334	-12,521
30 - L -	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515	-514,051
30 - Z -	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828	-12,871
30 - L -	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196	-466,732
30 - Z -	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933	-12,862
30 - L -	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876	-419,413
30 - Z -	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523	-12,331
30 - L -	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557	-372,093
30 - Z -	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433	-11,090
30 - L -	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238	-324,774
30 - Z -	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361	-8,745
30 - L -	-315,311	-305,847	-300,002	-296,383	-286,919
30 - Z -	-8,128	-7,510	-6,987	-6,663	-5,728
30 - L -	-277,455	-267,991	-258,528	-249,064	-240,000
30 - Z -	-4,794	-3,861	-2,944	-2,100	-1,800
30 - L -	-230,000	-220,000	-210,000	-200,000	-190,000
30 - Z -	-1,750	-1,650	-1,600	-1,500	-1,300
30 - L -	-186,000	-181,000	-175,000	-174,000	-173,000
30 - Z -	-1,228	-0,957	-0,563	-0,477	-0,428
30 - L -	-172,000	-170,000	-168,000	-165,000	-163,000
30 - Z -	-0,430	-0,343	-0,209	-0,073	-0,011
30 - L -	-161,000	-160,000	-159,000	-158,000	-155,740
30 - Z -	0,004	-0,005	-0,058	-0,206	-0,253
30 - L -	-155,000	-153,000	-147,000	-146,000	-142,000
30 - Z -	-0,268	-0,288	-0,371	-0,336	-0,306
30 - L -	-140,000	-138,000	-135,000	-133,000	-129,000
30 - Z -	-0,273	-0,271	-0,217	-0,203	-0,134
30 - L -	-125,000	-122,000	-121,000	-116,000	-115,000
30 - Z -	-0,088	-0,052	-0,052	0,046	0,013
30 - L -	-114,000	-109,000	-107,000	-105,000	-102,000
30 - Z -	0,054	0,112	0,124	0,162	0,187
30 - L -	-101,000	-99,000	-98,000	-96,000	-94,000
30 - Z -	0,209	0,209	0,236	0,234	0,212
30 - L -	-93,000	-92,000	-89,000	-87,000	-85,000
30 - Z -	0,195	0,148	-0,083	-0,193	-0,278
30 - L -	-81,000	-80,000	-79,000	-74,000	-73,000
30 - Z -	-0,384	-0,397	-0,377	-0,384	-0,366
30 - L -	-71,000	-68,000	-66,000	-65,000	-62,000
30 - Z -	-0,365	-0,343	-0,313	-0,336	-0,270
30 - L -	-56,000	-47,000	-46,000	-43,000	-42,000
30 - Z -	-0,161	0,006	0,047	0,112	0,157
30 - L -	-39,000	-38,000	-15,000	-10,000	15,592
30 - Z -	0,246	0,300	0,717	2,300	2,300

Boundary number	Co-ordinates [m]				
30 - L -	28,950	37,028	40,030	43,033	46,035
30 - Z -	2,580	3,229	3,325	3,459	3,594
30 - L -	47,036	48,036	49,037	50,038	51,039
30 - Z -	3,671	3,820	3,821	3,884	3,908
30 - L -	53,040	54,041	56,042	57,043	59,045
30 - Z -	4,178	4,126	4,145	4,339	5,151
30 - L -	60,046	61,046	63,048	64,049	65,049
30 - Z -	5,081	5,236	5,880	6,118	6,302
30 - L -	66,050	67,051	68,052	69,052	71,054
30 - Z -	6,250	6,384	6,367	6,265	5,908
30 - L -	72,055	74,056	75,057	76,058	76,936
30 - Z -	5,907	5,778	5,872	5,869	5,791
30 - L -	77,058	78,059	79,060	80,061	81,061
30 - Z -	5,780	5,793	5,882	5,763	5,766
30 - L -	82,062	84,064	85,064	86,065	87,066
30 - Z -	5,821	5,811	5,793	6,011	5,987
30 - L -	88,067	89,068	90,068	91,069	93,071
30 - Z -	6,062	5,952	6,005	5,929	5,961
30 - L -	94,071	95,072	96,073	97,074	98,074
30 - Z -	6,008	6,085	6,205	6,371	6,579
30 - L -	99,075	100,076	101,077	103,078	105,080
30 - Z -	6,971	7,080	7,371	8,238	9,648
30 - L -	106,080	107,081	108,082	110,083	111,084
30 - Z -	10,127	10,373	10,528	10,601	10,535
30 - L -	113,086	114,086	116,088	118,090	122,093
30 - Z -	10,591	10,571	10,849	10,893	10,723
30 - L -	123,093	124,094	125,095	130,099	134,102
30 - Z -	10,723	10,525	10,418	10,242	10,344
30 - L -	135,102	137,104	142,108	144,109	150,114
30 - Z -	10,474	11,128	10,943	10,440	7,432
30 - L -	154,117	157,119	159,121	161,122	162,123
30 - Z -	5,554	4,507	3,856	3,510	3,290
30 - L -	164,124	165,125	166,126	174,132	175,133
30 - Z -	3,340	3,287	3,422	3,626	3,784
30 - L -	178,135	181,137	182,138	183,139	184,140
30 - Z -	3,588	3,654	3,743	3,751	3,679
30 - L -	185,140	186,141	187,142	189,143	191,145
30 - Z -	3,463	3,171	3,135	3,225	3,245
30 - L -	192,146	193,146	195,148	196,149	199,151
30 - Z -	3,152	3,214	3,253	3,287	3,228
30 - L -	201,152	202,153	203,154	204,155	205,156
30 - Z -	3,233	3,282	3,239	3,231	3,180
30 - L -	206,156	207,909	208,158	209,159	211,160
30 - Z -	2,935	2,141	2,028	1,931	1,883
30 - L -	212,161	213,298	214,162	217,165	218,165
30 - Z -	1,877	1,917	1,948	1,931	1,998
30 - L -	219,166	220,167	221,168	223,169	225,171
30 - Z -	2,208	1,986	1,981	1,937	1,912
30 - L -	226,171	228,173	229,174	231,175	232,284
30 - Z -	1,869	2,164	1,978	1,791	1,550
30 - L -	233,177	234,178	236,179	237,180	237,609
30 - Z -	1,356	1,272	1,189	1,275	1,450
30 - L -	238,181	240,182	242,184	244,185	245,186
30 - Z -	1,682	2,263	3,060	3,129	3,123
30 - L -	246,187	247,187	249,189	250,190	251,190
30 - Z -	3,220	3,509	3,098	3,115	3,180
30 - L -	252,191	253,192	255,193	256,194	257,195
30 - Z -	3,184	3,139	3,193	3,181	3,056
30 - L -	258,196	259,196	260,197	261,198	262,262
30 - Z -	3,064	3,055	3,092	3,026	3,087
30 - L -	263,200	264,200	265,201	266,202	267,203
30 - Z -	3,117	3,035	3,020	3,130	3,155
30 - L -	268,203	269,204	271,206	274,208	275,209
30 - Z -	3,083	3,049	3,034	3,086	3,061
30 - L -	277,210	278,211	280,212	281,213	282,214

Boundary number	Co-ordinates [m]				
30 - Z -	3,110	3,239	3,142	3,083	3,114
30 - L -	283,215	284,215	285,216	286,217	293,222
30 - Z -	3,114	3,143	3,110	3,156	3,117
30 - L -	294,223	296,225	297,225	299,227	300,228
30 - Z -	3,175	3,232	3,183	3,227	3,313
30 - L -	301,228	302,164	303,230	304,231	306,232
30 - Z -	3,196	3,190	3,196	3,324	3,139
30 - L -	307,233	309,234	310,235	311,236	312,237
30 - Z -	3,157	3,282	3,255	3,204	3,170
30 - L -	313,237	317,240	318,241	319,242	320,243
30 - Z -	3,157	2,152	1,831	1,852	1,972
30 - L -	322,244	323,245	324,246	326,247	327,248
30 - Z -	2,092	1,898	1,803	1,734	1,842
30 - L -	328,249	329,250	330,250	331,251	332,252
30 - Z -	1,927	1,872	1,887	1,891	1,971
30 - L -	333,253	335,254	336,255	338,256	341,250
30 - Z -	1,877	1,878	1,912	1,907	1,980
30 - L -	342,259	343,259	344,259	348,259	350,259
30 - Z -	1,863	1,825	1,834	1,693	1,714
30 - L -	351,259	352,259	355,259	356,259	357,259
30 - Z -	1,782	1,719	1,717	1,702	1,738
30 - L -	358,259	360,259	361,259	362,259	363,259
30 - Z -	1,994	1,753	1,798	1,751	1,932
30 - L -	367,259	368,259	369,259	371,259	373,259
30 - Z -	1,849	1,671	1,738	1,806	1,736
30 - L -	374,259	375,259	376,259	377,259	380,259
30 - Z -	1,712	1,708	1,644	1,742	1,689
30 - L -	382,259	383,259	386,259	387,388	389,259
30 - Z -	1,671	1,947	1,547	1,609	1,641
30 - L -	390,259	391,259	392,259	395,259	396,259
30 - Z -	1,571	1,649	1,443	1,638	1,430
30 - L -	399,259	400,259	401,259	402,259	403,259
30 - Z -	1,448	1,324	1,114	1,103	1,152
30 - L -	404,259	405,259	406,259	408,259	410,259
30 - Z -	1,154	1,082	1,075	1,214	1,283
30 - L -	411,259	413,259	414,259	415,259	416,259
30 - Z -	1,266	1,311	1,395	1,436	1,361
30 - L -	417,259	420,259	422,259	423,259	424,259
30 - Z -	1,411	1,431	1,535	1,337	1,372
30 - L -	425,259	426,259	427,259	428,259	429,259
30 - Z -	1,434	1,444	1,298	1,294	1,408
30 - L -	433,259	434,259	435,259	437,259	438,259
30 - Z -	1,420	1,389	1,468	1,546	1,483
30 - L -	439,259	440,259	450,000		
30 - Z -	1,519	1,436	1,436		
29 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
29 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
29 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
29 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
29 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
29 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
29 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
29 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
29 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
29 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
29 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
29 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
29 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	-296,383
29 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-6,663
29 - L -	-286,919	-277,455	-267,991	-258,528	-249,064
29 - Z -	-5,728	-4,794	-3,861	-2,944	-2,100
29 - L -	-240,000	-230,000	-220,000	-210,000	-200,000
29 - Z -	-1,800	-1,750	-1,650	-1,600	-1,500
29 - L -	-190,000	-186,000	-181,000	-175,000	-174,000
29 - Z -	-1,300	-1,228	-0,957	-0,563	-0,477

Boundary number	Co-ordinates [m]				
29 - L -	-173,000	-172,000	-170,000	-168,000	-165,000
29 - Z -	-0,428	-0,430	-0,343	-0,209	-0,073
29 - L -	-163,000	-161,000	-160,000	-159,000	-158,000
29 - Z -	-0,011	0,004	-0,005	-0,058	-0,206
29 - L -	-155,740	-155,000	-153,000	-147,000	-146,000
29 - Z -	-0,253	-0,268	-0,288	-0,371	-0,336
29 - L -	-142,000	-140,000	-138,000	-135,000	-133,000
29 - Z -	-0,306	-0,273	-0,271	-0,217	-0,203
29 - L -	-129,000	-125,000	-122,000	-121,000	-116,000
29 - Z -	-0,134	-0,088	-0,052	-0,052	0,046
29 - L -	-115,000	-114,000	-109,000	-107,000	-105,000
29 - Z -	0,013	0,054	0,112	0,124	0,162
29 - L -	-102,000	-101,000	-99,000	-98,000	-96,000
29 - Z -	0,187	0,209	0,209	0,236	0,234
29 - L -	-94,000	-93,000	-92,000	-89,000	-87,000
29 - Z -	0,212	0,195	0,148	-0,083	-0,193
29 - L -	-85,000	-81,000	-80,000	-79,000	-74,000
29 - Z -	-0,278	-0,384	-0,397	-0,377	-0,384
29 - L -	-73,000	-71,000	-68,000	-66,000	-65,000
29 - Z -	-0,366	-0,365	-0,343	-0,313	-0,336
29 - L -	-62,000	-56,000	-47,000	-46,000	-43,000
29 - Z -	-0,270	-0,161	0,006	0,047	0,112
29 - L -	-42,000	-39,000	-38,000	-15,000	-10,000
29 - Z -	0,157	0,246	0,300	0,717	2,300
29 - L -	15,592	28,950	37,028	40,030	43,033
29 - Z -	2,300	2,580	3,229	3,325	3,459
29 - L -	46,035	47,036	48,036	49,037	50,038
29 - Z -	3,594	3,671	3,820	3,821	3,884
29 - L -	51,039	53,040	54,041	56,042	57,043
29 - Z -	3,908	4,178	4,126	4,145	4,339
29 - L -	59,045	60,046	61,046	63,048	64,049
29 - Z -	5,151	5,081	5,236	5,880	6,118
29 - L -	65,049	66,050	67,051	68,052	69,052
29 - Z -	6,302	6,250	6,384	6,367	6,265
29 - L -	71,054	72,055	74,056	75,057	76,058
29 - Z -	5,908	5,907	5,778	5,872	5,869
29 - L -	76,936	77,058	78,059	79,060	80,061
29 - Z -	5,791	5,780	5,793	5,882	5,763
29 - L -	81,061	82,062	84,064	85,064	86,065
29 - Z -	5,766	5,821	5,811	5,793	6,011
29 - L -	87,066	88,067	89,068	90,068	91,069
29 - Z -	5,987	6,062	5,952	6,005	5,929
29 - L -	93,071	94,071	95,072	96,073	97,074
29 - Z -	5,961	6,008	6,085	6,205	6,371
29 - L -	98,074	99,075	100,076	101,077	103,078
29 - Z -	6,579	6,971	7,080	7,371	8,238
29 - L -	105,080	106,080	107,081	108,082	110,083
29 - Z -	9,648	10,127	10,373	10,528	10,601
29 - L -	111,084	113,086	114,086	116,088	118,090
29 - Z -	10,535	10,591	10,571	10,849	10,893
29 - L -	122,093	123,093	124,094	125,095	130,099
29 - Z -	10,723	10,723	10,525	10,418	10,242
29 - L -	134,102	135,102	137,104	142,108	144,109
29 - Z -	10,344	10,474	11,128	10,943	10,440
29 - L -	150,114	154,117	157,119	159,121	161,122
29 - Z -	7,432	5,554	4,507	3,856	3,510
29 - L -	162,123	164,124	165,125	166,126	174,132
29 - Z -	3,290	3,340	3,287	3,422	3,626
29 - L -	175,133	178,135	181,137	182,138	183,139
29 - Z -	3,784	3,588	3,654	3,743	3,751
29 - L -	184,140	185,140	186,141	187,142	189,143
29 - Z -	3,679	3,463	3,171	3,135	3,225
29 - L -	191,145	192,146	193,146	195,148	196,149
29 - Z -	3,245	3,152	3,214	3,253	3,287
29 - L -	199,151	201,152	202,153	203,154	204,155

Boundary number	Co-ordinates [m]				
29 - Z -	3,228	3,233	3,282	3,239	3,231
29 - L -	205,156	206,156	207,909	208,158	209,159
29 - Z -	3,180	2,935	2,141	2,028	1,931
29 - L -	211,160	212,161	213,298	214,162	217,165
29 - Z -	1,883	1,877	1,917	1,948	1,931
29 - L -	218,165	219,166	220,167	221,168	223,169
29 - Z -	1,998	2,208	1,986	1,981	1,937
29 - L -	225,171	226,171	228,173	229,174	231,175
29 - Z -	1,912	1,869	2,164	1,978	1,791
29 - L -	232,284	233,177	234,178	236,179	237,180
29 - Z -	1,550	1,356	1,272	1,189	1,275
29 - L -	237,609	238,181	240,182	242,184	244,185
29 - Z -	1,450	1,682	2,263	3,060	3,129
29 - L -	245,186	246,187	247,187	249,189	250,190
29 - Z -	3,123	3,220	3,509	3,098	3,115
29 - L -	251,190	252,191	253,192	255,193	256,194
29 - Z -	3,180	3,184	3,139	3,193	3,181
29 - L -	257,195	258,196	259,196	260,197	261,198
29 - Z -	3,056	3,064	3,055	3,092	3,026
29 - L -	262,262	263,200	264,200	265,201	266,202
29 - Z -	3,087	3,117	3,035	3,020	3,130
29 - L -	267,203	268,203	269,204	271,206	274,208
29 - Z -	3,155	3,083	3,049	3,034	3,086
29 - L -	275,209	277,210	278,211	280,212	281,213
29 - Z -	3,061	3,110	3,239	3,142	3,083
29 - L -	282,214	283,215	284,215	285,216	286,217
29 - Z -	3,114	3,114	3,143	3,110	3,156
29 - L -	293,222	294,223	296,225	297,225	299,227
29 - Z -	3,117	3,175	3,232	3,183	3,227
29 - L -	300,228	301,228	302,164	303,230	304,231
29 - Z -	3,313	3,196	3,190	3,196	3,324
29 - L -	306,232	307,233	309,234	310,235	311,236
29 - Z -	3,139	3,157	3,282	3,255	3,204
29 - L -	312,237	313,237	317,240	318,241	319,242
29 - Z -	3,170	3,157	2,152	1,831	1,852
29 - L -	320,243	322,244	323,245	324,246	326,247
29 - Z -	1,972	2,092	1,898	1,803	1,734
29 - L -	327,248	328,249	329,250	330,250	331,251
29 - Z -	1,842	1,927	1,872	1,887	1,891
29 - L -	332,252	333,253	335,254	336,255	338,256
29 - Z -	1,971	1,877	1,878	1,912	1,907
29 - L -	341,250	342,259	343,259	344,259	348,259
29 - Z -	1,980	1,863	1,825	1,834	1,693
29 - L -	350,259	351,259	352,259	355,259	356,259
29 - Z -	1,714	1,782	1,719	1,717	1,702
29 - L -	357,259	358,259	360,259	361,259	362,259
29 - Z -	1,738	1,994	1,753	1,798	1,751
29 - L -	363,259	367,259	368,259	369,259	371,259
29 - Z -	1,932	1,849	1,671	1,738	1,806
29 - L -	373,259	374,259	375,259	376,259	377,259
29 - Z -	1,736	1,712	1,708	1,644	1,742
29 - L -	380,259	382,259	383,259	386,259	387,388
29 - Z -	1,689	1,671	1,947	1,547	1,609
29 - L -	389,259	390,259	391,259	392,259	395,259
29 - Z -	1,641	1,571	1,649	1,443	1,638
29 - L -	396,259	399,259	400,259	401,259	402,259
29 - Z -	1,430	1,448	1,324	1,114	1,103
29 - L -	403,259	404,259	405,259	406,259	408,259
29 - Z -	1,152	1,154	1,082	1,075	1,214
29 - L -	410,259	411,259	413,259	414,259	415,259
29 - Z -	1,283	1,266	1,311	1,395	1,436
29 - L -	416,259	417,259	420,259	422,259	423,259
29 - Z -	1,361	1,411	1,431	1,535	1,337
29 - L -	424,259	425,259	426,259	427,259	428,259
29 - Z -	1,372	1,434	1,444	1,298	1,294



Boundary number	Co-ordinates [m]				
29 - L -	429,259	433,259	434,259	435,259	437,259
29 - Z -	1,408	1,420	1,389	1,468	1,546
29 - L -	438,259	439,259	440,259	450,000	
29 - Z -	1,483	1,519	1,436	1,436	
28 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
28 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
28 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
28 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
28 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
28 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
28 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
28 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
28 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
28 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
28 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
28 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
28 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	-296,383
28 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-6,663
28 - L -	-286,919	-277,455	-267,991	-258,528	-249,064
28 - Z -	-5,728	-4,794	-3,861	-2,944	-2,100
28 - L -	-240,000	-230,000	-220,000	-210,000	-200,000
28 - Z -	-1,800	-1,750	-1,650	-1,600	-1,500
28 - L -	-190,000	-186,000	-181,000	-175,000	-174,000
28 - Z -	-1,300	-1,228	-0,957	-0,563	-0,477
28 - L -	-173,000	-172,000	-170,000	-168,000	-165,000
28 - Z -	-0,428	-0,430	-0,343	-0,209	-0,073
28 - L -	-163,000	-161,000	-160,000	-159,000	-158,000
28 - Z -	-0,011	0,004	-0,005	-0,058	-0,206
28 - L -	-155,740	-155,000	-153,000	-147,000	-146,000
28 - Z -	-0,253	-0,268	-0,288	-0,371	-0,336
28 - L -	-142,000	-140,000	-138,000	-135,000	-133,000
28 - Z -	-0,306	-0,273	-0,271	-0,217	-0,203
28 - L -	-129,000	-125,000	-122,000	-121,000	-116,000
28 - Z -	-0,134	-0,088	-0,052	-0,052	0,046
28 - L -	-115,000	-114,000	-109,000	-107,000	-105,000
28 - Z -	0,013	0,054	0,112	0,124	0,162
28 - L -	-102,000	-101,000	-99,000	-98,000	-96,000
28 - Z -	0,187	0,209	0,209	0,236	0,234
28 - L -	-94,000	-93,000	-92,000	-89,000	-87,000
28 - Z -	0,212	0,195	0,148	-0,083	-0,193
28 - L -	-85,000	-81,000	-80,000	-79,000	-74,000
28 - Z -	-0,278	-0,384	-0,397	-0,377	-0,384
28 - L -	-73,000	-71,000	-68,000	-66,000	-65,000
28 - Z -	-0,366	-0,365	-0,343	-0,313	-0,336
28 - L -	-62,000	-56,000	-47,000	-46,000	-43,000
28 - Z -	-0,270	-0,161	0,006	0,047	0,112
28 - L -	-42,000	-39,000	-38,000	-15,000	-10,000
28 - Z -	0,157	0,246	0,300	0,717	0,808
28 - L -	0,000	2,549	10,462	12,920	15,592
28 - Z -	0,990	1,130	1,980	2,244	2,300
28 - L -	28,950	37,028	40,030	43,033	46,035
28 - Z -	2,580	3,229	3,325	3,459	3,594
28 - L -	47,036	48,036	49,037	50,038	51,039
28 - Z -	3,671	3,820	3,821	3,884	3,908
28 - L -	53,040	54,041	56,042	57,043	59,045
28 - Z -	4,178	4,126	4,145	4,339	5,151
28 - L -	60,046	61,046	63,048	64,049	65,049
28 - Z -	5,081	5,236	5,880	6,118	6,302
28 - L -	66,050	67,051	68,052	69,052	71,054
28 - Z -	6,250	6,384	6,367	6,265	5,908
28 - L -	72,055	74,056	75,057	76,058	76,936
28 - Z -	5,907	5,778	5,872	5,869	5,791
28 - L -	77,058	78,059	79,060	80,061	81,061
28 - Z -	5,780	5,793	5,882	5,763	5,766
28 - L -	82,062	84,064	85,064	86,065	87,066

Boundary number	Co-ordinates [m]				
28 - Z -	5,821	5,811	5,793	6,011	5,987
28 - L -	88,067	89,068	90,068	91,069	93,071
28 - Z -	6,062	5,952	6,005	5,929	5,961
28 - L -	94,071	95,072	96,073	97,074	98,074
28 - Z -	6,008	6,085	6,205	6,371	6,579
28 - L -	99,075	100,076	101,077	103,078	105,080
28 - Z -	6,971	7,080	7,371	8,238	9,648
28 - L -	106,080	107,081	108,082	110,083	111,084
28 - Z -	10,127	10,373	10,528	10,601	10,535
28 - L -	113,086	114,086	116,088	118,090	122,093
28 - Z -	10,591	10,571	10,849	10,893	10,723
28 - L -	123,093	124,094	125,095	130,099	134,102
28 - Z -	10,723	10,525	10,418	10,242	10,344
28 - L -	135,102	137,104	142,108	144,109	150,114
28 - Z -	10,474	11,128	10,943	10,440	7,432
28 - L -	154,117	157,119	159,121	161,122	162,123
28 - Z -	5,554	4,507	3,856	3,510	3,290
28 - L -	164,124	165,125	166,126	174,132	175,133
28 - Z -	3,340	3,287	3,422	3,626	3,784
28 - L -	178,135	181,137	182,138	183,139	184,140
28 - Z -	3,588	3,654	3,743	3,751	3,679
28 - L -	185,140	186,141	187,142	189,143	191,145
28 - Z -	3,463	3,171	3,135	3,225	3,245
28 - L -	192,146	193,146	195,148	196,149	199,151
28 - Z -	3,152	3,214	3,253	3,287	3,228
28 - L -	201,152	202,153	203,154	204,155	205,156
28 - Z -	3,233	3,282	3,239	3,231	3,180
28 - L -	206,156	207,909	208,158	209,159	211,160
28 - Z -	2,935	2,141	2,028	1,931	1,883
28 - L -	212,161	213,298	214,162	217,165	218,165
28 - Z -	1,877	1,917	1,948	1,931	1,998
28 - L -	219,166	220,167	221,168	223,169	225,171
28 - Z -	2,208	1,986	1,981	1,937	1,912
28 - L -	226,171	228,173	229,174	231,175	232,284
28 - Z -	1,869	2,164	1,978	1,791	1,550
28 - L -	233,177	234,178	236,179	237,180	237,609
28 - Z -	1,356	1,272	1,189	1,275	1,450
28 - L -	238,181	240,182	242,184	244,185	245,186
28 - Z -	1,682	2,263	3,060	3,129	3,123
28 - L -	246,187	247,187	249,189	250,190	251,190
28 - Z -	3,220	3,509	3,098	3,115	3,180
28 - L -	252,191	253,192	255,193	256,194	257,195
28 - Z -	3,184	3,139	3,193	3,181	3,056
28 - L -	258,196	259,196	260,197	261,198	262,262
28 - Z -	3,064	3,055	3,092	3,026	3,087
28 - L -	263,200	264,200	265,201	266,202	267,203
28 - Z -	3,117	3,035	3,020	3,130	3,155
28 - L -	268,203	269,204	271,206	274,208	275,209
28 - Z -	3,083	3,049	3,034	3,086	3,061
28 - L -	277,210	278,211	280,212	281,213	282,214
28 - Z -	3,110	3,239	3,142	3,083	3,114
28 - L -	283,215	284,215	285,216	286,217	293,222
28 - Z -	3,114	3,143	3,110	3,156	3,117
28 - L -	294,223	296,225	297,225	299,227	300,228
28 - Z -	3,175	3,232	3,183	3,227	3,313
28 - L -	301,228	302,164	303,230	304,231	306,232
28 - Z -	3,196	3,190	3,196	3,324	3,139
28 - L -	307,233	309,234	310,235	311,236	312,237
28 - Z -	3,157	3,282	3,255	3,204	3,170
28 - L -	313,237	317,240	318,241	319,242	320,243
28 - Z -	3,157	2,152	1,831	1,852	1,972
28 - L -	322,244	323,245	324,246	326,247	327,248
28 - Z -	2,092	1,898	1,803	1,734	1,842
28 - L -	328,249	329,250	330,250	331,251	332,252
28 - Z -	1,927	1,872	1,887	1,891	1,971

Boundary number	Co-ordinates [m]				
28 - L -	333,253	335,254	336,255	338,256	341,250
28 - Z -	1,877	1,878	1,912	1,907	1,980
28 - L -	342,259	343,259	344,259	348,259	350,259
28 - Z -	1,863	1,825	1,834	1,693	1,714
28 - L -	351,259	352,259	355,259	356,259	357,259
28 - Z -	1,782	1,719	1,717	1,702	1,738
28 - L -	358,259	360,259	361,259	362,259	363,259
28 - Z -	1,994	1,753	1,798	1,751	1,932
28 - L -	367,259	368,259	369,259	371,259	373,259
28 - Z -	1,849	1,671	1,738	1,806	1,736
28 - L -	374,259	375,259	376,259	377,259	380,259
28 - Z -	1,712	1,708	1,644	1,742	1,689
28 - L -	382,259	383,259	386,259	387,388	389,259
28 - Z -	1,671	1,947	1,547	1,609	1,641
28 - L -	390,259	391,259	392,259	395,259	396,259
28 - Z -	1,571	1,649	1,443	1,638	1,430
28 - L -	399,259	400,259	401,259	402,259	403,259
28 - Z -	1,448	1,324	1,114	1,103	1,152
28 - L -	404,259	405,259	406,259	408,259	410,259
28 - Z -	1,154	1,082	1,075	1,214	1,283
28 - L -	411,259	413,259	414,259	415,259	416,259
28 - Z -	1,266	1,311	1,395	1,436	1,361
28 - L -	417,259	420,259	422,259	423,259	424,259
28 - Z -	1,411	1,431	1,535	1,337	1,372
28 - L -	425,259	426,259	427,259	428,259	429,259
28 - Z -	1,434	1,444	1,298	1,294	1,408
28 - L -	433,259	434,259	435,259	437,259	438,259
28 - Z -	1,420	1,389	1,468	1,546	1,483
28 - L -	439,259	440,259	450,000		
28 - Z -	1,519	1,436	1,436		
27 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
27 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
27 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
27 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
27 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
27 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
27 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
27 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
27 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
27 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
27 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
27 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
27 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	-296,383
27 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-6,663
27 - L -	-286,919	-277,455	-267,991	-258,528	-249,064
27 - Z -	-5,728	-4,794	-3,861	-2,944	-2,100
27 - L -	-240,000	-230,000	-220,000	-210,000	-200,000
27 - Z -	-1,800	-1,750	-1,650	-1,600	-1,500
27 - L -	-190,000	-186,000	-181,000	-175,000	-174,000
27 - Z -	-1,300	-1,228	-0,957	-0,563	-0,477
27 - L -	-173,000	-172,000	-170,000	-168,000	-165,000
27 - Z -	-0,428	-0,430	-0,343	-0,209	-0,073
27 - L -	-163,000	-161,000	-160,000	-159,000	-158,000
27 - Z -	-0,011	0,004	-0,005	-0,058	-0,206
27 - L -	-155,740	-155,000	-153,000	-147,000	-146,000
27 - Z -	-0,253	-0,268	-0,288	-0,371	-0,336
27 - L -	-142,000	-140,000	-138,000	-135,000	-133,000
27 - Z -	-0,306	-0,273	-0,271	-0,217	-0,203
27 - L -	-129,000	-125,000	-122,000	-121,000	-116,000
27 - Z -	-0,134	-0,088	-0,052	-0,052	0,046
27 - L -	-115,000	-114,000	-109,000	-107,000	-105,000
27 - Z -	0,013	0,054	0,112	0,124	0,162
27 - L -	-102,000	-101,000	-99,000	-98,000	-96,000
27 - Z -	0,187	0,209	0,209	0,236	0,234
27 - L -	-94,000	-93,000	-92,000	-89,000	-87,000

Boundary number	Co-ordinates [m]				
27 - Z -	0,212	0,195	0,148	-0,083	-0,193
27 - L -	-85,000	-81,000	-80,000	-79,000	-74,000
27 - Z -	-0,278	-0,384	-0,397	-0,377	-0,384
27 - L -	-73,000	-71,000	-68,000	-66,000	-65,000
27 - Z -	-0,366	-0,365	-0,343	-0,313	-0,336
27 - L -	-62,000	-56,000	-47,000	-46,000	-43,000
27 - Z -	-0,270	-0,161	0,006	0,047	0,112
27 - L -	-42,000	-39,000	-38,000	-15,000	-10,000
27 - Z -	0,157	0,246	0,300	0,717	0,808
27 - L -	0,000	2,549	40,000	207,909	208,158
27 - Z -	0,990	1,130	1,130	2,141	2,028
27 - L -	209,159	211,160	212,161	213,298	214,162
27 - Z -	1,931	1,883	1,877	1,917	1,948
27 - L -	217,165	218,165	219,166	220,167	221,168
27 - Z -	1,931	1,998	2,208	1,986	1,981
27 - L -	223,169	225,171	226,171	228,173	229,174
27 - Z -	1,937	1,912	1,869	2,164	1,978
27 - L -	231,175	232,284	233,177	234,178	236,179
27 - Z -	1,791	1,550	1,356	1,272	1,189
27 - L -	237,180	237,609	238,181	240,182	242,184
27 - Z -	1,275	1,450	1,682	2,263	3,060
27 - L -	244,185	245,186	246,187	247,187	249,189
27 - Z -	3,129	3,123	3,220	3,509	3,098
27 - L -	250,190	251,190	252,191	253,192	255,193
27 - Z -	3,115	3,180	3,184	3,139	3,193
27 - L -	256,194	257,195	258,196	259,196	260,197
27 - Z -	3,181	3,056	3,064	3,055	3,092
27 - L -	261,198	262,262	263,200	264,200	265,201
27 - Z -	3,026	3,087	3,117	3,035	3,020
27 - L -	266,202	267,203	268,203	269,204	271,206
27 - Z -	3,130	3,155	3,083	3,049	3,034
27 - L -	274,208	275,209	277,210	278,211	280,212
27 - Z -	3,086	3,061	3,110	3,239	3,142
27 - L -	281,213	282,214	283,215	284,215	285,216
27 - Z -	3,083	3,114	3,114	3,143	3,110
27 - L -	286,217	293,222	294,223	296,225	297,225
27 - Z -	3,156	3,117	3,175	3,232	3,183
27 - L -	299,227	300,228	301,228	302,164	303,230
27 - Z -	3,227	3,313	3,196	3,190	3,196
27 - L -	304,231	306,232	307,233	309,234	310,235
27 - Z -	3,324	3,139	3,157	3,282	3,255
27 - L -	311,236	312,237	313,237	317,240	318,241
27 - Z -	3,204	3,170	3,157	2,152	1,831
27 - L -	319,242	320,243	322,244	323,245	324,246
27 - Z -	1,852	1,972	2,092	1,898	1,803
27 - L -	326,247	327,248	328,249	329,250	330,250
27 - Z -	1,734	1,842	1,927	1,872	1,887
27 - L -	331,251	332,252	333,253	335,254	336,255
27 - Z -	1,891	1,971	1,877	1,878	1,912
27 - L -	338,256	341,250	342,259	343,259	344,259
27 - Z -	1,907	1,980	1,863	1,825	1,834
27 - L -	348,259	350,259	351,259	352,259	355,259
27 - Z -	1,693	1,714	1,782	1,719	1,717
27 - L -	356,259	357,259	358,259	360,259	361,259
27 - Z -	1,702	1,738	1,994	1,753	1,798
27 - L -	362,259	363,259	367,259	368,259	369,259
27 - Z -	1,751	1,932	1,849	1,671	1,738
27 - L -	371,259	373,259	374,259	375,259	376,259
27 - Z -	1,806	1,736	1,712	1,708	1,644
27 - L -	377,259	380,259	382,259	383,259	386,259
27 - Z -	1,742	1,689	1,671	1,947	1,547
27 - L -	387,388	389,259	390,259	391,259	392,259
27 - Z -	1,609	1,641	1,571	1,649	1,443
27 - L -	395,259	396,259	399,259	400,259	401,259
27 - Z -	1,638	1,430	1,448	1,324	1,114

Boundary number	Co-ordinates [m]				
27 - L -	402,259	403,259	404,259	405,259	406,259
27 - Z -	1,103	1,152	1,154	1,082	1,075
27 - L -	408,259	410,259	411,259	413,259	414,259
27 - Z -	1,214	1,283	1,266	1,311	1,395
27 - L -	415,259	416,259	417,259	420,259	422,259
27 - Z -	1,436	1,361	1,411	1,431	1,535
27 - L -	423,259	424,259	425,259	426,259	427,259
27 - Z -	1,337	1,372	1,434	1,444	1,298
27 - L -	428,259	429,259	433,259	434,259	435,259
27 - Z -	1,294	1,408	1,420	1,389	1,468
27 - L -	437,259	438,259	439,259	440,259	450,000
27 - Z -	1,546	1,483	1,519	1,436	1,436
26 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
26 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
26 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
26 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
26 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
26 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
26 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
26 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
26 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
26 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
26 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
26 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
26 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	-296,383
26 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-6,663
26 - L -	-286,919	-277,455	-267,991	-258,528	-249,064
26 - Z -	-5,728	-4,794	-3,861	-2,944	-2,100
26 - L -	-240,000	-230,000	-220,000	-210,000	-200,000
26 - Z -	-1,800	-1,750	-1,650	-1,600	-1,500
26 - L -	-190,000	-186,000	-181,000	-175,000	-174,000
26 - Z -	-1,300	-1,228	-0,957	-0,563	-0,477
26 - L -	-173,000	-172,000	-170,000	-168,000	-165,000
26 - Z -	-0,428	-0,430	-0,343	-0,209	-0,073
26 - L -	-163,000	-161,000	-160,000	-159,000	-158,000
26 - Z -	-0,011	0,004	-0,005	-0,058	-0,206
26 - L -	-155,740	-155,000	-153,000	-147,000	-146,000
26 - Z -	-0,253	-0,268	-0,288	-0,371	-0,336
26 - L -	-142,000	-140,000	-138,000	-135,000	-133,000
26 - Z -	-0,306	-0,273	-0,271	-0,217	-0,203
26 - L -	-129,000	-125,000	-122,000	-121,000	-116,000
26 - Z -	-0,134	-0,088	-0,052	-0,052	0,046
26 - L -	-115,000	-114,000	-109,000	-107,000	-105,000
26 - Z -	0,013	0,054	0,112	0,124	0,162
26 - L -	-102,000	-101,000	-99,000	-98,000	-96,000
26 - Z -	0,187	0,209	0,209	0,236	0,234
26 - L -	-94,000	-93,000	-92,000	-89,000	-87,000
26 - Z -	0,212	0,195	0,148	-0,083	-0,193
26 - L -	-85,000	-81,000	-80,000	-79,000	-74,000
26 - Z -	-0,278	-0,384	-0,397	-0,377	-0,384
26 - L -	-73,000	-71,000	-68,000	-66,000	-65,000
26 - Z -	-0,366	-0,365	-0,343	-0,313	-0,336
26 - L -	-62,000	-56,000	-47,000	-46,000	-43,000
26 - Z -	-0,270	-0,161	0,006	0,047	0,112
26 - L -	-42,000	-39,000	-38,000	-15,000	-10,000
26 - Z -	0,157	0,246	0,300	0,717	0,808
26 - L -	0,000	2,549	40,000	207,909	208,158
26 - Z -	0,990	1,130	1,130	2,141	2,028
26 - L -	209,159	211,160	212,161	213,298	214,575
26 - Z -	1,931	1,883	1,877	1,917	1,883
26 - L -	219,745	232,284	233,177	234,178	236,179
26 - Z -	1,786	1,550	1,356	1,272	1,189
26 - L -	237,180	237,609	238,181	240,182	242,184
26 - Z -	1,275	1,450	1,682	2,263	3,060
26 - L -	244,185	245,186	246,187	247,187	249,189

Boundary number	Co-ordinates [m]				
26 - Z -	3,129	3,123	3,220	3,509	3,098
26 - L -	250,190	251,190	252,191	253,192	255,193
26 - Z -	3,115	3,180	3,184	3,139	3,193
26 - L -	256,194	257,195	258,196	259,196	260,197
26 - Z -	3,181	3,056	3,064	3,055	3,092
26 - L -	261,198	262,262	263,200	264,200	265,201
26 - Z -	3,026	3,087	3,117	3,035	3,020
26 - L -	266,202	267,203	268,203	269,204	271,206
26 - Z -	3,130	3,155	3,083	3,049	3,034
26 - L -	274,208	275,209	277,210	278,211	280,212
26 - Z -	3,086	3,061	3,110	3,239	3,142
26 - L -	281,213	282,214	283,215	284,215	285,216
26 - Z -	3,083	3,114	3,114	3,143	3,110
26 - L -	286,217	293,222	294,223	296,225	297,225
26 - Z -	3,156	3,117	3,175	3,232	3,183
26 - L -	299,227	300,228	301,228	302,164	303,230
26 - Z -	3,227	3,313	3,196	3,190	3,196
26 - L -	304,231	306,232	307,233	309,234	310,235
26 - Z -	3,324	3,139	3,157	3,282	3,255
26 - L -	311,236	312,237	313,237	317,240	318,241
26 - Z -	3,204	3,170	3,157	2,152	1,831
26 - L -	319,242	320,243	322,244	323,245	324,246
26 - Z -	1,852	1,972	2,092	1,898	1,803
26 - L -	326,247	327,248	328,249	329,250	330,250
26 - Z -	1,734	1,842	1,927	1,872	1,887
26 - L -	331,251	332,252	333,253	335,254	336,255
26 - Z -	1,891	1,971	1,877	1,878	1,912
26 - L -	338,256	341,250	342,259	343,259	344,259
26 - Z -	1,907	1,980	1,863	1,825	1,834
26 - L -	348,259	350,259	351,259	352,259	355,259
26 - Z -	1,693	1,714	1,782	1,719	1,717
26 - L -	356,259	357,259	358,259	360,259	361,259
26 - Z -	1,702	1,738	1,994	1,753	1,798
26 - L -	362,259	363,259	367,259	368,259	369,259
26 - Z -	1,751	1,932	1,849	1,671	1,738
26 - L -	371,259	373,259	374,259	375,259	376,259
26 - Z -	1,806	1,736	1,712	1,708	1,644
26 - L -	377,259	380,259	382,259	383,259	386,259
26 - Z -	1,742	1,689	1,671	1,947	1,547
26 - L -	387,388	389,259	390,259	391,259	392,259
26 - Z -	1,609	1,641	1,571	1,649	1,443
26 - L -	395,259	396,259	399,259	400,259	401,259
26 - Z -	1,638	1,430	1,448	1,324	1,114
26 - L -	402,259	403,259	404,259	405,259	406,259
26 - Z -	1,103	1,152	1,154	1,082	1,075
26 - L -	408,259	410,259	411,259	413,259	414,259
26 - Z -	1,214	1,283	1,266	1,311	1,395
26 - L -	415,259	416,259	417,259	420,259	422,259
26 - Z -	1,436	1,361	1,411	1,431	1,535
26 - L -	423,259	424,259	425,259	426,259	427,259
26 - Z -	1,337	1,372	1,434	1,444	1,298
26 - L -	428,259	429,259	433,259	434,259	435,259
26 - Z -	1,294	1,408	1,420	1,389	1,468
26 - L -	437,259	438,259	439,259	440,259	450,000
26 - Z -	1,546	1,483	1,519	1,436	1,436
25 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
25 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
25 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
25 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
25 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
25 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
25 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
25 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
25 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
25 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433

Boundary number	Co-ordinates [m]				
25 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
25 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
25 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	-296,383
25 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-6,663
25 - L -	-286,919	-277,455	-267,991	-258,528	-249,064
25 - Z -	-5,728	-4,794	-3,861	-2,944	-2,100
25 - L -	-240,000	-230,000	-220,000	-210,000	-200,000
25 - Z -	-1,800	-1,750	-1,650	-1,600	-1,500
25 - L -	-190,000	-186,000	-181,000	-175,000	-174,000
25 - Z -	-1,300	-1,228	-0,957	-0,563	-0,477
25 - L -	-173,000	-172,000	-170,000	-168,000	-165,000
25 - Z -	-0,428	-0,430	-0,343	-0,209	-0,073
25 - L -	-163,000	-161,000	-160,000	-159,000	-158,000
25 - Z -	-0,011	0,004	-0,005	-0,058	-0,206
25 - L -	-155,740	-155,000	-153,000	-147,000	-146,000
25 - Z -	-0,253	-0,268	-0,288	-0,371	-0,336
25 - L -	-142,000	-140,000	-138,000	-135,000	-133,000
25 - Z -	-0,306	-0,273	-0,271	-0,217	-0,203
25 - L -	-129,000	-125,000	-122,000	-121,000	-116,000
25 - Z -	-0,134	-0,088	-0,052	-0,052	0,046
25 - L -	-115,000	-114,000	-109,000	-107,000	-105,000
25 - Z -	0,013	0,054	0,112	0,124	0,162
25 - L -	-102,000	-101,000	-99,000	-98,000	-96,000
25 - Z -	0,187	0,209	0,209	0,236	0,234
25 - L -	-94,000	-93,000	-92,000	-89,000	-87,000
25 - Z -	0,212	0,195	0,148	-0,083	-0,193
25 - L -	-85,000	-81,000	-80,000	-79,000	-74,000
25 - Z -	-0,278	-0,384	-0,397	-0,377	-0,384
25 - L -	-73,000	-71,000	-68,000	-66,000	-65,000
25 - Z -	-0,366	-0,365	-0,343	-0,313	-0,336
25 - L -	-62,000	-56,000	-47,000	-46,000	-43,000
25 - Z -	-0,270	-0,161	0,006	0,047	0,112
25 - L -	-42,000	-39,000	-38,000	-15,000	-10,000
25 - Z -	0,157	0,246	0,300	0,717	0,808
25 - L -	0,000	2,549	40,000	219,745	232,284
25 - Z -	0,990	1,130	1,130	1,786	1,550
25 - L -	233,177	234,178	236,179	237,180	237,609
25 - Z -	1,356	1,272	1,189	1,275	1,450
25 - L -	238,181	240,182	242,184	244,185	245,186
25 - Z -	1,682	2,263	3,060	3,129	3,123
25 - L -	246,187	247,187	249,189	250,190	251,190
25 - Z -	3,220	3,509	3,098	3,115	3,180
25 - L -	252,191	253,192	255,193	256,194	257,195
25 - Z -	3,184	3,139	3,193	3,181	3,056
25 - L -	258,196	259,196	260,197	261,198	262,262
25 - Z -	3,064	3,055	3,092	3,026	3,087
25 - L -	263,200	264,200	265,201	266,202	267,203
25 - Z -	3,117	3,035	3,020	3,130	3,155
25 - L -	268,203	269,204	271,206	274,208	275,209
25 - Z -	3,083	3,049	3,034	3,086	3,061
25 - L -	277,210	278,211	280,212	281,213	282,214
25 - Z -	3,110	3,239	3,142	3,083	3,114
25 - L -	283,215	284,215	285,216	286,217	293,222
25 - Z -	3,114	3,143	3,110	3,156	3,117
25 - L -	294,223	296,225	297,225	299,227	300,228
25 - Z -	3,175	3,232	3,183	3,227	3,313
25 - L -	301,228	302,164	303,230	304,231	306,232
25 - Z -	3,196	3,190	3,196	3,324	3,139
25 - L -	307,233	309,234	310,235	311,236	312,237
25 - Z -	3,157	3,282	3,255	3,204	3,170
25 - L -	313,237	317,240	318,241	319,242	320,243
25 - Z -	3,157	2,152	1,831	1,852	1,972
25 - L -	322,244	323,245	324,246	326,247	327,248
25 - Z -	2,092	1,898	1,803	1,734	1,842
25 - L -	328,249	329,250	330,250	331,251	332,252

Boundary number	Co-ordinates [m]				
25 - Z -	1,927	1,872	1,887	1,891	1,971
25 - L -	333,253	335,254	336,255	338,256	341,250
25 - Z -	1,877	1,878	1,912	1,907	1,980
25 - L -	342,259	343,259	344,259	348,259	350,259
25 - Z -	1,863	1,825	1,834	1,693	1,714
25 - L -	351,259	352,259	355,259	356,259	357,259
25 - Z -	1,782	1,719	1,717	1,702	1,738
25 - L -	358,259	360,259	361,259	362,259	363,259
25 - Z -	1,994	1,753	1,798	1,751	1,932
25 - L -	367,259	368,259	369,259	371,259	373,259
25 - Z -	1,849	1,671	1,738	1,806	1,736
25 - L -	374,259	375,259	376,259	377,259	380,259
25 - Z -	1,712	1,708	1,644	1,742	1,689
25 - L -	382,259	383,259	386,259	387,388	389,259
25 - Z -	1,671	1,947	1,547	1,609	1,641
25 - L -	390,259	391,259	392,259	395,259	396,259
25 - Z -	1,571	1,649	1,443	1,638	1,430
25 - L -	399,259	400,259	401,259	402,259	403,259
25 - Z -	1,448	1,324	1,114	1,103	1,152
25 - L -	404,259	405,259	406,259	408,259	410,259
25 - Z -	1,154	1,082	1,075	1,214	1,283
25 - L -	411,259	413,259	414,259	415,259	416,259
25 - Z -	1,266	1,311	1,395	1,436	1,361
25 - L -	417,259	420,259	422,259	423,259	424,259
25 - Z -	1,411	1,431	1,535	1,337	1,372
25 - L -	425,259	426,259	427,259	428,259	429,259
25 - Z -	1,434	1,444	1,298	1,294	1,408
25 - L -	433,259	434,259	435,259	437,259	438,259
25 - Z -	1,420	1,389	1,468	1,546	1,483
25 - L -	439,259	440,259	450,000		
25 - Z -	1,519	1,436	1,436		
24 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
24 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
24 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
24 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
24 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
24 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
24 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
24 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
24 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
24 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
24 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
24 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
24 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	-296,383
24 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-6,663
24 - L -	-286,919	-277,455	-267,991	-258,528	-249,064
24 - Z -	-5,728	-4,794	-3,861	-2,944	-2,100
24 - L -	-240,000	-230,000	-220,000	-210,000	-200,000
24 - Z -	-1,800	-1,750	-1,650	-1,600	-1,500
24 - L -	-190,000	-186,000	-181,000	-175,000	-174,000
24 - Z -	-1,300	-1,228	-0,957	-0,563	-0,477
24 - L -	-173,000	-172,000	-170,000	-168,000	-165,000
24 - Z -	-0,428	-0,430	-0,343	-0,209	-0,073
24 - L -	-163,000	-161,000	-160,000	-159,000	-158,000
24 - Z -	-0,011	0,004	-0,005	-0,058	-0,206
24 - L -	-155,740	-155,000	-153,000	-147,000	-146,000
24 - Z -	-0,253	-0,268	-0,288	-0,371	-0,336
24 - L -	-142,000	-140,000	-138,000	-135,000	-133,000
24 - Z -	-0,306	-0,273	-0,271	-0,217	-0,203
24 - L -	-129,000	-125,000	-122,000	-121,000	-116,000
24 - Z -	-0,134	-0,088	-0,052	-0,052	0,046
24 - L -	-115,000	-114,000	-109,000	-107,000	-105,000
24 - Z -	0,013	0,054	0,112	0,124	0,162
24 - L -	-102,000	-101,000	-99,000	-98,000	-96,000
24 - Z -	0,187	0,209	0,209	0,236	0,234



Boundary number	Co-ordinates [m]				
24 - L -	-94,000	-93,000	-92,000	-89,000	-87,000
24 - Z -	0,212	0,195	0,148	-0,083	-0,193
24 - L -	-85,000	-81,000	-80,000	-79,000	-74,000
24 - Z -	-0,278	-0,384	-0,397	-0,377	-0,384
24 - L -	-73,000	-71,000	-68,000	-66,000	-65,000
24 - Z -	-0,366	-0,365	-0,343	-0,313	-0,336
24 - L -	-62,000	-56,000	-47,000	-46,000	-43,000
24 - Z -	-0,270	-0,161	0,006	0,047	0,112
24 - L -	-42,000	-39,000	-38,000	-15,000	-10,000
24 - Z -	0,157	0,246	0,300	0,717	0,808
24 - L -	0,000	2,549	40,000	219,745	232,284
24 - Z -	0,990	1,130	1,130	1,786	1,550
24 - L -	233,177	234,178	236,179	237,180	237,609
24 - Z -	1,356	1,272	1,189	1,275	1,450
24 - L -	341,000	450,000			
24 - Z -	-0,500	-0,500			
23 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
23 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
23 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
23 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
23 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
23 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
23 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
23 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
23 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
23 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
23 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
23 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
23 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	-296,383
23 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-6,663
23 - L -	-286,919	-277,455	-267,991	-258,528	-249,064
23 - Z -	-5,728	-4,794	-3,861	-2,944	-2,100
23 - L -	-240,000	-230,000	-220,000	-210,000	-200,000
23 - Z -	-1,800	-1,750	-1,650	-1,600	-1,500
23 - L -	-190,000	-186,000	-181,000	-175,000	-174,000
23 - Z -	-1,300	-1,228	-0,957	-0,563	-0,477
23 - L -	-173,000	-172,000	-170,000	-168,000	-165,000
23 - Z -	-0,428	-0,430	-0,343	-0,209	-0,073
23 - L -	-163,000	-161,000	-160,000	-159,000	-158,000
23 - Z -	-0,011	0,004	-0,005	-0,058	-0,206
23 - L -	-155,740	-155,000	-153,000	-147,000	-146,000
23 - Z -	-0,253	-0,268	-0,288	-0,371	-0,336
23 - L -	-142,000	-140,000	-138,000	-135,000	-133,000
23 - Z -	-0,306	-0,273	-0,271	-0,217	-0,203
23 - L -	-129,000	-125,000	-122,000	-121,000	-116,000
23 - Z -	-0,134	-0,088	-0,052	-0,052	0,046
23 - L -	-115,000	-114,000	-109,000	-107,000	-105,000
23 - Z -	0,013	0,054	0,112	0,124	0,162
23 - L -	-102,000	-101,000	-99,000	-98,000	-96,000
23 - Z -	0,187	0,209	0,209	0,236	0,234
23 - L -	-94,000	-93,000	-92,000	-89,000	-87,000
23 - Z -	0,212	0,195	0,148	-0,083	-0,193
23 - L -	-85,000	-81,000	-80,000	-79,000	-74,000
23 - Z -	-0,278	-0,384	-0,397	-0,377	-0,384
23 - L -	-73,000	-71,000	-68,000	-66,000	-65,000
23 - Z -	-0,366	-0,365	-0,343	-0,313	-0,336
23 - L -	-62,000	-56,000	-47,000	-46,000	-43,000
23 - Z -	-0,270	-0,161	0,006	0,047	0,112
23 - L -	-42,000	-39,000	-38,000	-15,000	-10,000
23 - Z -	0,157	0,246	0,300	0,717	0,808
23 - L -	0,000	2,549	40,000	211,000	341,000
23 - Z -	0,990	1,130	1,130	-1,230	-0,500
23 - L -	450,000				
23 - Z -	-0,500				
22 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834

Boundary number	Co-ordinates [m]				
22 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
22 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
22 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
22 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
22 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
22 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
22 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
22 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
22 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
22 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
22 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
22 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	-296,383
22 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-6,663
22 - L -	-286,919	-277,455	-267,991	40,000	211,000
22 - Z -	-5,728	-4,794	-3,861	-3,820	-1,230
22 - L -	341,000	450,000			
22 - Z -	-0,500	-0,500			
21 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
21 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
21 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
21 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
21 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
21 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
21 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
21 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
21 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
21 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
21 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
21 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
21 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	-296,383
21 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-6,663
21 - L -	-286,919	-277,455	-267,991	40,000	211,000
21 - Z -	-5,728	-4,794	-3,861	-3,820	-1,230
21 - L -	341,000	450,000			
21 - Z -	-2,500	-2,500			
20 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
20 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
20 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
20 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
20 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
20 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
20 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
20 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
20 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
20 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
20 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
20 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
20 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	-296,383
20 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-6,663
20 - L -	-286,919	-277,455	-267,991	40,000	211,000
20 - Z -	-5,728	-4,794	-3,861	-3,820	-3,500
20 - L -	341,000	450,000			
20 - Z -	-2,500	-2,500			
19 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
19 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
19 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
19 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
19 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
19 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
19 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
19 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
19 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
19 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
19 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
19 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361

Boundary number	Co-ordinates [m]				
19 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	40,000
19 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-7,000
19 - L -	211,000	341,000	450,000		
19 - Z -	-3,500	-2,500	-2,500		
18 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
18 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
18 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
18 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
18 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
18 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
18 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
18 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
18 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
18 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
18 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
18 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
18 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	40,000
18 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-7,000
18 - L -	211,000	341,000	450,000		
18 - Z -	-3,500	-2,750	-2,750		
17 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
17 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
17 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
17 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
17 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
17 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
17 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
17 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
17 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
17 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
17 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
17 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
17 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	40,000
17 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-7,000
17 - L -	211,000	341,000	450,000		
17 - Z -	-3,500	-4,000	-4,000		
16 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
16 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
16 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
16 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
16 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
16 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
16 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
16 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
16 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	-381,557
16 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,433
16 - L -	-372,093	-362,630	-353,166	-343,702	-334,238
16 - Z -	-11,090	-10,746	-10,400	-9,977	-9,361
16 - L -	-324,774	-315,311	-305,847	-300,002	40,000
16 - Z -	-8,745	-8,128	-7,510	-6,987	-7,000
16 - L -	211,000	341,000	450,000		
16 - Z -	-7,000	-4,000	-4,000		
15 - L -	-827,000	-599,225	-589,762	-580,298	-570,834
15 - Z -	-11,770	-11,734	-11,934	-12,133	-12,334
15 - L -	-561,370	-551,906	-542,442	-532,979	-523,515
15 - Z -	-12,521	-12,597	-12,674	-12,751	-12,828
15 - L -	-514,051	-504,587	-495,123	-485,659	-476,196
15 - Z -	-12,871	-12,886	-12,901	-12,917	-12,933
15 - L -	-466,732	-457,268	-447,804	-438,340	-428,876
15 - Z -	-12,862	-12,790	-12,717	-12,644	-12,523
15 - L -	-419,413	-409,949	-400,485	-391,021	40,000
15 - Z -	-12,331	-12,139	-11,946	-11,753	-11,770
15 - L -	211,000	341,000	450,000		
15 - Z -	-7,000	-4,000	-4,000		
14 - L -	-827,000	40,000	211,000	341,000	450,000

Boundary number	Co-ordinates [m]				
14 - Z -	-14,070	-14,070	-7,000	-4,000	-4,000
13 - L -	-827,000	40,000	211,000	341,000	450,000
13 - Z -	-23,000	-23,000	-16,500	-8,000	-8,000
12 - L -	-827,000	40,000	211,000	341,000	450,000
12 - Z -	-23,000	-23,000	-16,500	-15,500	-15,500
11 - L -	-827,000	40,000	211,000	341,000	450,000
11 - Z -	-23,000	-23,000	-20,500	-19,500	-19,500
10 - L -	-827,000	40,000	211,000	341,000	450,000
10 - Z -	-23,000	-23,000	-20,500	-20,500	-20,500
9 - L -	-827,000	40,000	211,000	341,000	450,000
9 - Z -	-23,000	-23,000	-25,000	-20,500	-20,500
8 - L -	-827,000	40,000	211,000	341,000	450,000
8 - Z -	-27,200	-27,200	-25,000	-20,500	-20,500
7 - L -	-827,000	40,000	211,000	341,000	450,000
7 - Z -	-27,200	-27,200	-25,000	-25,000	-25,000
6 - L -	-827,000	40,000	211,000	341,000	450,000
6 - Z -	-29,000	-29,000	-28,000	-29,390	-29,390
5 - L -	-827,000	450,000			
5 - Z -	-36,050	-36,050			
4 - L -	-827,000	450,000			
4 - Z -	-45,150	-45,150			
3 - L -	-827,000	450,000			
3 - Z -	-45,250	-45,250			
2 - L -	-827,000	450,000			
2 - Z -	-47,550	-47,550			
1 - L -	-827,000	450,000			
1 - Z -	-48,500	-48,500			
0 - L -	-827,000	450,000			
0 - Z -	-50,000	-50,000			

### 2.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	-827,000	-149,229	-11,000	165,000	450,000
1 - Z -	2,000	2,000	2,000	1,000	1,000

### 2.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

### 2.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
30	za,ma-fi,ma (NA)	1	1
29	terp	1	1
28	za-kl,ma-gr,lo (NA)	1	1
27	ve,sl (NA)	1	1
26	ve,sl (NA)	1	1
25	za-hu,ma-gr,lo (NA)	1	1
24	za,ze-gr,ma (NA)	1	1
23	za-si,ze-gr,ma (NA)	1	1
22	za,ma-fi,ma (NA)	1	1
21	za-si,ma-gr,ma (NA)	1	1
20	za,ma-gr,ma (NA)	1	1
19	kl-si,va (NA)	1	1
18	za-si,ma-gr,lo (NA)	1	1
17	kl,va (NA)	1	1
16	za,ma-fi,ma (NA)	1	1
15	za-si,ze-gr,ma (NA)	1	1
14	za-si,ma-gr,ma (NA)	1	1
13	za,ze-gr,ma (NA)	1	1
12	za-si,ze-gr,ma-va (...)	1	1
11	kl,ma (PZWA)	1	1
10	za-kl,ma-fi,lo (PZWA)	1	1

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
9	kl-za,va (PZWA)	1	1
8	za-si,ma-fi,ma (PZ...	1	1
7	za-si,ma-fi,va (PZWA)	1	1
6	za-si,ma-fi,va (PZW...	1	1
5	za,ma-fi,va (PZWA)...	1	1
4	kl,va (OO)-din	1	1
3	za,ze-fi,va (OO)-din	1	1
2	kl,va (OO)-din	1	1
1	za,ma-fi,va (OO)-din	1	1

## 2.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 30: za,ma-fi,ma (NA)

The boundary between compressible top layers and underlying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 30: za,ma-fi,ma (NA)

## 2.7 Soil Material Data

Name	Gamma unsat [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma sat [kN/m <sup>3</sup> ]	Cohesion [kN/m <sup>2</sup> ]	Phi [deg]	Su top [kN/m <sup>2</sup> ]	Su bottom [kN/m <sup>2</sup> ]
Soft Clay	14,00	14,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Undetermined	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
za-kl,ma-gr,lo (NA)	18,00	20,00	0,00	25,00	0,00	0,00
za-si,ze-gr,ma (NA)	18,00	20,00	0,00	27,00	0,00	0,00
za,ma-gr,ma (NA)	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
za,ma-fi,ma (NA)	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
za-si,ma-gr,ma (NA)	18,00	20,00	0,00	27,00	0,00	0,00
kl-za,va (PZWA)	18,00	18,00	0,00	27,50	0,00	0,00
za-si,ma-fi,va (PZWA)	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
ve,sl (NA)	10,06	10,06	1,00	15,00	0,00	0,00
za,ze-gr,ma (NA)	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
kl,va (NA)	19,00	19,00	13,00	17,50	0,00	0,00
za-si,ze-gr,ma-va (NA)	18,50	20,50	0,00	31,00	0,00	0,00
za-kl,ma-fi,lo (PZWA)	18,00	20,00	0,00	27,00	0,00	0,00
za-hu,ma-gr,lo (NA)	18,00	20,00	0,00	25,00	0,00	0,00
kl-si,va (NA)	19,00	19,00	13,00	17,50	0,00	0,00
za-si,ma-gr,lo (NA)	18,00	20,00	0,00	25,00	0,00	0,00
kl,ma (PZWA)	17,00	17,00	5,00	17,50	0,00	0,00
za-si,ma-fi,ma (PZWA)	18,00	20,00	0,00	27,00	0,00	0,00
za-si,ma-fi,va (PZWA)-...	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
za,ma-fi,va (PZWA)-din	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
kl,va (OO)-din	19,00	19,00	13,00	17,50	0,00	0,00
za,ze-fi,va (OO)-din	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
za,ma-fi,va (OO)-din	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
terp	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00

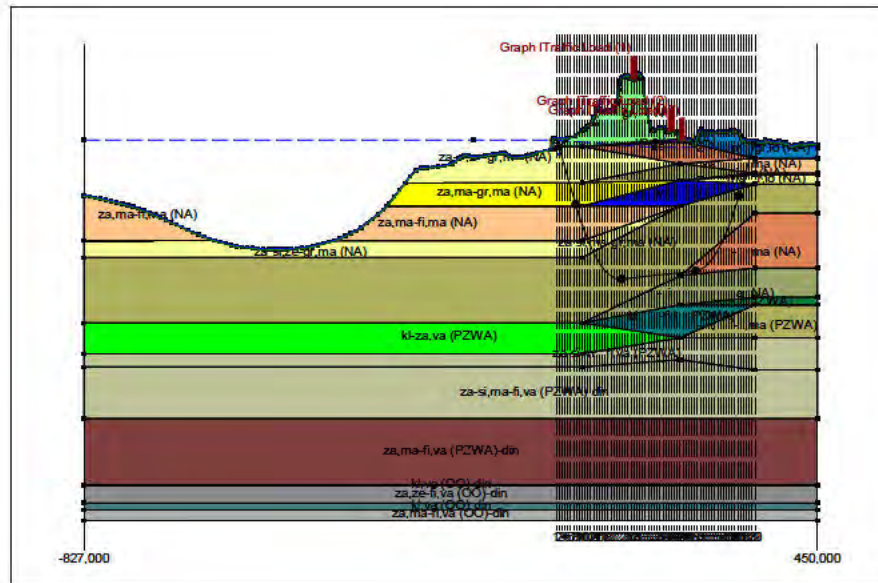
Name	Soil type	Emod 100 [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod top [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod bottom [kN/m <sup>2</sup> ]
Soft Clay	-	-	5000,00	5000,00
Undetermined	-	-	0,01	0,01
za-kl,ma-gr,lo (NA)	Sand	15000,00	-	-
za-si,ze-gr,ma (NA)	Sand	35000,00	-	-
za,ma-gr,ma (NA)	Sand	45000,00	-	-
za,ma-fi,ma (NA)	Sand	45000,00	-	-
za-si,ma-gr,ma (NA)	Sand	35000,00	-	-
kl-za,va (PZWA)	Clay	2000,00	-	-
za-si,ma-fi,va (PZWA)	Sand	75000,00	-	-
ve,sl (NA)	Peat	200,00	-	-
za,ze-gr,ma (NA)	Sand	45000,00	-	-
kl,va (NA)	Clay	4000,00	-	-
za-si,ze-gr,ma-va (NA)	Sand	55000,00	-	-

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod top [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod bottom [kN/m <sup>2</sup> ]
za-kl,ma-fi,lo (PZWA)	Sand	35000,00	-	-
za-hu,ma-gr,lo (NA)	Sand	15000,00	-	-
kl-si,va (NA)	Clay	4000,00	-	-
za-si,ma-gr,lo (NA)	Sand	15000,00	-	-
kl,ma (PZWA)	Clay	2000,00	-	-
za-si,ma-fi,ma (PZWA)	Sand	35000,00	-	-
za-si,ma-fi,va (PZWA)-...	Sand	75000,00	-	-
za,ma-fi,va (PZWA)-din	Sand	75000,00	-	-
kl,va (OO)-din	Clay	4000,00	-	-
za,ze-fi,va (OO)-din	Sand	75000,00	-	-
za,ma-fi,va (OO)-din	Sand	75000,00	-	-
terp	Sand	15000,00	-	-

Name	Adhesion A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [deg]	Nu [-]
Soft Clay	-	-	0,35
Undetermined	-	-	0,00
za-kl,ma-gr,lo (NA)	-	-	0,35
za-si,ze-gr,ma (NA)	-	-	0,35
za,ma-gr,ma (NA)	-	-	0,35
za,ma-fi,ma (NA)	-	-	0,35
za-si,ma-gr,ma (NA)	-	-	0,35
kl-za,va (PZWA)	-	-	0,35
za-si,ma-fi,va (PZWA)	-	-	0,35
ve,sl (NA)	-	-	0,35
za,ze-gr,ma (NA)	-	-	0,35
kl,va (NA)	-	-	0,35
za-si,ze-gr,ma-va (NA)	-	-	0,35
za-kl,ma-fi,lo (PZWA)	-	-	0,35
za-hu,ma-gr,lo (NA)	-	-	0,35
kl-si,va (NA)	-	-	0,35
za-si,ma-gr,lo (NA)	-	-	0,35
kl,ma (PZWA)	-	-	0,35
za-si,ma-fi,ma (PZWA)	-	-	0,35
za-si,ma-fi,va (PZWA)-...	-	-	0,35
za,ma-fi,va (PZWA)-din	-	-	0,35
kl,va (OO)-din	-	-	0,35
za,ze-fi,va (OO)-din	-	-	0,35
za,ma-fi,va (OO)-din	-	-	0,35
terp	-	-	0,35

## 2.8 Geometry

### 2.8.1 Geometry Section, Detailed



### 2.8.2 Geometry Top View

## 2.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	-4,889	2,300
2	0,000	0,990
3	5,000	-0,350
4	10,000	-1,689
5	15,000	-3,029
6	20,019	-4,374
7	25,038	-5,719
8	30,057	-7,062
9	35,076	-8,341
10	40,095	-9,529
11	45,114	-10,627
12	50,133	-11,634
13	55,152	-12,553
14	60,171	-13,385
15	65,190	-14,129
16	70,209	-14,787
17	75,228	-15,358
18	80,247	-15,845
19	85,266	-16,246
20	90,285	-16,563
21	95,304	-16,796
22	100,323	-16,944
23	105,342	-17,008
24	110,361	-16,991
25	115,380	-16,947
26	120,399	-16,903
27	125,418	-16,859
28	130,437	-16,816
29	135,456	-16,772
30	140,475	-16,728
31	145,494	-16,684
32	150,513	-16,640
33	155,532	-16,597
34	160,551	-16,553
35	165,570	-16,509
36	170,589	-16,465
37	175,608	-16,421
38	180,627	-16,378
39	185,646	-16,334
40	190,665	-16,290
41	195,684	-16,246
42	200,703	-16,202
43	205,722	-16,159
44	210,741	-16,115
45	215,760	-16,071
46	220,779	-16,027
47	225,798	-15,983
48	230,817	-15,940
49	235,836	-15,896
50	240,855	-15,853
51	245,874	-15,809
52	250,893	-15,765
53	255,912	-15,721
54	260,931	-14,677
55	265,950	-14,296
56	270,969	-13,734
57	275,988	-13,086
58	281,007	-12,351
59	286,026	-11,530
60	291,045	-10,621
61	296,064	-9,623



Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
62	301,083	-8,536
63	306,102	-7,358
64	311,121	-6,088
65	316,140	-4,748
66	321,159	-3,403
67	326,178	-2,059
68	331,197	-0,714
69	336,216	0,631
70	341,250	1,980

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

## 2.10 Traffic Load

Traffic Load (1)		
L start	125,00	[m]
L end	135,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
Traffic Load (2)		
L start	190,00	[m]
L end	200,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
Traffic Load (3)		
L start	210,00	[m]
L end	218,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	

## 2.11 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	-4,889	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	2,300	[m]
X co-ordinate right point	341,250	[m]
Y co-ordinate right point	0,000	[m]
Z co-ordinate right point	1,980	[m]
Angle left	15,0000	[deg]
Angle right	15,0000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	300,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	300,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	300,000	[m]
Lowest level of pipe (center bore hole)	-17,000	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,5000	[deg]
Number of horizontal bends	0	

The pulling direction of the product pipe is from left to right.

## 2.12 Product Pipe Material Data

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	450,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	41,00	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m <sup>3</sup> ]

Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	50,00	[deg C]

### 2.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Bedding angle	120	[deg]
Load angle	180	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m <sup>2</sup> ]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm <sup>2</sup> ]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

### 2.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,254	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,102	[m]
Outer diameter preream hole	0,585	[m]
Outer diameter drillpipe	0,102	[m]
Outer diameter bore hole	0,585	[m]
Outer diameter product pipe	0,450	[m]
Pump flow rate pilot	900,0000	[liter/minute]
Pump flow rate pre-reaming	1500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate ream and pull-back	1000,0000	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,1	[kN/m <sup>3</sup> ]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m <sup>2</sup> ]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m <sup>2</sup> ]

### 2.15 Factors

(Polyethene)Safety factor on implosion (Long)	3,0	[-]
(Polyethene)Safety factor on implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on unit weight of material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on (drained) cohesion C	1,40	[-]
Contingency factor on undrained shear strength Su	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	2,00	[-]
Load factor on design pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on design pressure (combination) (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on test pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on installation (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on reduced neutral soil stress q <sub>n,r</sub> (Polyethene)	1,50	[-]
Load factor on temperature (Polyethene)	1,10	[-]
Load factor on traffic load (Polyethene)	1,35	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,06	[kN/m <sup>3</sup> ]
Safety factor on cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor on cover (undrained layer)	0,50	[-]
Ratio H/Do for boundary between shallow and deep situation	7,50	[-]

## 2.16 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

### 3 Drilling Fluid Pressures

#### 3.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	153
2	45	50	17	165
3	111	128	34	178
4	159	220	51	191
5	203	311	68	203
6	301	511	86	216
7	366	656	103	228
8	424	760	120	241
9	498	895	137	253
10	552	992	152	264
11	599	1075	167	274
12	635	1127	180	282
13	608	1001	193	290
14	665	1095	204	297
15	731	1210	215	303
16	740	1220	224	308
17	749	1231	233	312
18	758	1243	240	316
19	771	1264	247	318
20	785	1286	253	319
21	795	1304	258	319
22	836	1378	262	319
23	930	1550	265	317
24	958	1600	267	315
25	961	1608	268	312
26	961	1608	270	309
27	946	1580	272	307
28	938	1567	274	304
29	948	1586	275	301
30	961	1609	277	298
31	915	1526	279	296
32	824	1360	281	293
33	743	1212	282	290
34	687	1110	284	287
35	675	1089	286	285
36	680	1098	288	282
37	686	1109	290	279
38	679	1098	291	277
39	665	1072	293	274
40	660	1063	295	271
41	659	1061	297	268
42	655	1055	298	266
43	645	1037	300	263
44	603	961	302	260
45	603	961	304	257
46	631	1032	305	255
47	684	1175	307	252
48	692	1201	309	249
49	673	1168	311	246
50	734	1291	312	244
51	760	1346	313	240
52	752	1332	313	235
53	743	1317	312	229
54	723	1281	309	223
55	708	1257	306	215
56	684	1213	302	207
57	660	1167	297	197

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	620	1083	292	187
59	521	849	285	175
60	494	806	277	163
61	468	767	268	150
62	434	715	258	135
63	396	653	248	120
64	357	591	236	104
65	228	349	223	86
66	185	294	211	69
67	191	269	198	52
68	132	156	185	35
69	46	49	173	17
70	0	0	160	0

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	0
2	34	34	15	17
3	90	90	31	34
4	158	161	46	51
5	203	239	62	68
6	281	367	77	86
7	360	517	93	103
8	421	652	108	120
9	494	810	123	137
10	549	935	137	152
11	596	1042	150	167
12	642	1144	162	180
13	617	1028	172	193
14	669	1108	182	204
15	733	1217	191	213
16	741	1225	199	220
17	749	1234	206	225
18	758	1245	212	230
19	771	1265	217	234
20	785	1287	221	237
21	795	1304	225	239
22	836	1378	227	240
23	930	1550	228	240
24	957	1600	229	239
25	961	1607	229	238
26	960	1607	229	237
27	945	1579	229	236
28	938	1566	229	235
29	947	1584	229	234
30	960	1607	229	233
31	914	1524	229	231
32	823	1358	230	230
33	742	1210	230	229
34	686	1108	230	228
35	674	1087	230	227
36	679	1096	230	226
37	685	1107	230	225
38	678	1096	230	224
39	664	1069	230	223
40	659	1060	231	222
41	658	1059	231	220
42	654	1052	231	219
43	644	1035	231	218
44	602	958	231	217
45	602	959	231	216
46	603	962	231	215

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
47	638	1055	232	214
48	664	1127	232	213
49	654	1116	232	212
50	717	1246	232	210
51	745	1305	231	208
52	738	1295	229	205
53	729	1281	226	201
54	709	1244	222	196
55	693	1216	215	190
56	667	1166	207	183
57	636	1104	197	175
58	576	968	187	167
59	520	846	175	157
60	492	797	163	146
61	466	747	150	135
62	432	679	135	122
63	392	599	120	108
64	349	517	104	93
65	195	274	86	78
66	195	249	69	62
67	179	179	52	47
68	94	94	35	31
69	33	33	17	16
70	0	0	0	0

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	0
2	34	34	17	15
3	90	90	34	31
4	158	161	51	46
5	203	239	68	62
6	281	367	86	77
7	360	517	103	93
8	421	652	120	108
9	494	810	137	123
10	549	935	152	137
11	596	1042	167	150
12	642	1144	180	162
13	617	1028	193	172
14	669	1108	204	182
15	733	1217	213	191
16	741	1225	220	199
17	749	1234	225	206
18	758	1245	230	212
19	771	1265	234	217
20	785	1287	237	221
21	795	1304	239	225
22	836	1378	240	227
23	930	1550	240	228
24	957	1600	239	229
25	961	1607	238	229
26	960	1607	237	229
27	945	1579	236	229
28	938	1566	235	229
29	947	1584	234	229
30	960	1607	233	229
31	914	1524	231	229
32	823	1358	230	230
33	742	1210	229	230
34	686	1108	228	230
35	674	1087	227	230

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
36	679	1096	226	230
37	685	1107	225	230
38	678	1096	224	230
39	664	1069	223	230
40	659	1060	222	231
41	658	1059	220	231
42	654	1052	219	231
43	644	1035	218	231
44	602	958	217	231
45	602	959	216	231
46	603	962	215	231
47	638	1055	214	232
48	664	1127	213	232
49	654	1116	212	232
50	717	1246	210	232
51	745	1305	208	231
52	738	1295	205	229
53	729	1281	201	226
54	709	1244	196	222
55	693	1216	190	215
56	667	1166	183	207
57	636	1104	175	197
58	576	968	167	187
59	520	846	157	175
60	492	797	146	163
61	466	747	135	150
62	432	679	122	135
63	392	599	108	120
64	349	517	93	104
65	195	274	78	86
66	195	249	62	69
67	179	179	47	52
68	94	94	31	35
69	33	33	16	17
70	0	0	0	0

### 3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m <sup>2</sup> ]	Water [kN/m <sup>2</sup> ]	Safety [-]	Result
1	0	0	-	sufficient
2	15	10	1,53	sufficient
3	29	23	1,29	sufficient
4	44	36	1,23	sufficient
5	59	49	1,20	sufficient
6	74	62	1,19	sufficient
7	89	76	1,18	sufficient
8	104	89	1,17	sufficient
9	118	101	1,16	sufficient
10	131	113	1,16	sufficient
11	143	124	1,16	sufficient
12	154	134	1,16	sufficient
13	165	143	1,15	sufficient
14	174	151	1,15	sufficient
15	182	158	1,15	sufficient
16	189	164	1,15	sufficient
17	195	170	1,15	sufficient
18	201	174	1,15	sufficient
19	205	178	1,15	sufficient
20	209	181	1,15	sufficient
21	211	183	1,15	sufficient
22	213	184	1,15	sufficient

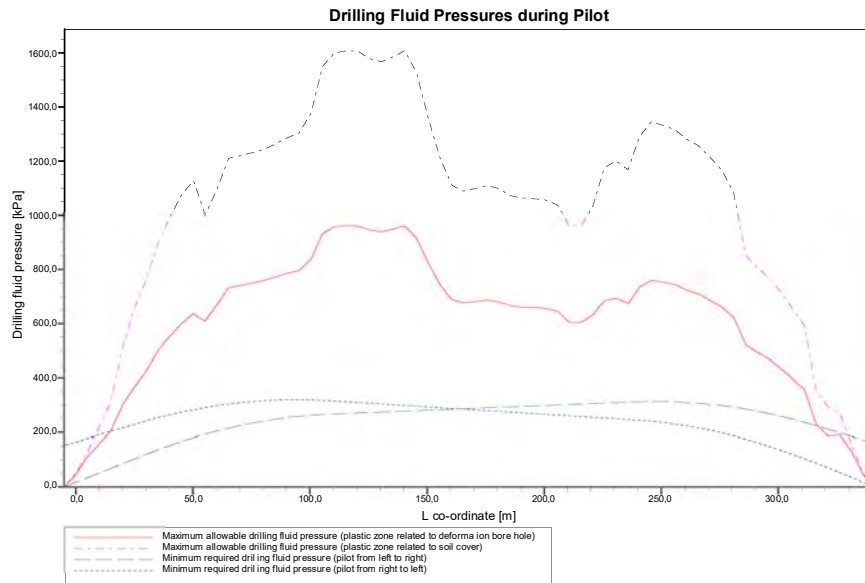
Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m <sup>2</sup> ]	Water [kN/m <sup>2</sup> ]	Safety [-]	
23	213	185	1,16	sufficient
24	213	184	1,16	sufficient
25	213	183	1,16	sufficient
26	212	183	1,16	sufficient
27	211	182	1,16	sufficient
28	211	181	1,16	sufficient
29	210	180	1,17	sufficient
30	210	180	1,17	sufficient
31	209	179	1,17	sufficient
32	209	178	1,17	sufficient
33	208	178	1,17	sufficient
34	208	177	1,17	sufficient
35	207	176	1,18	sufficient
36	207	176	1,18	sufficient
37	206	175	1,18	sufficient
38	205	175	1,18	sufficient
39	205	174	1,17	sufficient
40	204	174	1,17	sufficient
41	204	173	1,17	sufficient
42	203	173	1,17	sufficient
43	203	173	1,17	sufficient
44	202	172	1,17	sufficient
45	202	172	1,17	sufficient
46	201	171	1,17	sufficient
47	200	171	1,17	sufficient
48	200	170	1,17	sufficient
49	199	170	1,17	sufficient
50	199	169	1,17	sufficient
51	197	168	1,17	sufficient
52	195	166	1,17	sufficient
53	191	163	1,17	sufficient
54	187	159	1,18	sufficient
55	181	154	1,18	sufficient
56	175	148	1,18	sufficient
57	168	142	1,18	sufficient
58	159	134	1,19	sufficient
59	150	126	1,19	sufficient
60	140	117	1,20	sufficient
61	129	107	1,21	sufficient
62	117	96	1,22	sufficient
63	104	84	1,23	sufficient
64	90	71	1,26	sufficient
65	75	58	1,29	sufficient
66	60	44	1,35	sufficient
67	45	31	1,46	sufficient
68	30	17	1,73	sufficient
69	15	4	4,03	sufficient
70	0	0	-	sufficient

The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

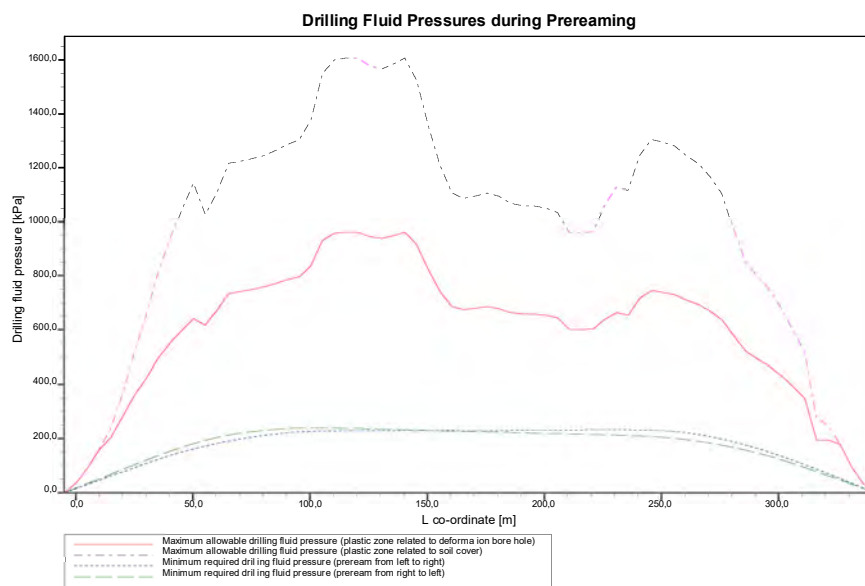


### 3.3 Drilling Fluid Pressure Plots

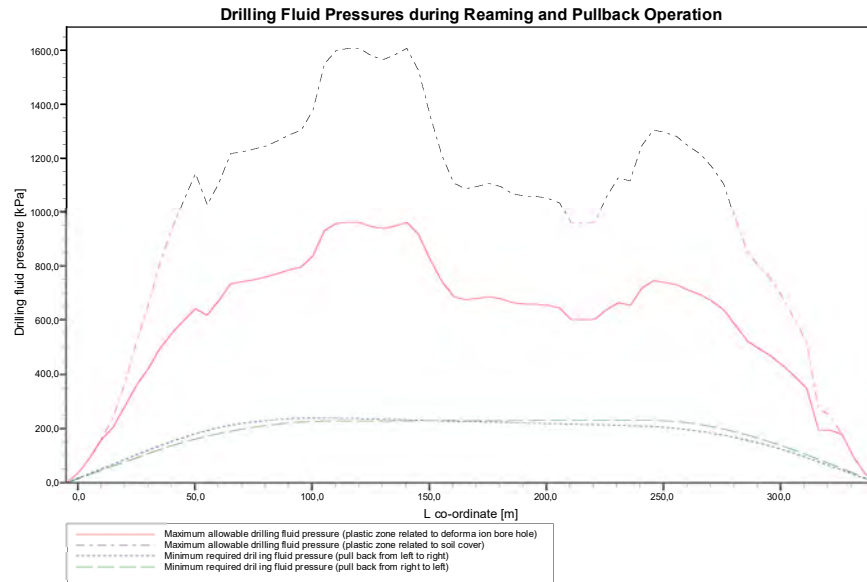
#### 3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



#### 3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Preaming



### 3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



## 4 Soil Mechanical Data

### 4.1 Soil Mechanical Parameters (Pipe: pipe)

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_traffic	Traffic load	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m <sup>2</sup>
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m <sup>3</sup>
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m <sup>3</sup>
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m <sup>2</sup>
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v,r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_traffic [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	0	0	0	0	0	31
2	22	13	10	13	0	254
3	70	27	20	27	0	519
4	143	41	30	41	0	792
5	241	55	13	18	0	1269
6	375	70	13	18	0	2477
7	541	86	13	18	0	3021
8	749	102	13	18	0	3606
9	1035	122	13	18	0	4316
10	1192	139	13	18	0	4901
11	1305	154	13	18	0	5399
12	1104	170	14	19	0	3292
13	1181	184	14	20	0	3556
14	1322	209	15	20	0	4052
15	1477	238	15	21	0	4611
16	1490	241	15	21	0	4656
17	1502	243	15	20	0	4701
18	1518	246	15	20	0	4758
19	1546	251	15	20	0	4861
20	1577	257	15	20	0	4975
21	1601	262	15	21	0	5066
22	1706	282	16	21	0	5458
23	1949	330	17	22	0	6385
24	2021	344	17	23	0	6664
25	2034	347	17	23	0	6714
26	2036	347	17	23	0	6722
27	1999	340	17	23	2	6579
28	1983	337	17	23	2	6517
29	2012	342	17	23	0	6627
30	2047	349	17	23	0	6763
31	1932	326	17	23	0	6318
32	1701	281	16	21	0	5439
33	1494	241	15	20	0	4671
34	1353	215	14	19	0	4158
35	1325	210	14	19	0	4059
36	1340	212	14	19	0	4112
37	1358	216	15	20	0	4175
38	1344	213	14	20	0	4125
39	1309	206	14	19	0	3999
40	1298	205	14	19	2	3960
41	1297	204	14	19	2	4196
42	1290	203	14	19	0	4788

Vertical no.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_traffic [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
43	1268	199	14	19	0	5085
44	1162	180	14	18	3	4945
45	1164	180	13	18	3	5530
46	1501	180	13	18	0	5538
47	1487	178	13	17	0	5480
48	1475	177	13	17	0	5434
49	1407	167	12	17	0	5146
50	1572	190	13	18	0	5887
51	1645	201	14	18	0	6320
52	1627	198	14	18	0	6443
53	1609	196	14	18	0	6857
54	1565	190	14	18	0	6678
55	1539	186	14	18	0	6552
56	1492	179	14	18	0	6318
57	1452	174	14	19	0	6124
58	1401	167	14	19	0	5881
59	1045	160	14	20	0	5631
60	991	151	15	20	0	3995
61	943	143	15	20	0	2759
62	877	132	15	21	0	2547
63	798	119	15	21	0	2300
64	723	107	16	21	0	2078
65	451	80	15	21	0	1551
66	269	60	14	20	0	783
67	141	42	31	42	0	691
68	81	31	23	31	0	1109
69	31	18	14	18	0	280
70	0	0	0	0	0	25

Vertical no.	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	259	0	182	0,05	7,5
2	90	5114	263	3580	0,05	7,5
3	214	12971	3605	9079	0,05	7,5
4	252	41707	27276	29195	0,05	7,5
5	362	55751	34160	39026	0,05	7,5
6	608	65975	42577	46183	0,05	7,5
7	752	72448	57399	50714	0,05	7,5
8	897	78797	68228	55158	0,05	7,5
9	1062	86046	76351	60232	0,05	7,5
10	1192	89230	82451	62461	0,05	7,5
11	1305	80937	87682	56656	0,05	7,5
12	1104	76865	93021	53806	0,05	7,5
13	1181	79948	86843	55964	0,05	7,5
14	1322	85471	82920	59830	0,05	7,5
15	1477	91390	85919	63973	0,05	7,5
16	1490	91848	86396	64293	0,05	7,5
17	1502	92308	86870	64616	0,05	7,5
18	1518	92881	87471	65017	0,05	7,5
19	1546	93924	88565	65746	0,05	7,5
20	1577	95069	89765	66549	0,05	7,5
21	1601	95969	90707	67178	0,05	7,5
22	1706	99800	94709	69860	0,05	7,5
23	1949	108402	103653	75882	0,05	7,5
24	2021	110886	106226	77621	0,05	7,5
25	2034	111333	106689	77933	0,05	7,5
26	2036	111400	106758	77980	0,05	7,5
27	1999	110137	105451	77096	0,05	7,5
28	1983	109585	104879	76709	0,05	7,5
29	2012	110564	105892	77395	0,05	7,5
30	2047	112470	107134	78729	0,05	7,5
31	1932	113015	103029	79110	0,05	7,5
32	1701	108650	94518	76055	0,05	7,5
33	1494	104247	86536	72973	0,05	7,5

Vertical no.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
34	1353	101836	80856	71285	0,05	7,5
35	1325	104212	79718	72948	0,05	7,5
36	1340	108577	80331	76004	0,05	7,5
37	1358	113128	81054	79189	0,05	7,5
38	1344	116092	80478	81264	0,05	7,5
39	1309	117868	79025	82507	0,05	7,5
40	1298	120881	78579	84617	0,05	7,5
41	1297	124454	78562	87118	0,05	7,5
42	1290	127616	78260	89331	0,05	7,5
43	1268	129844	77337	90891	0,05	7,5
44	1162	126644	72851	88650	0,05	7,5
45	1164	128706	72919	90094	0,05	7,5
46	1501	128680	72942	90076	0,05	7,5
47	1487	127875	74825	89512	0,05	7,5
48	1475	127204	77369	89043	0,05	7,5
49	1407	123611	77723	86528	0,05	7,5
50	1572	131896	86850	92328	0,05	7,5
51	1645	134389	91743	94073	0,05	7,5
52	1627	131250	92193	91875	0,05	7,5
53	1609	127149	91734	89004	0,05	7,5
54	1565	120824	89310	84577	0,05	7,5
55	1539	114462	86751	80123	0,05	7,5
56	1492	106224	82483	74357	0,05	7,5
57	1452	102575	77702	71803	0,05	7,5
58	1401	100483	71769	70338	0,05	7,5
59	1045	98293	67921	68805	0,05	7,5
60	991	91152	65545	63807	0,05	7,5
61	943	82053	63423	57437	0,05	7,5
62	877	71510	60433	50057	0,05	7,5
63	798	64276	56804	44993	0,05	7,5
64	723	61184	31844	42829	0,05	7,5
65	542	53233	16608	37263	0,05	7,5
66	312	32748	36292	22924	0,05	7,5
67	311	17643	30500	12350	0,05	7,5
68	261	28453	3265	19917	0,05	7,5
69	104	6315	385	4421	0,05	7,5
70	0	0	0	0	0,05	7,5

- Maximum soil stress : q<sub>v;n;max</sub> = 349 kN/m<sup>2</sup>
- Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q<sub>traffic;max</sub> = 42 kN/m<sup>2</sup>
- Maximum reduced soil stress : q<sub>v;n;max</sub> = 42 kN/m<sup>2</sup>
- Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)  
only for verticals in deep situation : k<sub>v;max</sub> = 134389 kN/m<sup>3</sup>
- Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)  
only for verticals in deep situation : k<sub>v;max</sub> = 268779 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.2 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
30	za,ma-fi,ma (NA)	Calculated with E100
29	terp	Calculated with E100
28	za-kl,ma-gr,lo (NA)	Calculated with E100
27	ve,sl (NA)	Calculated with E100
26	ve,sl (NA)	Calculated with E100
25	za-hu,ma-gr,lo (NA)	Calculated with E100
24	za,ze-gr,ma (NA)	Calculated with E100
23	za-si,ze-gr,ma (NA)	Calculated with E100
22	za,ma-fi,ma (NA)	Calculated with E100
21	za-si,ma-gr,ma (NA)	Calculated with E100
20	za,ma-gr,ma (NA)	Calculated with E100
19	kl-si,va (NA)	Calculated with E100
18	za-si,ma-gr,lo (NA)	Calculated with E100

Layer number	Material name	Type of determination
17	kl,va (NA)	Calculated with E100
16	za,ma-fi,ma (NA)	Calculated with E100
15	za-si,ze-gr,ma (NA)	Calculated with E100
14	za-si,ma-gr,ma (NA)	Calculated with E100
13	za,ze-gr,ma (NA)	Calculated with E100
12	za-si,ze-gr,ma-va (NA)	Calculated with E100
11	kl,ma (PZWA)	Calculated with E100
10	za-kl,ma-fi,lo (PZWA)	Calculated with E100
9	kl-za,va (PZWA)	Calculated with E100
8	za-si,ma-fi,ma (PZWA)	Calculated with E100
7	za-si,ma-fi,va (PZWA)	Calculated with E100
6	za-si,ma-fi,va (PZWA)-...	Calculated with E100
5	za,ma-fi,va (PZWA)-din	Calculated with E100
4	kl,va (OO)-din	Calculated with E100
3	za,ze-fi,va (OO)-din	Calculated with E100
2	kl,va (OO)-din	Calculated with E100
1	za,ma-fi,va (OO)-din	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (L=-4,889 m)		Vertical 2 (L=0 m)		Vertical 3 (L=5 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	0,000	5,849	0,000	5,738	0,000	5,033
28	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5,033	5,587
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
23	13,648	27,601	13,389	27,669	13,037	27,808
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
20	35,488	43,565	35,575	43,638	35,753	43,785
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
16	43,565	53,461	43,638	53,520	43,785	53,640
15	41,580	44,824	41,627	44,867	41,720	44,953
14	44,824	55,647	44,867	55,681	44,953	55,751
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	4,200	4,637	4,204	4,642	4,212	4,650
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	126,865	131,158	126,934	131,225	127,074	131,361
6	131,158	146,768	131,225	146,828	131,361	146,949
5	146,768	164,744	146,828	164,798	146,949	164,906
4	14,088	14,109	14,096	14,117	14,110	14,131
3	164,897	169,134	164,950	169,186	165,058	169,291
2	14,694	14,890	14,701	14,897	14,716	14,911
1	170,541	173,226	170,592	173,277	170,696	173,379

Layer number	Vertical 4 (L=10 m)		Vertical 5 (L=15 m)		Vertical 6 (L=20,019 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	0,000	3,760	0,000	0,689	n.a.	n.a.
28	3,760	5,739	0,689	5,853	0,000	6,210
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
23	13,392	27,974	13,657	28,101	14,490	28,513
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Layer number	Vertical 4 (L=10 m)		Vertical 5 (L=15 m)		Vertical 6 (L=20,019 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
21	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
20	35,967	43,962	36,130	44,097	36,660	44,535
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
16	43,962	53,785	44,097	53,895	44,535	54,254
15	41,833	45,057	41,919	45,137	42,197	45,396
14	45,057	55,835	45,137	55,899	45,396	56,108
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	4,222	4,660	4,230	4,667	4,256	4,692
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	127,244	131,524	127,373	131,650	127,795	132,058
6	131,524	147,095	131,650	147,207	132,058	147,572
5	147,095	165,036	147,207	165,136	147,572	165,462
4	14,128	14,149	14,142	14,163	14,187	14,207
3	165,189	169,419	165,288	169,516	165,613	169,833
2	14,733	14,929	14,747	14,943	14,791	14,987
1	170,823	173,503	170,919	173,598	171,234	173,908

Layer number	Vertical 7 (L=25,038 m)		Vertical 8 (L=30,057 m)		Vertical 9 (L=35,076 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	6,583	0,000	7,126	0,000	8,224
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
23	15,361	28,964	16,627	29,654	19,188	31,161
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
20	37,240	45,015	38,127	45,754	40,064	47,382
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
16	45,015	54,649	45,754	55,259	47,382	56,614
15	42,505	45,681	42,979	46,123	44,033	47,107
14	45,681	56,340	46,123	56,698	47,107	57,501
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	4,284	4,719	4,327	4,762	4,426	4,858
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	128,261	132,509	128,985	133,209	130,607	134,781
6	132,509	147,977	133,209	148,604	134,781	150,014
5	147,977	165,822	148,604	166,382	150,014	167,643
4	14,236	14,257	14,313	14,334	14,487	14,508
3	165,974	170,184	166,533	170,730	167,793	171,959
2	14,840	15,035	14,916	15,111	15,088	15,283
1	171,582	174,251	172,123	174,784	173,342	175,985

Layer number	Vertical 10 (L=40,095 m)		Vertical 11 (L=45,114 m)		Vertical 12 (L=50,133 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	8,859	0,000	9,350	0,000	10,039
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Layer number	Vertical 10 (L=40,095 m)		Vertical 11 (L=45,114 m)		Vertical 12 (L=50,133 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
26	n.a.	n.a.	0,094	0,094	0,105	0,105
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	26,578	26,585	28,051	28,370	30,118	30,703
23	20,677	32,093	22,065	32,735	23,880	33,724
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	32,093	32,095	32,735	32,861	33,724	33,966
20	41,265	48,400	42,250	49,051	43,670	50,092
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	4,494	4,495	4,592	4,620	4,748	4,805
16	48,403	57,467	49,244	57,934	50,466	58,737
15	44,697	47,725	45,060	47,980	45,684	48,482
14	47,725	58,009	47,980	58,237	48,482	58,668
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	91,158	91,162	91,515	91,721	92,193	92,598
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	58,012	58,015	58,368	58,508	58,926	59,201
9	4,489	4,920	4,551	4,967	4,637	5,040
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	131,641	135,785	132,433	136,632	133,634	137,875
6	135,785	150,918	136,632	151,740	137,875	152,919
5	150,918	168,452	151,740	169,189	152,919	170,247
4	14,599	14,620	14,701	14,722	14,849	14,869
3	168,602	172,748	169,338	173,467	170,395	174,499
2	15,199	15,394	15,301	15,495	15,446	15,640
1	174,125	176,756	174,838	177,458	175,862	178,467

Layer number	Vertical 13 (L=55,152 m)		Vertical 14 (L=60,171 m)		Vertical 15 (L=65,19 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	10,524	0,000	12,233	0,000	14,066
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	0,113	0,113	0,144	0,144	0,180	0,180
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	31,573	32,405	36,698	37,651	42,198	43,233
23	25,204	34,418	29,284	37,272	33,626	40,554
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	34,418	34,772	37,272	37,707	40,554	41,053
20	44,706	50,814	48,480	53,990	52,783	57,722
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	4,858	4,943	5,353	5,463	5,958	6,091
16	51,363	59,272	54,678	61,940	58,525	65,145
15	46,101	48,791	48,175	50,674	50,668	52,972
14	48,791	58,941	50,674	60,526	52,972	62,479
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	92,622	93,224	95,113	95,893	98,182	99,125
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	59,324	59,732	61,023	61,550	63,079	63,716
9	4,704	5,093	4,935	5,307	5,216	5,571
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	134,510	138,802	138,023	142,285	142,271	146,484
6	138,802	153,815	142,285	157,023	146,484	160,893
5	153,815	171,052	157,023	173,943	160,893	177,445
4	14,961	14,982	15,368	15,388	15,866	15,886
3	171,199	175,284	174,087	178,106	177,586	181,527
2	15,558	15,751	15,961	16,153	16,454	16,644
1	176,642	179,235	179,442	181,996	182,839	185,346



Layer number	Vertical 16 (L=70,209 m)		Vertical 17 (L=75,228 m)		Vertical 18 (L=80,247 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	13,716	0,000	13,431	0,000	13,261
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	0,173	0,173	0,168	0,168	0,164	0,164
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	41,149	42,418	40,293	41,801	39,784	41,523
23	32,992	39,809	32,512	39,186	32,296	38,780
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	39,809	40,417	39,186	39,906	38,780	39,610
20	51,965	56,810	51,308	56,042	50,927	55,525
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	5,808	5,968	5,683	5,871	5,599	5,814
16	57,787	64,264	57,195	63,511	56,852	62,978
15	49,983	52,239	49,397	51,599	48,983	51,122
14	52,239	61,875	51,599	61,352	51,122	60,969
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	97,232	98,373	96,411	97,751	95,808	97,347
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	62,601	63,369	62,205	63,106	61,948	62,981
9	5,170	5,514	5,136	5,468	5,120	5,440
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	141,364	145,677	140,626	145,037	140,172	144,670
6	145,677	160,215	145,037	159,690	144,670	159,414
5	160,215	176,830	159,690	176,354	159,414	176,104
4	15,778	15,798	15,710	15,730	15,674	15,695
3	176,972	180,927	176,496	180,461	176,247	180,217
2	16,367	16,558	16,300	16,491	16,264	16,455
1	182,242	184,758	181,780	184,302	181,538	184,063

Layer number	Vertical 19 (L=85,266 m)		Vertical 20 (L=90,285 m)		Vertical 21 (L=95,304 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	13,367	0,000	13,583	0,000	13,723
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	0,166	0,166	0,171	0,171	0,173	0,175
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	40,101	42,037	40,771	42,882	41,334	43,621
23	32,695	38,887	33,353	39,216	33,927	39,482
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	38,887	39,816	39,216	40,239	39,482	40,599
20	51,193	55,600	51,736	55,933	52,198	56,194
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	5,611	5,853	5,665	5,933	5,707	6,002
16	57,088	62,968	57,574	63,187	57,988	63,342
15	48,975	51,034	49,145	51,117	49,266	51,153
14	51,034	60,912	51,117	60,998	51,153	61,045
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	95,719	97,450	95,854	97,772	95,928	98,034
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	62,013	63,172	62,219	63,500	62,385	63,790
9	5,145	5,452	5,188	5,482	5,225	5,508
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	140,371	144,938	140,854	145,481	141,258	145,947
6	144,938	159,714	145,481	160,263	145,947	160,742
5	159,714	176,376	160,263	176,873	160,742	177,307
4	15,713	15,733	15,784	15,804	15,846	15,866
3	176,518	180,483	177,015	180,969	177,449	181,393

Layer number	Vertical 19 (L=85,266 m)		Vertical 20 (L=90,285 m)		Vertical 21 (L=95,304 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
2	16,303	16,494	16,373	16,564	16,434	16,625
1	181,801	184,323	182,284	184,798	182,705	185,214

Layer number	Vertical 22 (L=100,323 m)		Vertical 23 (L=105,342 m)		Vertical 24 (L=110,361 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	15,138	0,000	18,279	0,000	19,123
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	0,203	0,205	0,274	0,277	0,295	0,297
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	45,697	47,959	55,125	57,211	57,663	59,872
23	37,301	42,208	44,497	48,502	46,567	50,232
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	42,208	43,348	48,502	49,579	50,232	51,351
20	55,733	59,333	63,744	66,774	66,023	68,817
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	6,226	6,540	7,521	7,846	7,893	8,239
16	61,188	66,071	68,563	72,761	70,686	74,576
15	51,388	53,123	56,592	58,101	58,003	59,407
14	53,123	62,721	58,101	67,004	59,407	68,155
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	98,561	100,796	105,292	107,560	107,101	109,501
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	64,143	65,633	68,447	69,960	69,682	71,282
9	5,469	5,736	6,057	6,306	6,241	6,477
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	144,893	149,540	153,732	158,187	156,319	160,770
6	149,540	164,066	158,187	172,037	160,770	174,467
5	164,066	180,326	172,037	187,608	174,467	189,838
4	16,280	16,300	17,345	17,364	17,676	17,695
3	180,466	184,346	187,742	191,474	189,971	193,660
2	16,865	17,054	17,920	18,107	18,248	18,434
1	185,637	188,107	192,718	195,098	194,890	197,244

Layer number	Vertical 25 (L=115,38 m)		Vertical 26 (L=120,399 m)		Vertical 27 (L=125,418 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	19,268	0,000	19,283	0,000	18,838
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	0,299	0,301	0,299	0,302	0,288	0,291
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	58,118	60,519	58,183	60,790	56,878	59,754
23	47,071	50,524	47,281	50,546	46,475	49,615
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	50,524	51,716	50,546	51,815	49,615	50,987
20	66,492	69,131	66,619	69,118	65,555	67,954
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	7,951	8,320	7,948	8,342	7,735	8,156
16	71,122	74,802	71,240	74,726	70,245	73,586
15	58,179	59,510	58,120	59,383	57,233	58,445
14	59,510	68,260	59,383	68,164	58,445	67,364
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	107,265	109,830	107,114	109,852	105,857	108,797
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	69,892	71,599	69,906	71,725	69,234	71,183
9	6,286	6,509	6,304	6,515	6,228	6,428
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Layer number	Vertical 25 (L=115,38 m)		Vertical 26 (L=120,399 m)		Vertical 27 (L=125,418 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
7	156,807	161,313	156,896	161,466	155,583	160,258
6	161,313	175,018	161,466	175,211	160,258	174,150
5	175,018	190,345	175,211	190,522	174,150	189,548
4	17,751	17,771	17,778	17,797	17,632	17,652
3	190,477	194,157	190,654	194,331	189,680	193,375
2	18,323	18,509	18,350	18,535	18,206	18,391
1	195,384	197,732	195,556	197,902	194,606	196,964

Layer number	Vertical 28 (L=130,437 m)		Vertical 29 (L=135,456 m)		Vertical 30 (L=140,475 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	18,637	0,000	18,969	0,000	19,374
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	0,283	0,286	0,291	0,294	0,301	0,305
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	56,300	59,417	57,312	60,586	58,539	61,953
23	46,213	49,190	47,122	49,868	48,185	50,699
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	49,190	50,654	49,868	51,391	50,699	52,276
20	65,126	67,402	66,075	68,181	67,213	69,148
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	7,635	8,082	7,776	8,246	7,954	8,445
16	69,843	73,010	70,727	73,665	71,790	74,497
15	56,786	57,936	57,295	58,365	57,942	58,930
14	57,936	66,937	58,365	67,324	58,930	67,830
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	105,187	108,316	105,795	109,077	106,590	110,017
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	68,929	71,000	69,413	71,582	70,011	72,274
9	6,202	6,391	6,284	6,460	6,381	6,545
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	155,019	159,779	156,068	160,863	157,350	162,174
6	159,779	173,761	160,863	174,811	162,174	176,070
5	173,761	189,190	174,811	190,155	176,070	191,312
4	17,579	17,599	17,723	17,743	17,896	17,915
3	189,323	193,025	190,287	193,970	191,444	195,105
2	18,153	18,339	18,295	18,481	18,467	18,652
1	194,258	196,620	195,198	197,548	196,326	198,663

Layer number	Vertical 31 (L=145,494 m)		Vertical 32 (L=150,513 m)		Vertical 33 (L=155,532 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	17,979	0,000	14,856	0,000	11,446
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	0,267	0,271	0,197	0,201	0,130	0,135
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	54,406	58,280	45,163	50,015	35,141	41,497
23	45,329	47,808	38,901	41,551	32,275	35,174
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	47,808	49,559	41,551	43,647	35,174	37,735
20	63,719	65,615	56,118	58,100	48,517	50,611
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	7,314	7,840	6,020	6,598	4,827	5,463
16	68,529	71,162	61,523	64,224	54,677	57,455
15	55,348	56,309	49,952	50,934	44,687	45,692
14	56,309	65,581	50,934	61,045	45,692	56,763
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Layer number	Vertical 31 (L=145,494 m)		Vertical 32 (L=150,513 m)		Vertical 33 (L=155,532 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
12	103,056	106,770	95,928	100,093	89,199	93,861
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	67,945	70,388	63,695	66,417	59,730	62,752
9	6,117	6,271	5,574	5,720	5,090	5,227
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	153,196	158,216	144,635	150,014	136,713	142,468
6	158,216	172,483	150,014	165,046	142,468	158,276
5	172,483	188,016	165,046	181,218	158,276	175,075
4	17,405	17,425	16,409	16,429	15,528	15,549
3	188,150	191,874	181,357	185,218	175,218	179,212
2	17,980	18,166	16,992	17,181	16,119	16,311
1	193,115	195,491	186,503	188,962	180,540	183,078

Layer number	Vertical 34 (L=160,551 m)		Vertical 35 (L=165,57 m)		Vertical 36 (L=170,589 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	8,426	0,000	7,692	0,000	8,099
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	0,079	0,085	0,069	0,075	0,075	0,081
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	26,404	34,778	24,355	33,619	25,561	34,801
23	27,050	30,158	26,148	29,050	27,067	29,582
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	30,158	33,232	29,050	32,355	29,582	32,957
20	42,727	44,882	41,599	43,595	42,373	44,122
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	3,983	4,675	3,802	4,530	3,876	4,629
16	49,610	52,387	48,640	51,195	49,301	51,551
15	40,745	41,747	39,818	40,742	40,095	40,912
14	41,747	53,657	40,742	52,898	40,912	53,049
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	84,318	89,443	83,126	88,530	83,363	88,961
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	56,919	60,216	56,337	59,802	56,611	60,194
9	4,765	4,891	4,713	4,827	4,762	4,863
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	131,162	137,229	130,077	136,271	130,694	136,940
6	137,229	153,636	136,271	152,840	136,940	153,496
5	153,636	170,891	152,840	170,177	153,496	170,765
4	14,939	14,959	14,839	14,859	14,921	14,942
3	171,038	175,127	170,324	174,430	170,913	175,004
2	15,536	15,729	15,437	15,630	15,518	15,711
1	176,486	179,082	175,794	178,400	176,364	178,962

Layer number	Vertical 37 (L=175,608 m)		Vertical 38 (L=180,627 m)		Vertical 39 (L=185,646 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	8,553	0,000	8,214	0,000	7,280
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	0,081	0,088	0,076	0,083	0,063	0,070
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	26,907	36,087	25,985	35,695	23,394	34,159
23	28,068	30,209	27,763	29,629	26,568	28,200
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	30,209	33,642	29,629	33,244	28,200	32,104
20	43,254	44,759	42,742	44,052	41,277	42,411
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Layer number	Vertical 37 (L=175,608 m)		Vertical 38 (L=180,627 m)		Vertical 39 (L=185,646 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
17	3,966	4,743	3,866	4,676	3,638	4,488
16	50,058	52,005	49,615	51,305	48,356	49,807
15	40,449	41,159	39,904	40,522	38,738	39,271
14	41,159	53,258	40,522	52,787	39,271	51,852
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	83,692	89,477	82,952	88,993	81,482	87,837
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	56,940	60,636	56,632	60,480	55,896	59,926
9	4,818	4,907	4,798	4,874	4,728	4,792
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	131,419	137,711	130,879	137,274	129,490	136,031
6	137,711	154,242	137,274	153,911	136,031	152,863
5	154,242	171,437	153,911	171,139	152,863	170,197
4	15,015	15,036	14,973	14,994	14,842	14,862
3	171,583	175,659	171,286	175,369	170,344	174,449
2	15,611	15,804	15,570	15,763	15,439	15,633
1	177,014	179,602	176,726	179,318	175,813	178,419

Layer number	Vertical 40 (L=190,665 m)		Vertical 41 (L=195,684 m)		Vertical 42 (L=200,703 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	6,980	0,000	6,982	0,000	6,778
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	0,059	0,067	0,059	0,067	0,056	0,064
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	22,612	33,933	22,672	34,276	22,160	34,242
23	26,393	27,717	26,659	27,653	26,633	27,305
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	27,717	31,809	27,653	31,880	27,305	31,707
20	40,897	41,817	40,988	41,682	40,766	41,236
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
17	3,557	4,440	3,539	4,451	3,478	4,423
16	48,031	49,205	48,107	48,992	47,916	48,515
15	38,270	38,703	38,105	38,433	37,734	37,957
14	38,703	51,444	38,433	51,260	37,957	50,925
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
12	80,840	87,453	80,552	87,400	80,024	87,127
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	55,652	59,833	55,618	59,935	55,444	59,908
9	4,717	4,768	4,729	4,768	4,726	4,752
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	129,080	135,720	129,085	135,805	128,814	135,627
6	135,720	152,645	135,805	152,780	135,627	152,681
5	152,645	170,001	152,780	170,122	152,681	170,034
4	14,814	14,835	14,831	14,852	14,819	14,840
3	170,149	174,259	170,270	174,377	170,181	174,290
2	15,412	15,606	15,429	15,623	15,417	15,611
1	175,624	178,233	175,741	178,348	175,655	178,263

Layer number	Vertical 43 (L=205,722 m)		Vertical 44 (L=210,741 m)		Vertical 45 (L=215,76 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	0,000	6,082	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000	0,004
26	0,047	0,056	0,000	0,007	0,004	0,008
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	20,323	33,393	5,339	27,407	5,841	27,546
23	25,972	26,328	21,317	21,338	n.a.	n.a.

Layer number	Vertical 43 (L=205,722 m)		Vertical 44 (L=210,741 m)		Vertical 45 (L=215,76 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	27,546	27,813
21	26,328	31,001	21,338	27,043	21,632	27,097
20	39,858	40,105	34,769	34,783	n.a.	n.a.
19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2,656	2,659
18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	11,621	11,665
17	3,327	4,309	2,649	3,709	2,675	3,697
16	47,143	47,456	42,925	42,942	n.a.	n.a.
15	36,910	37,027	33,399	33,405	n.a.	n.a.
14	37,027	50,256	33,405	47,672	33,318	47,353
13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	60,883	61,335
12	78,974	86,377	74,913	82,905	74,965	82,964
11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,861	3,864
10	54,967	59,602	52,758	57,710	52,825	57,605
9	4,688	4,701	4,452	4,452	n.a.	n.a.
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	57,605	57,779
7	127,946	134,883	123,676	130,923	123,811	131,174
6	134,883	152,080	130,923	148,640	131,174	148,759
5	152,080	169,494	148,640	166,414	148,759	166,521
4	14,744	14,764	14,317	14,338	14,332	14,353
3	169,642	173,764	166,565	170,761	166,671	170,865
2	15,343	15,536	14,921	15,116	14,935	15,130
1	175,133	177,749	172,154	174,814	172,257	174,916

Layer number	Vertical 46 (L=220,779 m)		Vertical 47 (L=225,798 m)		Vertical 48 (L=230,817 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
27	0,000	0,009	0,000	0,009	0,000	0,010
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
24	6,640	27,592	6,587	26,842	7,091	26,216
23	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
22	27,592	28,135	26,842	27,682	26,216	27,362
21	21,883	27,101	21,531	26,618	21,281	26,214
20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19	2,657	2,663	2,581	2,590	2,519	2,531
18	11,631	11,721	11,433	11,571	11,269	11,456
17	2,696	3,677	2,641	3,586	2,599	3,507
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
14	33,203	46,998	32,690	46,359	32,240	45,761
13	60,426	61,359	59,605	61,029	58,836	60,760
12	74,994	82,990	74,591	82,626	74,262	82,329
11	3,863	3,870	3,836	3,846	3,814	3,828
10	52,872	57,465	52,672	57,096	52,515	56,765
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	57,465	57,822	57,096	57,639	56,765	57,496
7	123,905	131,389	123,513	131,145	123,205	130,981
6	131,389	148,837	131,145	148,510	130,981	148,255
5	148,837	166,590	148,510	166,299	148,255	166,070
4	14,342	14,363	14,302	14,322	14,270	14,291
3	166,741	170,933	166,450	170,649	166,222	170,426
2	14,945	15,140	14,905	15,100	14,874	15,069
1	172,324	174,982	172,043	174,705	171,822	174,487

Layer number	Vertical 49 (L=235,836 m)		Vertical 50 (L=240,855 m)		Vertical 51 (L=245,874 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Layer number	Vertical 49 (L=235,836 m)		Vertical 50 (L=240,855 m)		Vertical 51 (L=245,874 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	n.a.	n.a.	0,000	6,801	0,000	8,762
24	0,000	22,246	20,404	31,195	26,286	34,750
23	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
22	22,246	23,912	31,195	32,643	34,750	36,271
21	18,598	23,864	25,389	29,284	28,211	31,593
20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19	2,167	2,183	3,007	3,025	3,395	3,415
18	10,274	10,531	12,596	12,848	13,589	13,863
17	2,271	3,164	3,122	3,919	3,526	4,264
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
14	30,230	44,076	34,555	46,873	36,425	47,999
13	56,669	59,159	60,265	63,076	61,712	64,911
12	72,306	80,569	77,092	84,891	79,335	86,933
11	3,684	3,702	4,005	4,027	4,160	4,185
10	51,429	55,572	54,202	57,965	55,527	59,027
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	55,572	56,506	57,965	59,041	59,027	60,259
7	121,084	129,116	126,515	134,346	129,127	136,928
6	129,116	146,496	134,346	151,017	136,928	153,211
5	146,496	164,503	151,017	168,541	153,211	170,510
4	14,055	14,076	14,611	14,632	14,885	14,906
3	164,655	168,899	168,690	172,834	170,657	174,755
2	14,661	14,857	15,211	15,406	15,483	15,676
1	170,307	172,996	174,211	176,840	176,116	178,717

Layer number	Vertical 52 (L=250,893 m)		Vertical 53 (L=255,912 m)		Vertical 54 (L=260,931 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	0,000	8,912	0,000	9,177	0,000	9,075
24	26,737	34,516	27,532	34,559	27,225	33,724
23	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
22	34,516	36,261	34,559	36,516	33,724	35,944
21	28,203	31,417	28,401	31,425	27,956	30,851
20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19	3,365	3,388	3,367	3,392	3,269	3,298
18	13,521	13,835	13,532	13,884	13,295	13,693
17	3,515	4,215	3,535	4,196	3,457	4,083
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
14	36,163	47,529	36,062	47,179	35,452	46,437
13	61,109	64,789	60,659	64,815	59,705	64,378
12	79,187	86,797	79,219	86,826	78,684	86,339
11	4,150	4,178	4,152	4,184	4,115	4,151
10	55,470	58,794	55,518	58,659	55,239	58,214
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	58,794	60,207	58,659	60,251	58,214	59,994
7	129,015	136,943	129,110	137,153	128,559	136,756
6	136,943	153,117	137,153	153,197	136,756	152,733
5	153,117	170,425	153,197	170,497	152,733	170,080
4	14,874	14,894	14,884	14,904	14,825	14,846
3	170,573	174,672	170,644	174,742	170,228	174,336
2	15,471	15,665	15,481	15,674	15,423	15,617
1	176,034	178,637	176,104	178,706	175,700	178,308

Layer number	Vertical 55 (L=265,95 m)		Vertical 56 (L=270,969 m)		Vertical 57 (L=275,988 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	0,000	9,329	0,000	9,298	0,000	9,506
24	27,988	33,957	27,895	33,513	28,519	33,669
23	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
22	33,957	36,376	33,513	36,178	33,669	36,536
21	28,292	30,984	28,138	30,670	28,417	30,753
20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19	3,291	3,323	3,238	3,273	3,252	3,290
18	13,359	13,794	13,232	13,711	13,275	13,791
17	3,498	4,084	3,464	4,013	3,497	4,006
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
14	35,457	46,162	35,071	45,583	35,031	45,268
13	59,351	64,503	58,607	64,274	58,201	64,359
12	78,837	86,478	78,557	86,223	78,661	86,318
11	4,126	4,165	4,106	4,149	4,113	4,160
10	55,357	58,144	55,226	57,836	55,315	57,739
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	58,144	60,103	57,836	59,982	57,739	60,064
7	128,792	137,095	128,532	136,972	128,709	137,258
6	137,095	152,929	136,972	152,710	137,258	152,859
5	152,929	170,256	152,710	170,060	152,859	170,193
4	14,850	14,871	14,823	14,843	14,841	14,862
3	170,404	174,507	170,208	174,316	170,341	174,446
2	15,448	15,641	15,421	15,614	15,439	15,633
1	175,871	178,476	175,681	178,289	175,810	178,416

Layer number	Vertical 58 (L=281,007 m)		Vertical 59 (L=286,026 m)		Vertical 60 (L=291,045 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	0,000	9,649	0,000	9,865	0,000	9,935
24	28,946	33,666	29,595	33,863	29,805	33,682
23	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
22	33,666	36,745	33,863	37,136	33,682	37,180
21	28,580	30,730	28,883	30,840	28,918	30,699
20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19	3,248	3,289	3,267	3,310	3,243	3,289
18	13,273	13,828	13,327	13,919	13,274	13,907
17	3,512	3,982	3,549	3,979	3,544	3,935
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
14	34,899	44,878	34,884	44,577	34,645	44,099
13	57,701	64,361	57,314	64,468	56,699	64,376
12	78,663	86,320	78,794	86,439	78,682	86,337
11	4,114	4,164	4,123	4,176	4,115	4,172
10	55,346	57,585	55,451	57,502	55,416	57,284
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	57,585	60,093	57,502	60,189	57,284	60,157
7	128,770	137,436	128,977	137,749	128,908	137,804
6	137,436	152,911	137,749	153,085	137,804	153,027
5	152,911	170,240	153,085	170,396	153,027	170,344
4	14,848	14,868	14,870	14,890	14,862	14,883
3	170,387	174,491	170,544	174,644	170,492	174,593



Layer number	Vertical 58 (L=281,007 m)		Vertical 59 (L=286,026 m)		Vertical 60 (L=291,045 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
2	15,445	15,639	15,467	15,661	15,460	15,653
1	175,855	178,460	176,006	178,609	175,956	178,560

Layer number	Vertical 61 (L=296,064 m)		Vertical 62 (L=301,083 m)		Vertical 63 (L=306,102 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	0,000	10,237	0,000	10,312	0,000	10,293
24	30,712	34,126	30,936	33,966	30,879	33,547
23	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
22	34,126	37,789	33,966	37,850	33,547	37,682
21	29,392	30,974	29,439	30,847	29,308	30,548
20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19	3,290	3,339	3,268	3,320	3,217	3,273
18	13,398	14,064	13,351	14,058	13,232	13,983
17	3,608	3,959	3,606	3,918	3,575	3,849
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
14	34,777	43,909	34,549	43,432	34,168	42,828
13	56,454	64,613	55,841	64,532	55,065	64,316
12	78,972	86,601	78,872	86,511	78,608	86,270
11	4,135	4,196	4,128	4,192	4,110	4,178
10	55,612	57,290	55,585	57,078	55,463	56,773
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	57,290	60,338	57,078	60,312	56,773	60,200
7	129,296	138,287	129,241	138,355	129,000	138,250
6	138,287	153,353	138,355	153,307	138,250	153,104
5	153,353	170,637	153,307	170,596	153,104	170,414
4	14,903	14,924	14,897	14,918	14,872	14,893
3	170,785	174,879	170,743	174,839	170,561	174,661
2	15,500	15,694	15,495	15,688	15,469	15,663
1	176,240	178,840	176,200	178,800	176,023	178,626

Layer number	Vertical 64 (L=311,121 m)		Vertical 65 (L=316,14 m)		Vertical 66 (L=321,159 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	0,000	10,509	0,000	8,995	0,000	8,171
24	31,528	33,782	26,984	29,165	24,514	26,432
23	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
22	33,782	38,095	29,165	34,295	26,432	32,246
21	29,630	30,683	26,674	27,647	25,080	25,908
20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19	3,240	3,298	2,743	2,806	2,472	2,540
18	13,296	14,083	12,019	12,926	11,293	12,298
17	3,616	3,850	3,152	3,354	2,911	3,075
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
14	34,174	42,530	31,351	39,976	29,696	38,356
13	54,682	64,442	51,397	62,150	49,314	60,919
12	78,762	86,410	75,961	83,865	74,457	82,505
11	4,121	4,192	3,928	4,004	3,827	3,906
10	55,581	56,702	54,009	54,970	53,185	53,965
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	56,702	60,309	54,970	58,863	53,965	58,108

Layer number	Vertical 64 (L=311,121 m)		Vertical 65 (L=316,14 m)		Vertical 66 (L=321,159 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
7	129,233	138,586	126,136	135,824	124,517	134,445
6	138,586	153,301	135,824	150,699	134,445	149,347
5	153,301	170,590	150,699	168,256	149,347	167,046
4	14,897	14,917	14,572	14,593	14,405	14,425
3	170,737	174,833	168,405	172,556	167,196	171,377
2	15,494	15,687	15,172	15,367	15,007	15,202
1	176,194	178,794	173,935	176,569	172,765	175,416

Layer number	Vertical 67 (L=326,178 m)		Vertical 68 (L=331,197 m)		Vertical 69 (L=336,216 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
28	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
27	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
25	0,000	7,558	0,000	8,093	0,000	8,271
24	22,673	24,230	24,278	25,253	24,813	25,284
23	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
22	24,230	30,721	25,253	31,779	25,284	32,047
21	23,894	24,544	24,717	25,135	24,926	25,129
20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
19	2,267	2,340	2,355	2,430	2,354	2,432
18	10,729	11,827	10,986	12,105	10,992	12,155
17	2,735	2,860	2,838	2,920	2,857	2,897
16	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
14	28,377	36,995	28,753	36,936	28,610	36,473
13	47,566	60,000	47,489	60,424	46,893	60,441
12	73,333	81,492	73,851	81,959	73,872	81,977
11	3,752	3,836	3,786	3,873	3,788	3,878
10	52,580	53,171	52,904	53,293	52,946	53,137
9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	53,171	57,555	53,293	57,851	53,137	57,890
7	123,333	133,472	123,967	134,182	124,050	134,382
6	133,472	148,360	134,182	148,888	134,382	148,958
5	148,360	166,165	148,888	166,636	148,958	166,698
4	14,283	14,304	14,348	14,369	14,357	14,377
3	166,316	170,518	166,787	170,977	166,849	171,038
2	14,887	15,082	14,951	15,146	14,959	15,154
1	171,913	174,577	172,369	175,026	172,429	175,085

Layer number	Vertical 70 (L=341,25 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
30	n.a.	n.a.
29	n.a.	n.a.
28	n.a.	n.a.
27	n.a.	n.a.
26	n.a.	n.a.
25	0,000	8,558
24	n.a.	n.a.
23	n.a.	n.a.
22	25,674	32,584
21	n.a.	n.a.
20	n.a.	n.a.
19	2,386	2,467
18	11,090	12,286
17	n.a.	n.a.
16	n.a.	n.a.
15	n.a.	n.a.
14	28,668	36,179
13	46,516	60,608

Layer number	Vertical 70 (L=341,25 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
12	74,077	82,162
11	3,801	3,896
10	n.a.	n.a.
9	n.a.	n.a.
8	53,092	58,023
7	124,335	134,762
6	134,762	149,195
5	149,195	166,910
4	14,386	14,407
3	167,061	171,244
2	14,988	15,183
1	172,634	175,287

## 5 Data for Stress Analysis

### 5.1 General Data

Equivalent pipeline diameter	:	Do = 450,00 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,00 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 134389 kN/m <sup>3</sup>
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m <sup>3</sup>
Bending radius on rollers	:	Rrol = 300,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm <sup>2</sup>
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

### 5.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 0%

Uplift forces	:	180	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	51	[kg/m]
		-----	
Result	:	129	[kg/m] (Pipeline moves upwards)

### 5.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,10 )
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm<sup>2</sup>] )
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20 )

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.  
The pulling direction of the product pipe is from left to right.

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T1	0	18
T2	35	27
T3	116	55
T4	245	90
T5	321	120
T6	350	128

The calculated values for the pulling force are characteristic values (without safety factor). According to article E.1.2.1 of NEN 3650-1:2012 it is recommended to use a total factor for stochastic variation and model uncertainty (f) of at least 1.4 for the stress analysis. In the pipe stress analysis (next chapter), a factor of 1,40 is used and a load factor of 1,00.

The maximum representative pulling force is 492 kN, calculation factor excluded. At this pulling force level the stresses in the pipeline are equal to the maximum allowable stress.

## 6 Stress Analysis of Pipe: pipe

### 6.1 Material Data of Pipe: pipe

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 450,00 mm
Wall thickness	:	t = 41,00 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 50,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 350 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Bedding angle	:	beta = 120 degrees
Load angle	:	alpha = 180 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,061
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,083
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,131
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,138
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,048
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,089
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 42 kN/m <sup>2</sup>
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 134389 kN/m <sup>3</sup>
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 300,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,40
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

### 6.2 Results Stress Analysis of Pipe: pipe

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 41,0 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

#### 6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\text{Sigma}_b = Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) = 1,02 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_t = f * f_{install} * T1/A = f * f_{install} (L_{rol} * Q * f1)/A = 0,47 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,13	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

**6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation**

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb)$	=	1,02	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	3,40	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	4,06	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

Load  $q_r$  on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	2,3E-3	1/mm
---	---	--------	------

$q_r$	=	0,0150	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	0,41	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,27	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

**6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure**

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

**6.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)**

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb)$	=	0,37	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,24	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	0,25	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	2,84	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	2,01	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

**6.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)**

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb)$	=	0,37	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2)/(r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	3,08	N/mm <sup>2</sup>
Maximum axial stress $\sigma_{a,max}$	=	3,32	N/mm <sup>2</sup>
Tangential stress:			
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,25	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,84	N/mm <sup>2</sup>
Rerounding factor $F_{rr}$	=	1,000	
Rerounding factor $F'_{rr}$	=	1,000	
$\sigma_{t,max} = \sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \sigma_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\sigma_{t,max}$	=	2,01	N/mm <sup>2</sup>

### 6.3 Check on Calculated Stresses of Pipe: pipe

Load combination 1

- $\sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Load combination 2

- $\sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Load combination 3

- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Load combination 4

- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm <sup>2</sup> ]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
$\sigma_{ptest}$	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
$\sigma_{py}$	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
$\sigma_{axial}$	10,00 (short)	1,13	4,06	-	-	-
$\sigma_{axial}$	8,00 (long)	-	-	-	0,24	3,32
$\sigma_{tan...}$	10,00 (short)	-	0,27	-	-	-
$\sigma_{tan...}$	8,00 (long)	-	-	-	2,01	2,01

Stresses in pipeline [N/mm<sup>2</sup>]

The deflection of the pipeline is 4,1 mm (0,92% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 36,0 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 22,5 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

### 6.4 Check for Implosion of Pipe: pipe

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 240 kN/m<sup>2</sup>, this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m<sup>2</sup>.

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals  $185 \text{ kN/m}^2$ , this is less than the maximum allowable external pressure of  $280 \text{ kN/m}^2$ .

## End of Report



Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)

# Net op Zee – Nederwiek 1

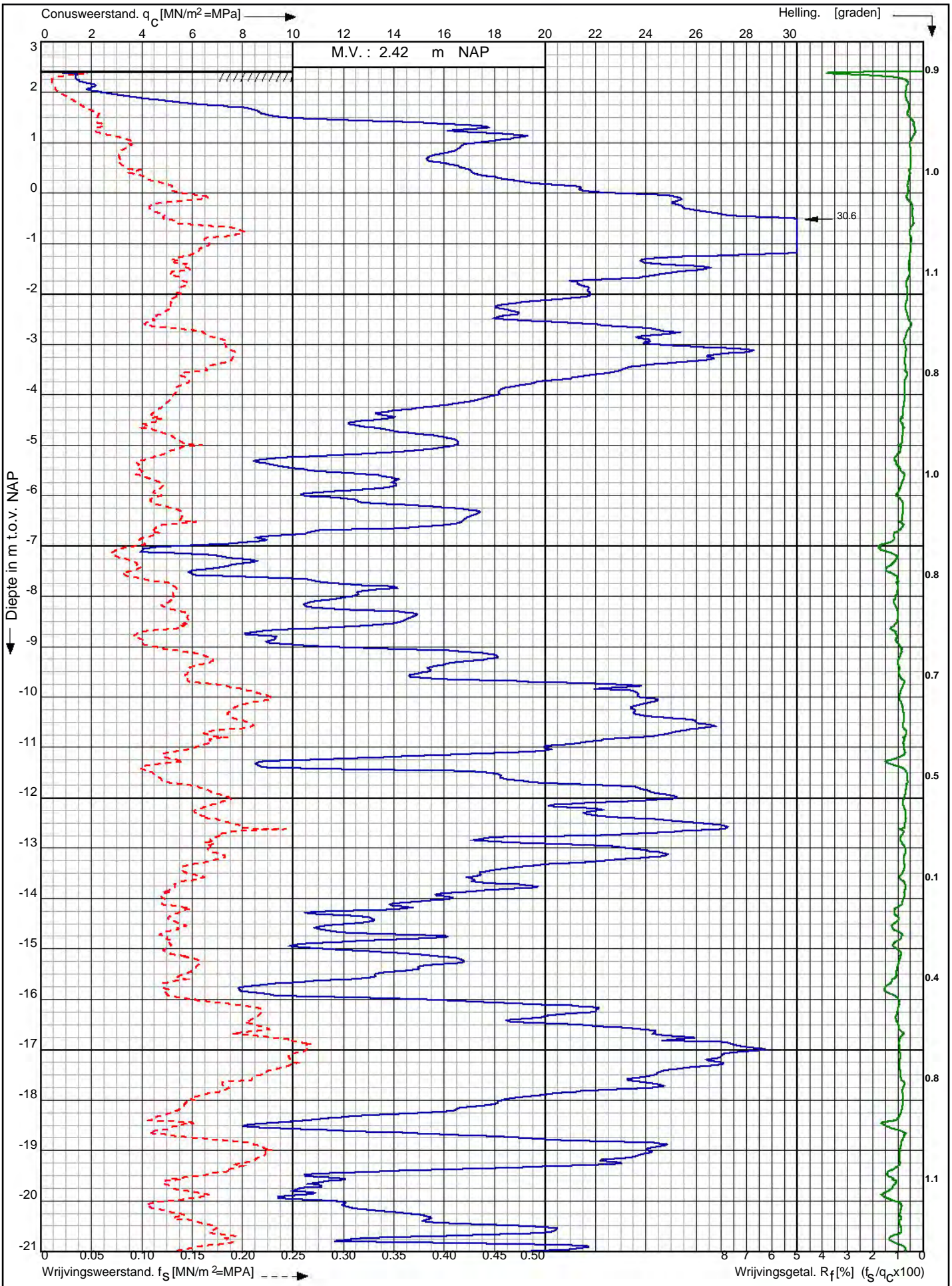
## **Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat**

Bijlage 17: Sonderingen Veerse Gatdam

Conusserienummer: 001692

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha te IJmuiden

Opdr. nr. : 2020-1142

Datum uitv. : 24-8-2020

Sond. nr. : 28

RD-coördinaten : X = 34369.47 Y = 401687.25

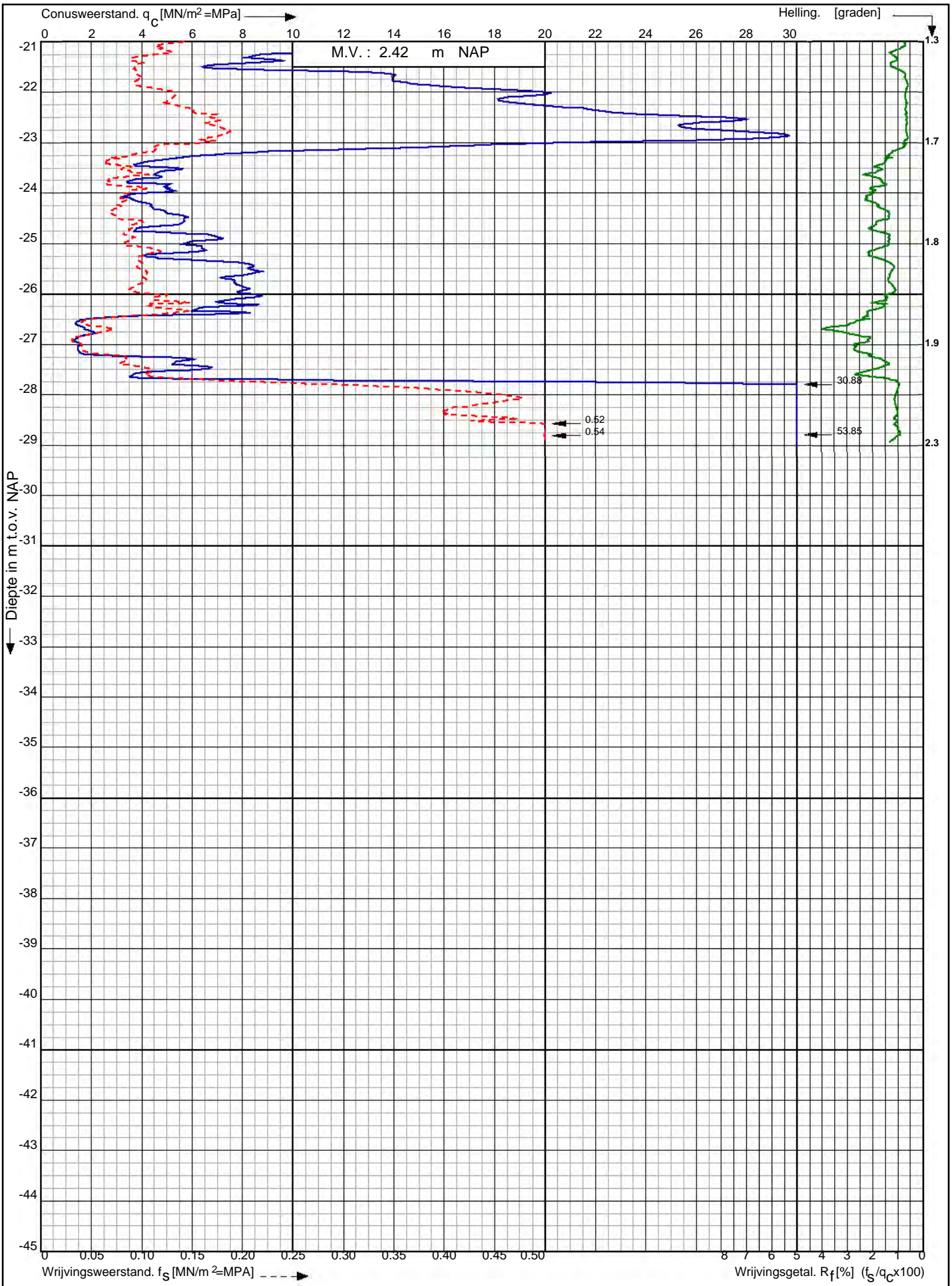


0522 - 260 084

Conusserienummer: 001692

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha te IJmuiden

Opdr. nr. : 2020-1142

Datum uitv. : 24-8-2020

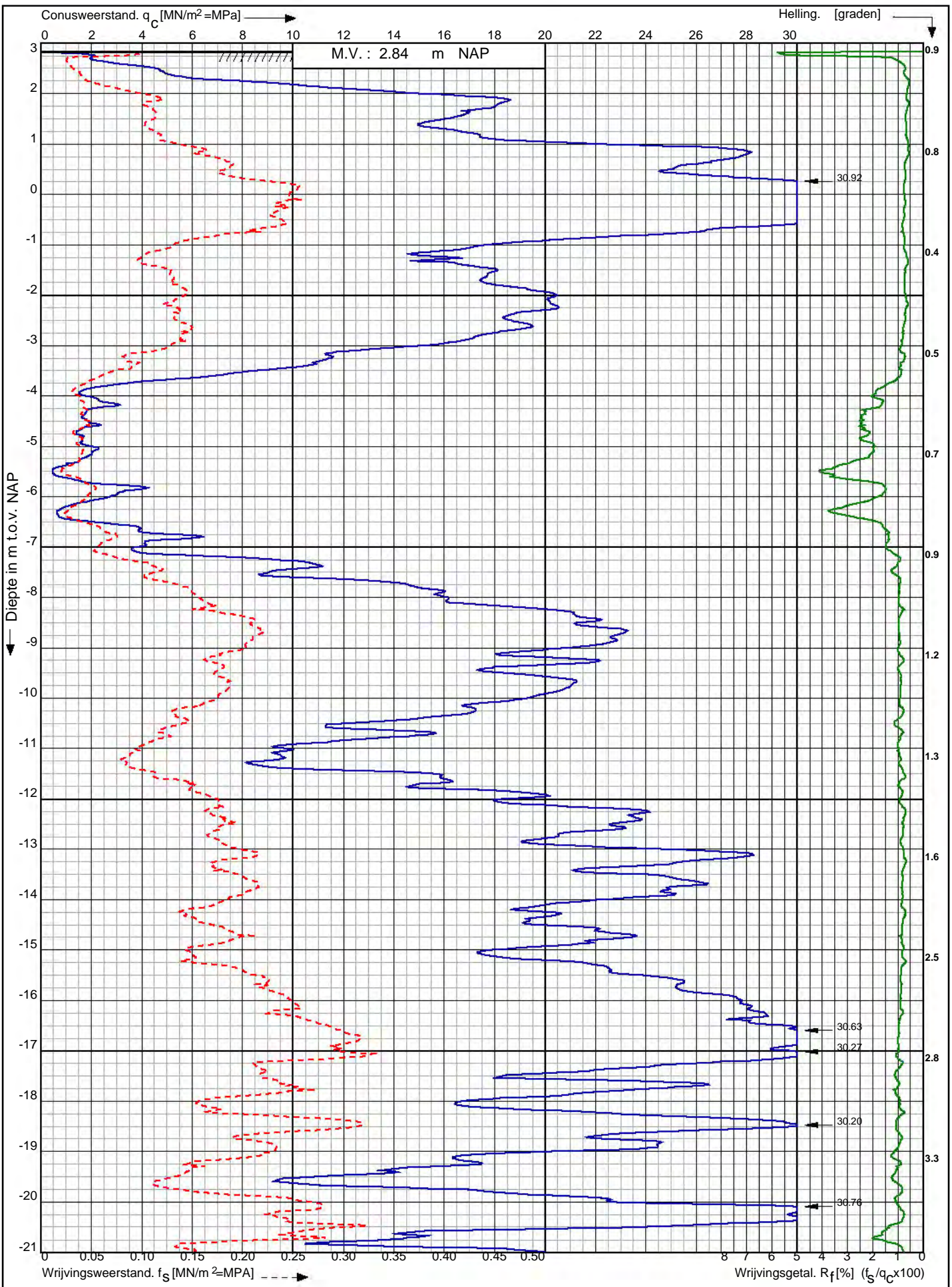
Sond. nr. : 28



0522 - 260 084

RD-coördinaten : X = 34369.47 Y = 401687.25

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3  
Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15  
Conusserienummer: 001692



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha te IJmuiden

Opdr. nr. : 2020-1142  
Datum uitv. : 24-8-2020  
Sond. nr. : 29

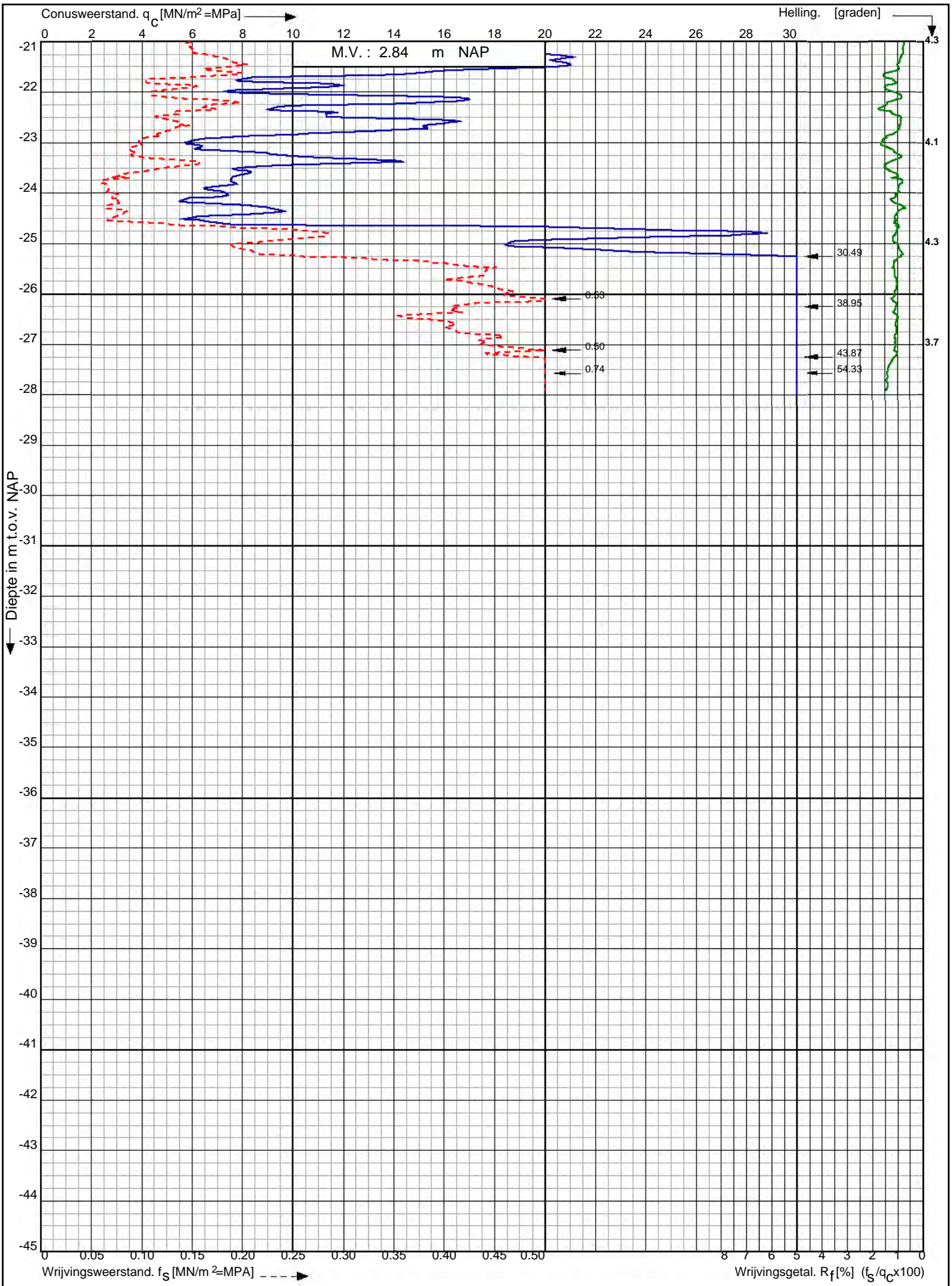


RD-coördinaten : X = 34410.61 Y = 401525.32

Conusserienummer: 001692

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha te IJmuiden

Opdr. nr. : 2020-1142

Datum uitv. : 24-8-2020

Sond. nr. : 29



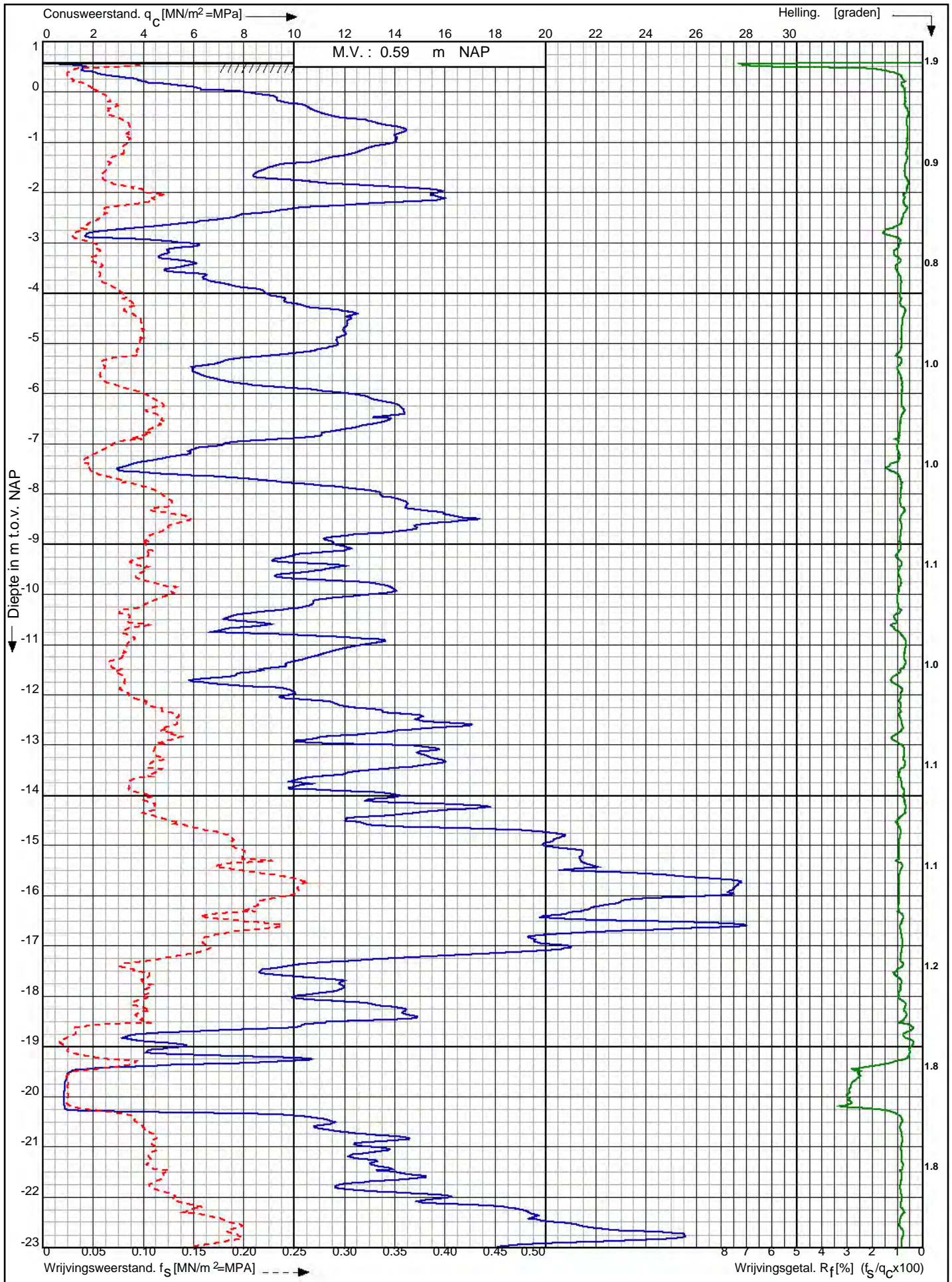
0522 - 260 084

RD-coördinaten : X = 34410.61 Y = 401525.32

Conusserienummer: 001692

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha te IJmuiden

RD-coördinaten : X = 34384.22 Y = 401318.81

Opdr. nr. : 2020-1142

Datum uitv. : 24-8-2020

Sond. nr. : 30

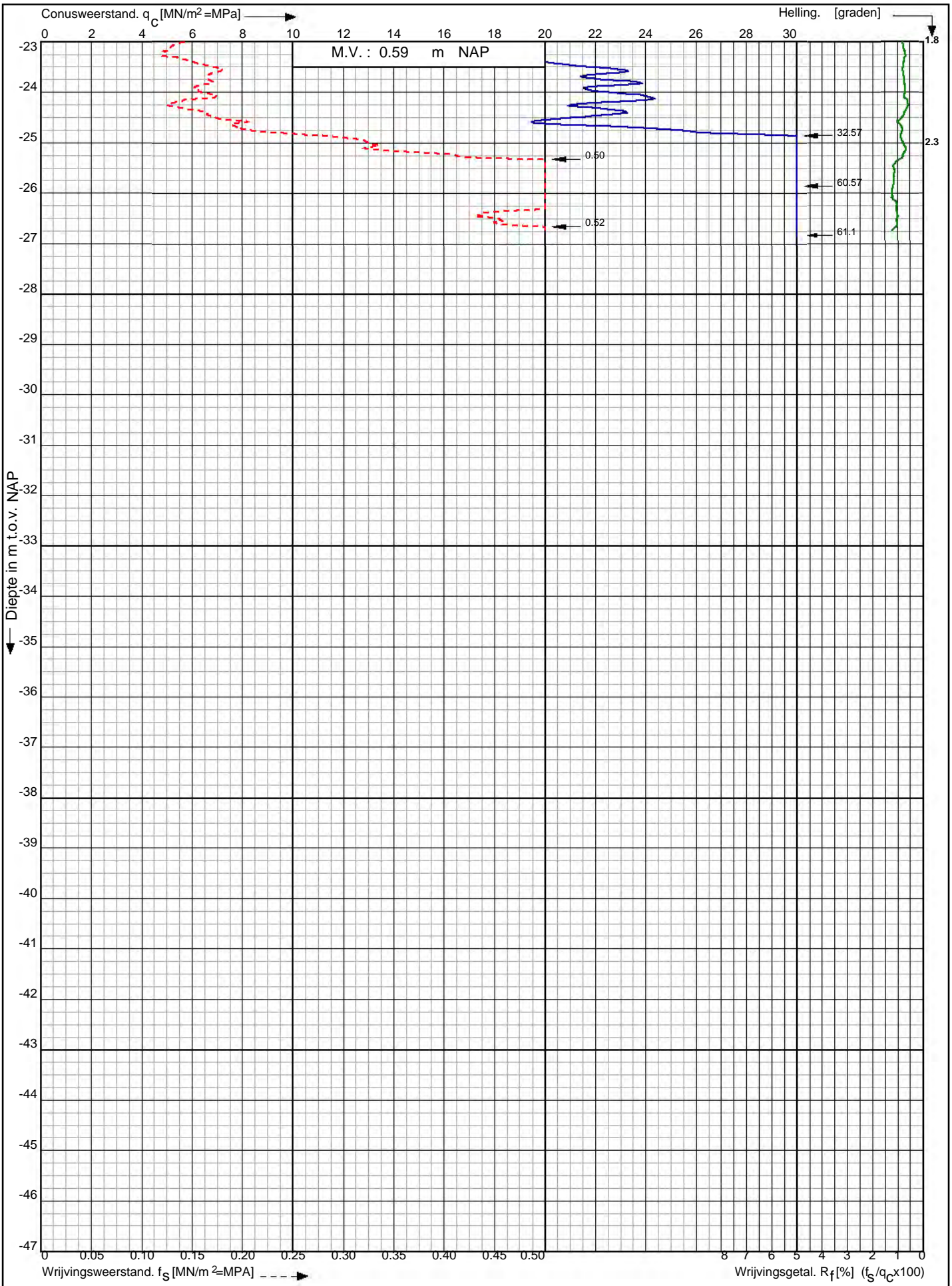


0522 - 260 084

Conusserienummer: 001692

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha te IJmuiden

Opdr. nr. : 2020-1142

Datum uitv. : 24-8-2020

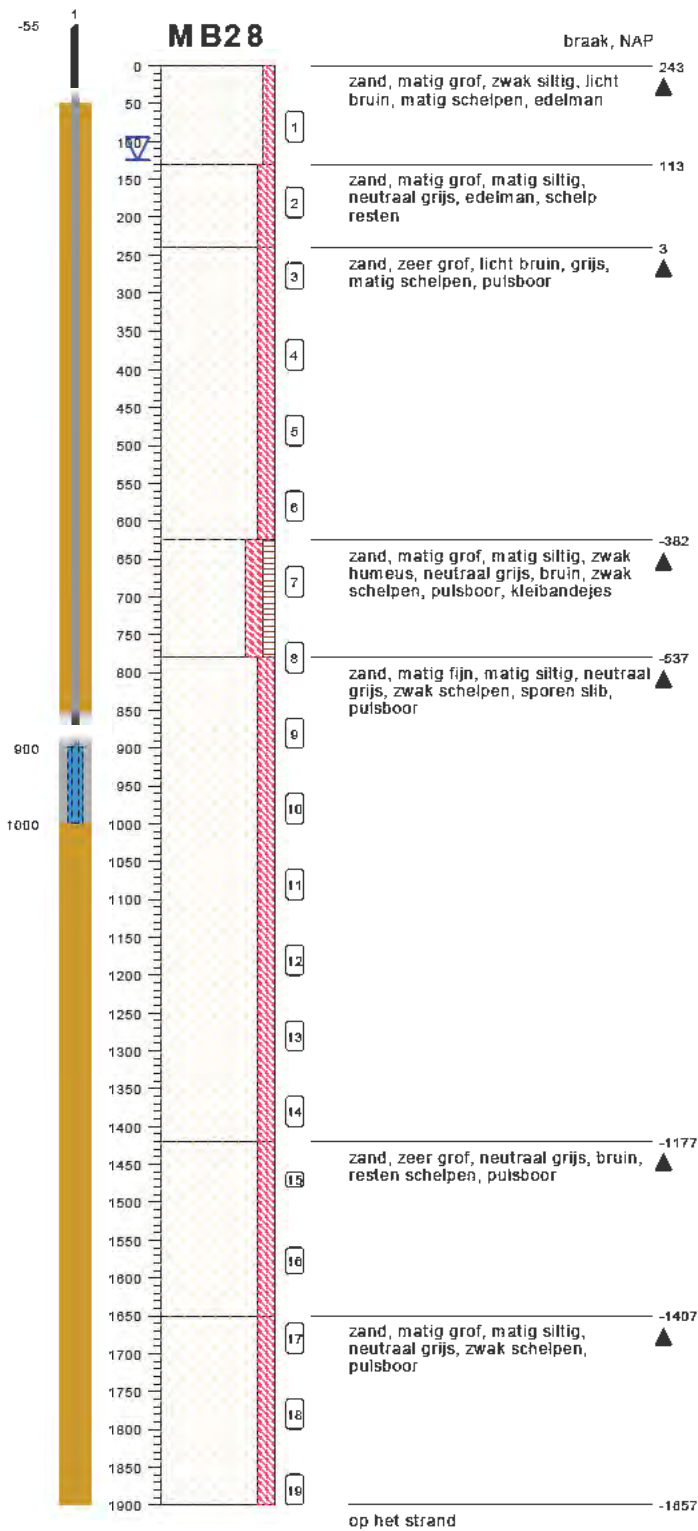
Sond. nr. : 30

RD-coördinaten : X = 34384.22 Y = 401318.81

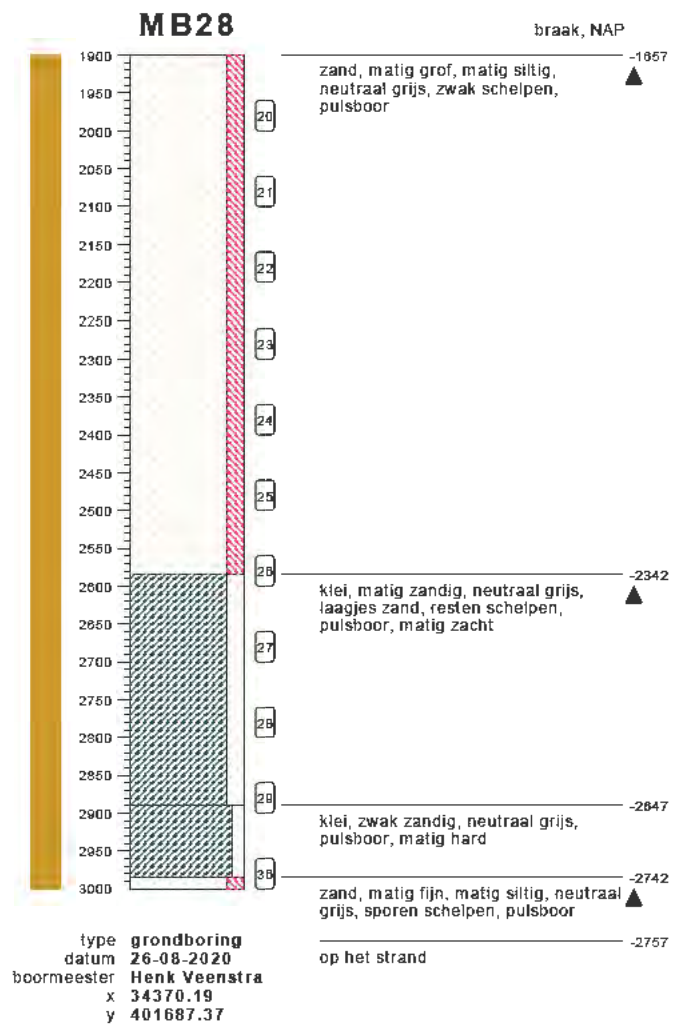


0522 - 260 084



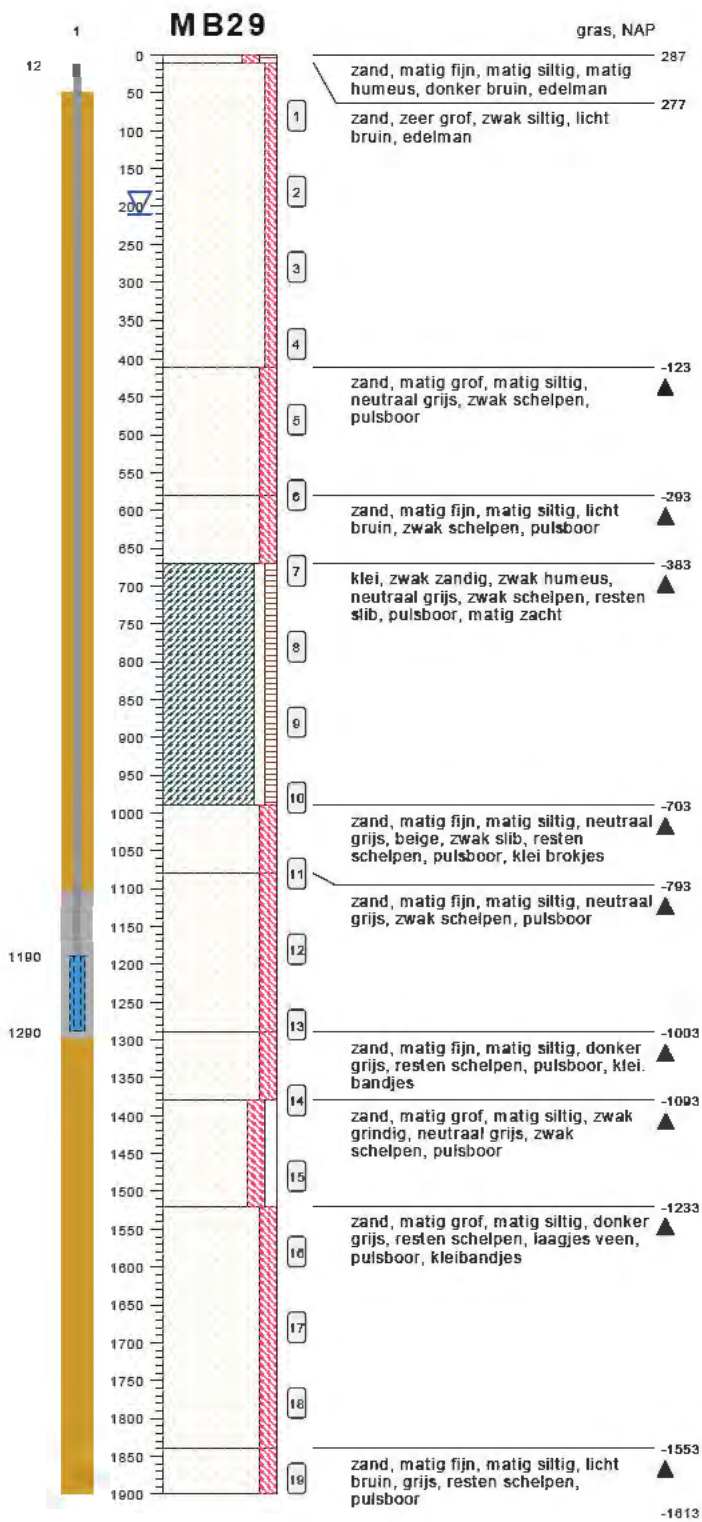


type **grondboring**  
 datum **26-08-2020**  
 boormeester  
 x **34370.19**  
 y **401687.37**

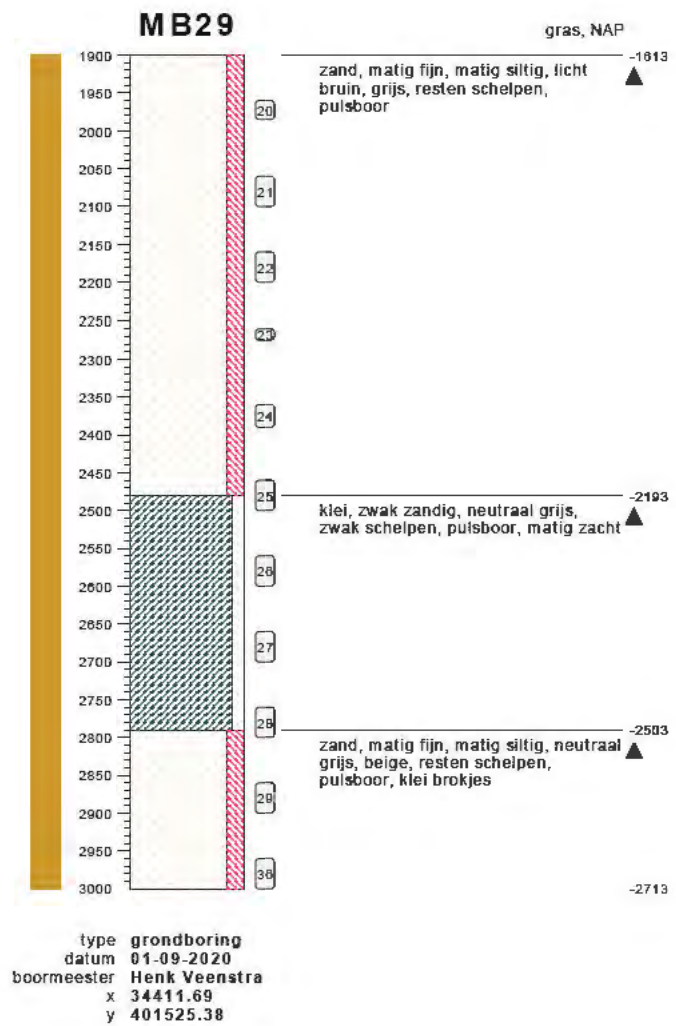


**bodemprofielen schaal 1:100**

onderzoek **Borssele Ver Alpha**  
 projectcode **2020-1142**  
 getekend conform **NEN 5104**  
 opmerking **concept lab**

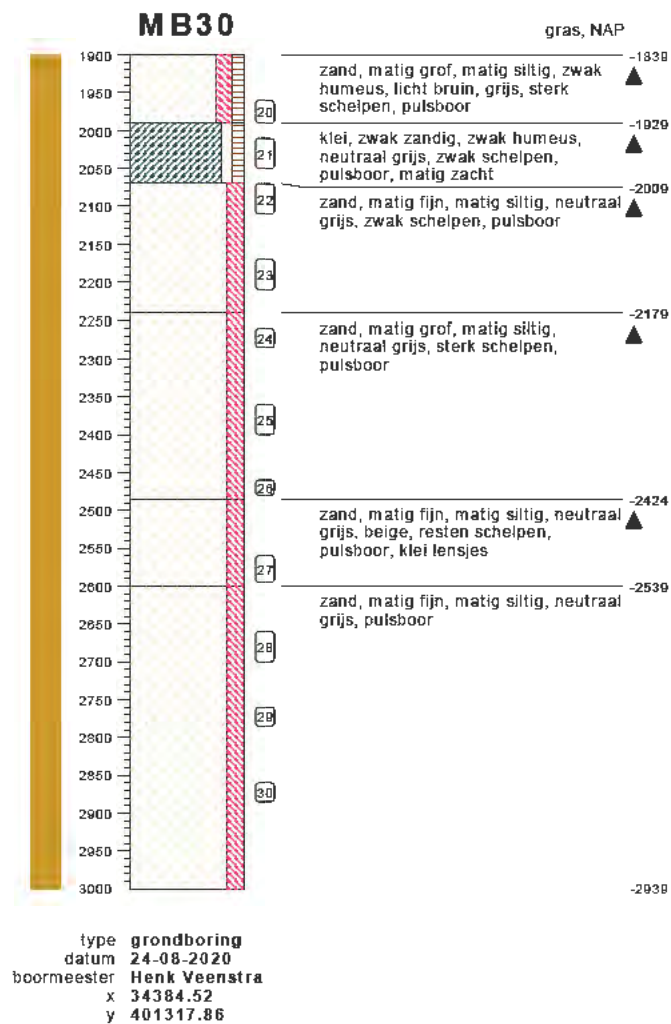
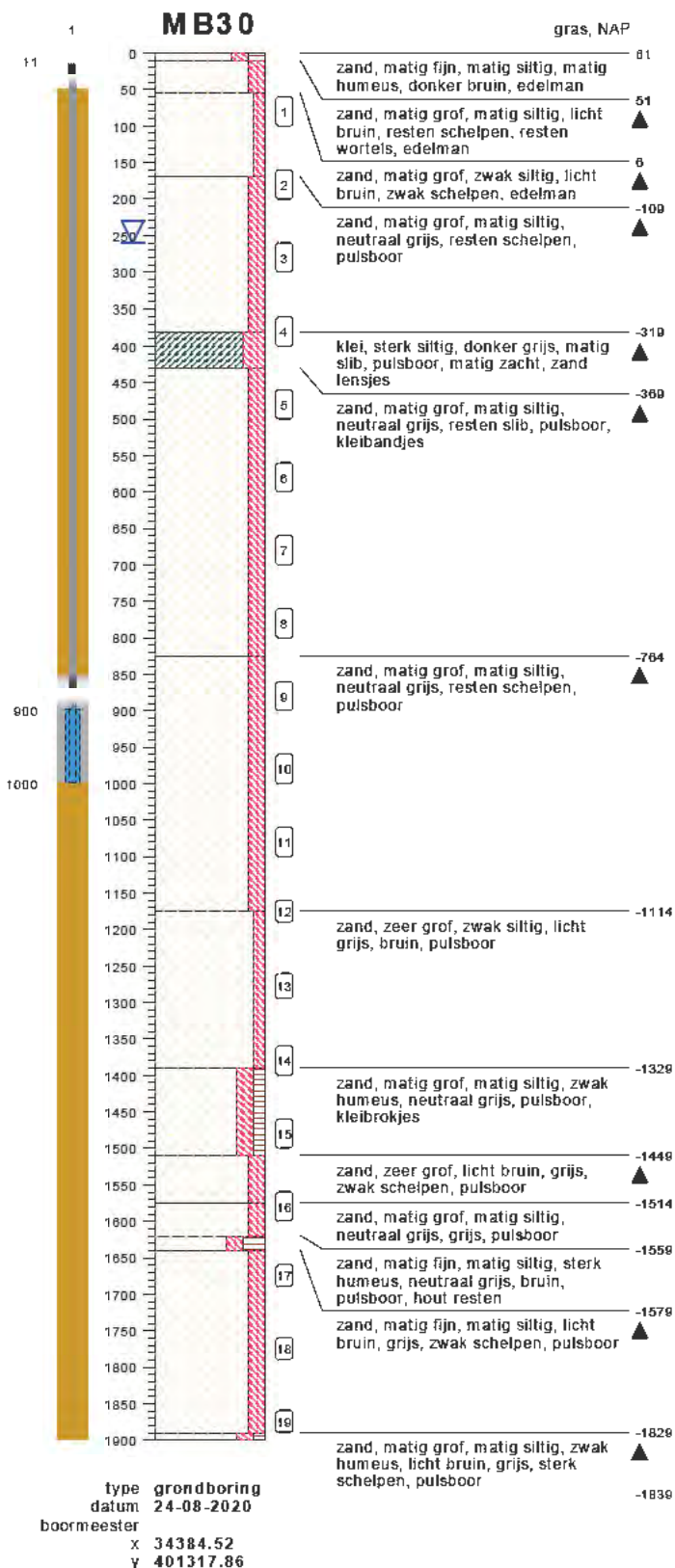


type **grondboring**  
 datum **01-09-2020**  
 boormeester **[redacted]**  
 x **34411.69**  
 y **401525.38**



**bodemprofielen schaal 1:100**

onderzoek **Borssele Ver Alpha**  
 projectcode **2020-1142**  
 getekend conform **NEN 5104**  
 opmerking **concept lab**



**bodemprofielen schaal 1:100**

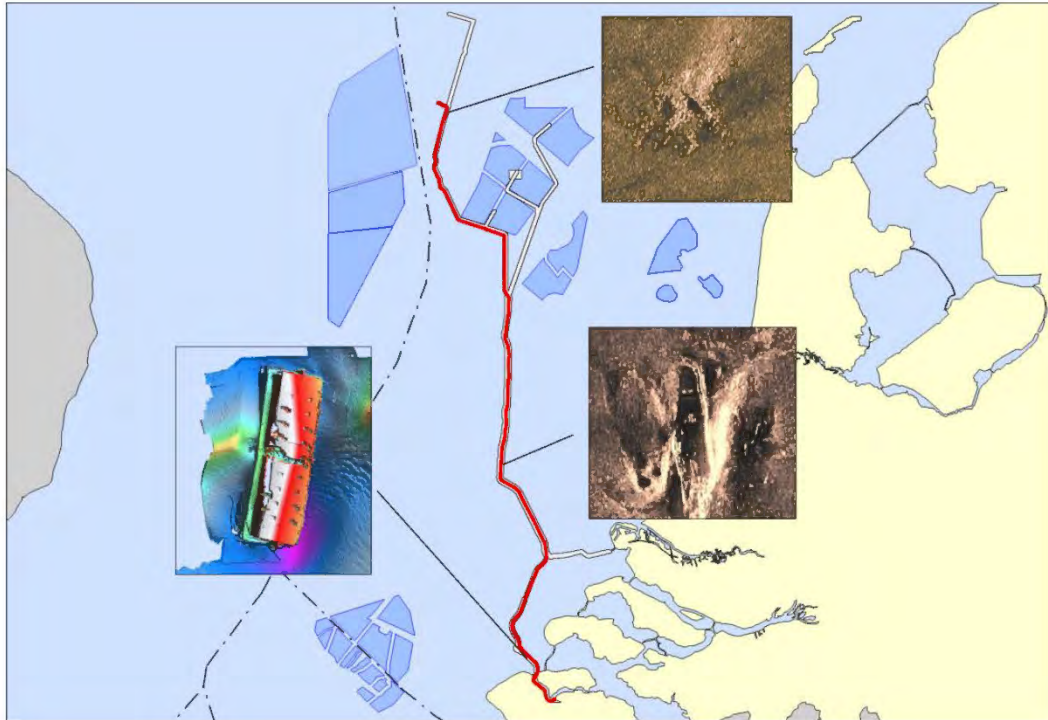
onderzoek **Borssele Ver Alpha**  
 projectcode **2020-1142**  
 getekend conform **NEN 5104**  
 opmerking **concept lab**

# Net op Zee – Nederwiek 1

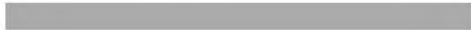
## **Aanvraag watervergunning Rijkswaterstaat**

Bijlage 18: Inventariserend archeologisch veldonderzoek - opwateronderzoek

**Net op zee Nederwiek 1**  
 An archaeological assessment  
 Of geophysical and geotechnical survey results



**Authors**



At the request of  
**Arcadis Nederland BV**  
 On behalf of  
**TenneT TSO BV**

Document Control	
<b>Document 22A027-02 Nederwiek 1 – an archaeological assessment of geophysical &amp; geotechnical survey data</b>	
Revision	3.0 (Final)
Date	11-09-2023
Periplus Archeomare Reference	22A027-02
TenneT reference	Net op zee Nederwiek 1

Reviewers	
Organization	Name
TenneT	[Redacted]
Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed	[Redacted]
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat	[Redacted]
Rijkswaterstaat	[Redacted]

## Colophon

Periplus Archeomare Report 22A027-02

Net op Zee Nederwiek 1 – An archaeological assessment of geophysical & geotechnical survey results

Authors: S. van den Brenk, R. van Lil and R.W. Cassée

At the request of Arcadis Nederland BV on behalf of TenneT TSO BV

Contact: T. Gaaff

© Periplus Archeomare, September 2023

Photographs and drawings are owned by Periplus Archeomare unless specified differently

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form or by any means without the prior permission of the Publisher. Periplus Archeomare BV does not accept any liability for damage resulting from the advice or the use of the results from this investigation.

ISSN 2352-9547

Revision details

Rev.	Description	Authors	Checked	Authorization	Date
3.0	Final version	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	11-09-2023
2.0	For Authority Comments	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	07-08-2023
1.0	For Client Comments	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	01-05-2023

Authorization:



### Periplus Archeomare BV

Kraanspoor 14

1033 SE – Amsterdam

Tel: 020-6367891

Email: [info@periplus.nl](mailto:info@periplus.nl)

Website: [www.periplus.nl](http://www.periplus.nl)

## Table of contents

<b>Samenvatting (Abstract in Dutch)</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Introduction</b> .....	<b>10</b>
1.1 Background.....	10
1.2 Intended cable laying operations .....	11
1.3 Results desk study .....	13
1.4 Objective .....	13
1.5 Research questions .....	13
<b>2 Methodology</b> .....	<b>15</b>
2.1 Introduction.....	15
2.2 Geophysical and geotechnical surveys.....	16
2.3 Known objects .....	16
2.4 Archaeological assessment of survey data.....	17
2.5 Data Analysis .....	20
<b>3 Results</b> .....	<b>23</b>
3.1 Seabed bathymetry and morphology.....	23
3.2 Known objects: As Found positions versus database positions .....	24
3.3 Side scan sonar .....	25
3.4 Multibeam .....	30
3.5 Magnetometer .....	31
3.6 Subbottom data.....	34
<b>4 Synthesis</b> .....	<b>44</b>
<b>5 Summary and recommendations</b> .....	<b>50</b>
<b>List of Figures</b> .....	<b>54</b>
<b>List of tables</b> .....	<b>54</b>
<b>Glossary and abbreviations</b> .....	<b>55</b>
<b>References</b> .....	<b>56</b>
<b>Appendix 1. Potential Archaeological sites</b> .....	<b>58</b>
<b>Appendix 2. Geological cross-sections along the Nederwiek 1 route trajectory</b> .....	<b>59</b>
<b>Appendix 3. Geological and archaeological timetable</b> .....	<b>63</b>
<b>Appendix 4. Schematic overview KNA Waterbodems version 4.1</b> .....	<b>64</b>
<b>Appendix 5. Geophysical and geotechnical survey report</b> .....	<b>65</b>

Table 1. Dutch archaeological periods

Period	Time in Years				
Post-medieval / Modern Times	1500	A.D.	-	Present	
Late medieval period	1050	A.D.	-	1500	A.D.
Early medieval period	450	A.D.	-	1050	A.D.
Roman Times	12	B.C.	-	450	A.D.
Iron Age	800	B.C.	-	12	B.C.
Bronze Age	2000	B.C.	-	800	B.C.
Neolithic (New Stone Age)	5300	B.C.	-	2000	B.C.
Mesolithic (Stone Age)	8800	B.C.	-	4900	B.C.
Palaeolithic (Early Stone Age)	300.000	B.C.	-	8800	B.C.

Table 2. Administrative details

Location:	North Sea, Noord-Beveland, Veere en Middelburg	
Toponym Dutch:	Net op Zee Nederwiek 1	
Chart:	1801-01, 42W & 48W	
Coordinates	Centre	E 436 144 - N 5 813 599
Geodetic datum: ETRS89	NW	E 514 162 – N 5 909 712
Projection: UTM31N	NE	E 567 805 – N 5 909 712
	SW	E 514 162 – N 5 707 570
	SE	E 567 805 – N 5 707 570
Depth (LAT):	0 to 42.8 meters, average of 26.1 meters	
Area surveyed	488.8 km <sup>2</sup>	
Environment:	Tidal currents, saltwater	
Area use:	Shipping, fishing; oil and gas industry	
Area administrator:	Rijkswaterstaat Zee en Delta	
Competent authority	Rijkswaterstaat Zee en Delta	
Advising body	Dutch Cultural Heritage Agency	
ARCHIS-research report (CIS-code):	5387646100	
Periplus-project reference:	22A027-02	
Period	March – April 2023	



## Samenvatting (Abstract in Dutch)

Arcadis Nederland BV heeft namens Tnet TSO BV Periplus Archeomare BV opdracht verleend om de resultaten van de geofysische en geotechnische surveys van de exportkabel Net op Zee Nederwiek 1 archeologisch te beoordelen.

De eerste stap in het proces van archeologisch onderzoek (= AMZ-cyclus) is het bureauonderzoek. Het bureauonderzoek heeft uitgewezen dat in het onderzoeksgebied overblijfselen van scheepswrakken, resten van gevechtsvliegtuigen uit WOII en prehistorische landschappen en daaraan gerelateerde archeologische resten verwacht kunnen worden.

De tweede stap in de AMZ-cyclus is de analyse en beoordeling van geofysische survey data. Het doel van deze beoordeling is de archeologische verwachting van het bureauonderzoek te toetsen. Voor deze toets zijn in het 489 km<sup>2</sup> omvattende onderzoeksgebied side scan sonar, magnetometer, multibeam echo sounder en subbottom profiler data geanalyseerd.

Binnen het onderzochte gebied is aan 53 sonarcontacten een archeologische verwachting toegekend.

Langs de Nederwiek 1-route vallen 6 van de sonarcontacten binnen 100 meter van de route (zie tabel *'Exposed contacts (side scan sonar) of potential archaeological value within 100 meters from Nederwiek 1 route'* in de Engelstalige samenvatting). Aan deze sonarcontacten is een archeologische verwachting toegekend totdat het tegendeel bewezen is na aanvullend onderzoek door een gecertificeerde archeoloog.

### Magnetische anomalieën

Op 87 locaties zijn magnetische anomalieën met een piek-tot-piekwaarde van meer dan 500 nT in kaart gebracht. Deze anomalieën kunnen correleren niet met bekende objecten zoals pijpleidingen of kabels. De anomalieën kunnen verband houden met ijzerhoudende objecten die van mogelijk archeologisch belang zijn. De objecten die deze anomalieën veroorzaken zijn niet zichtbaar op side scan sonar- of multibeambeelden en worden daarom als afgedekt in de zeebodem beschouwd. De aard van deze objecten is niet bekend. Naast archeologische objecten kunnen de anomalieën daarom ook door niet-archeologische objecten zoals niet-ontpofte explosieven, ankers en verloren of gedumpt materiaal veroorzaakt zijn. Zolang de aard van deze objecten niet is bepaald, worden de objecten als potentieel archeologisch waardevol beschouwd.

Langs de Nederwiek 1-route vallen 15 van de magnetometercontacten binnen 100 meter van de route (zie tabel *'Buried contacts (magnetometer) of potential archaeological value within 100 meters from Nederwiek 1-route'* in de Engelstalige samenvatting).

Volgens de richtlijnen van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) mogen geen verstoringen van de zeebodem plaatsvinden binnen 100 meter van elk van de gemarkeerde locaties. De bufferzone van 100 meter is een standaard die van toepassing is en dient ter bescherming van het cultureel erfgoed. Rijkswaterstaat is de handhavende autoriteit namens het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

De 100 m bufferzone kan worden verkleind als kan worden onderbouwd dat de toegepaste verstoring geen invloed heeft op het archeologische object; bijvoorbeeld wanneer tijdens kabellegoperaties geen ankers worden gebruikt. Verkleining van de afstand moet worden goedgekeurd door Rijkswaterstaat (RWS). De Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) treedt hierbij op als adviseur van Rijkswaterstaat. Als er activiteiten plaatsvinden binnen 100 meter van een potentiële archeologische locatie, zal in overleg met de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) per geval bekeken moeten worden of deze 100 meter afstand gehandhaafd moet worden.

Alle locaties van potentieel archeologisch belang worden weergegeven de afbeelding *'Locations of potential archaeological interest including Areas to be avoided.'* in de Engelstalige samenvatting. Alle locaties van potentieel archeologisch belang, inclusief een bufferzone van 100 m, worden in deze afbeelding weergegeven.

Als het niet haalbaar is om de gemelde magnetometer anomalieën te vermijden, is aanvullend onderzoek nodig om de archeologische waarde van de objecten die de anomalieën veroorzaken te bepalen.

Als vervolg op het huidige geofysische onderzoek wordt aanvullend gedetailleerd onderzoek naar UXO's uitgevoerd. De resultaten ter plaatse van de potentieel archeologische locaties te dienen archeologisch te worden beoordeeld. Indien uit de beoordeling blijkt dat een object/objecten niet van archeologische waarde is/zijn, kan de betreffende locatie worden vrijgegeven. De resultaten van dit onderzoek moeten als bijlage aan het onderhavig rapport worden toegevoegd.

### **Prehistorische landschappen en gerelateerde archeologische resten**

Het onderzoek van seismische gegevens, vibrocore-beschrijvingen en CPT-logs heeft aangetoond dat een intacte, goed bewaarde sequentie van laat-Pleistocene en vroeg-Holocene landschappen lokaal langs de kabelroute bewaard kan zijn gebleven. Het is niet mogelijk om specifieke plekken aan te wijzen waar het Pleistocene landschap intact is. Daarom kan niet worden uitgesloten dat in een deel van het traject intacte, goed bewaarde prehistorische landschappen en daaraan gerelateerde archeologische resten worden aangetast door de installatie van de kabels. Vanwege de kleine omvang van laat-paleolithische en mesolithische kampplaatsen is het erg moeilijk om deze locaties op te sporen en in kaart te brengen. Maatregelen om verstoring van deze kampplaatsen te voorkomen vormen daarom geen optie.

De analyse van vibrocore-monsters biedt de mogelijkheid om belangrijke informatie te verkrijgen over de ontwikkeling van late-Pleistocene en vroeg-Holocene terrestrische en aquatische landschappen die worden doorkruist door de kabels. Geadviseerd wordt om specialistisch onderzoek uit te voeren. Dit onderzoek bestaat uit AMS 14C en/of OSL-dateringen, en de analyse van palynomorfen en microfossielen. De selectie van vibrocores en monsterintervallen moet, in overeenstemming met de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie, worden opgenomen in een Plan van Aanpak. Voorgesteld wordt om vooral te richten op bemonstering met een groot interval op een beperkt aantal representatieve vibrocores.

## Summary

Arcadis Nederland BV on behalf of TenneT TSO BV has contracted Periplus Archeomare B.V. to conduct an archaeological assessment of geophysical and geotechnical survey results of the export cable route Net op Zee Nederwiek 1.

A large quantity of survey data (*side scan sonar, magnetometer, multibeam echo sounder and subbottom profiling*) recorded within the survey corridor covering a total area of 489 km<sup>2</sup> have been analysed in order to conduct an archaeological assessment.

The current analysis of geophysical survey results is the second step in the AMZ-cycle, following the desk study. The purpose of this assessment is to test the desk study-based expectancy for archaeological remains in the area. The expectancy covers remains of shipping related objects (wrecks), airplanes from World War II and prehistoric settlements.

Within the surveyed area, an archaeological expectation was assigned to a total of 53 contacts. In accordance with the directive from the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE), no seabed disturbances should be carried out within 100 meters of each of the marked locations. If any activities will take place within 100 meters of a potential archaeological location, it will be examined on a case-by-case basis whether the 100 meters should be maintained in consultation with the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE). The listed side scan sonar contacts are considered to be of archaeological value until it is proven not to be through an additional assessment done by a certified archaeologist.

Along the Nederwiek 1 route, 6 of the sonar contacts fall within 100 meters of the route.

ID	E	N	Distance to the cable route (m)	Location
SSS_LOC_IJVM_40372	544298	5713143	12	Veerse meer
SSS_LOC_IJVM_40370	548023	5708143	16	Veerse meer
SSS_WIN_IJVM_60125	547506	5709051	19	Veerse meer
SSS_LOC_IJVM_40817	544969	5712546	57	Veerse meer
SSS_LOC_IJVM_40553	548641	5707654	72	Veerse Meer
SSS_LOC_IJVM_40812	545032	5712482	82	Veerse meer

Table 3. Potential archaeological contacts within 100 meters from route Nederwiek 1

### Magnetic anomalies

At 87 locations magnetic anomalies with a peak-to-peak value over 500 nT have been mapped which cannot be related to known objects like pipelines or cables and may be of potential archaeological interest. The objects that cause these anomalies are not visible on side scan sonar or multibeam images and are therefore considered to be buried in the seabed. These objects could, apart from archaeological objects, include debris, UXO, lost anchors, et cetera. As long as the character of these objects has not been determined, the objects are considered to be of potential archaeological interest.

Along the Nederwiek 1 route, 15 of the magnetometer contacts fall within 100 meters of the route.

Anom_ID	Amplitude	Easting	Northing	Distance to the cable route(m)	Location
MAG_LOC_VM_406	1119,8	545790	5711942	2	Veerse meer
MAG_WIN_60151	708,3	544468	5715314	18	Veerse meer
MAG_LOC_VM_400	2437,9	548766	5707682	23	Veerse meer
MAG_LOC_VM_408	713,3	544378	5713045	25	Veerse meer
MAG_LOC_VM_400	559,4	549210	5707810	26	Veerse meer
MAG_LOC_VM_406	807,7	545936	5711811	38	Veerse meer
MAG_LOC_VM_400	1170,9	549197	5707819	39	Veerse meer
MAG_GVA_01029	3518,62	547291	5753400	39	North Sea
MAG_POS_50043	932,42	549962	5708186	46	Veerse meer
MAG_LOC_VM_408	570,5	544526	5712869	47	Veerse meer
MAG_LOC_VM_401	816	547976	5708277	50	Veerse meer
MAG_LOC_VM_400	753,9	548526	5707705	50	Veerse meer
MAG_LOC_VM_403	566,1	547217	5710468	75	Veerse meer
MAG_COB_02080	599,53	516229	5883008	94	North Sea
MAG_WIN_60192	839,8	544499	5715470	99	Veerse meer

Table 4. Potential archaeological magnetometer contacts within 100 meters from route Nederwiek 1

In accordance with the directive from the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE), no seabed disturbances should be carried out within 100 meters of each of the marked locations. If any activities will take place within 100 meters of a potential archaeological location, it will be examined on a case-by-case basis whether the 100 meters should be maintained in consultation with the RCE. The listed magnetometer contacts are considered to be of archaeological value until proven otherwise through an additional assessment by a certified archaeologist. All locations of potential archaeological interest are shown in figure 1.

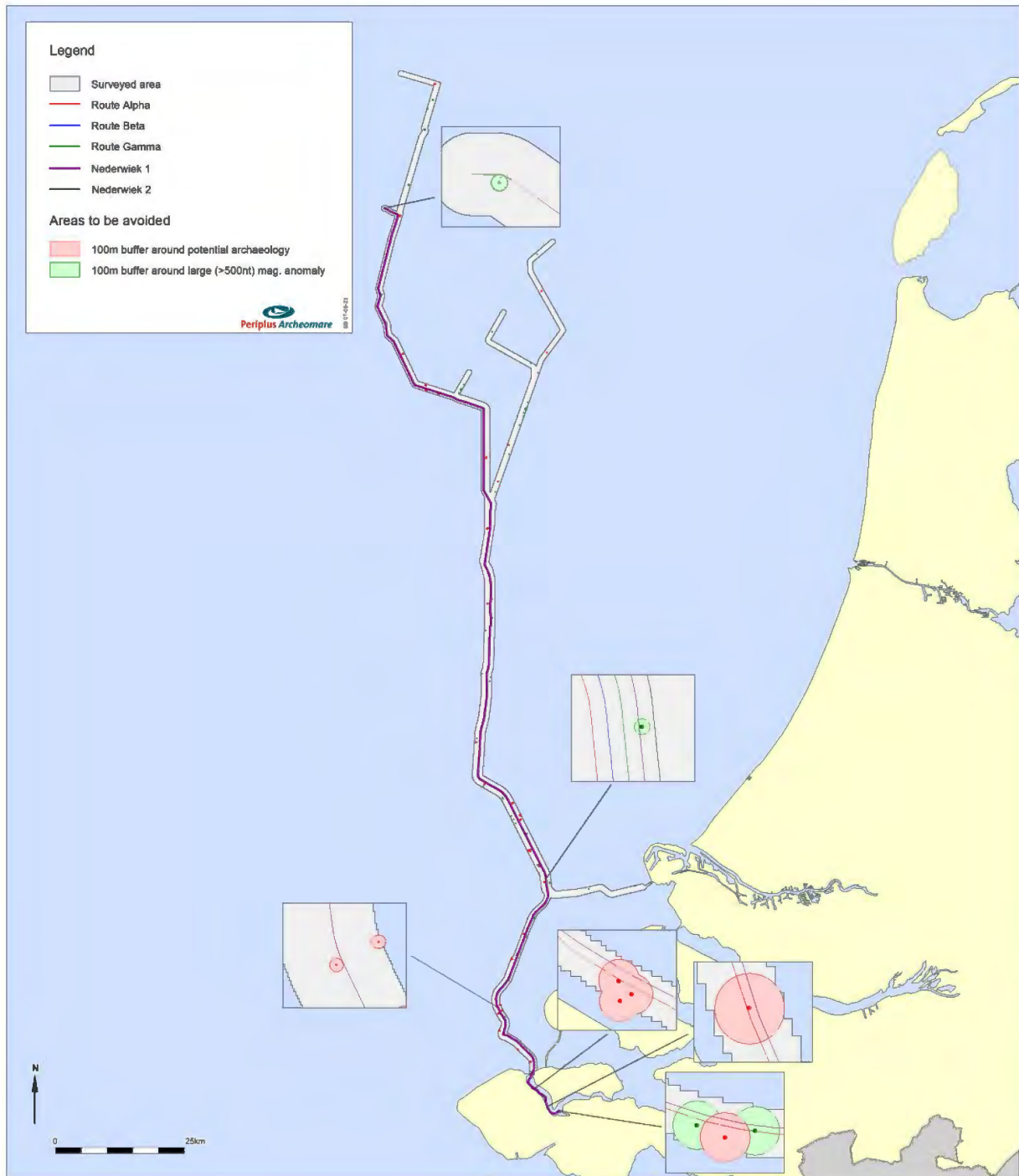


Figure 1. Advice - Sites to be avoided along the Nederwiek 1 route including a 100-meter buffer zone.

The buffer zone of 100 meters is a standard that applies to the protection of cultural heritage. However, this distance may be reduced if it can be substantiated that the applied disturbance has no effect on the archaeological object. For example, when no anchoring is used during cable lay operations the buffer zone can be decreased. The reduction of the distance has to be approved by Rijkswaterstaat (RWS). Rijkswaterstaat is the enforcing authority, acting on behalf of the Ministry of Economic Affairs and Climate Policy. The Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE) acts as an advisor to Rijkswaterstaat.

If it is not feasible to avoid the reported *magnetometer* locations, additional research is required in order to determine the actual archaeological value of the reported locations. It is advised that the UXO research

within 100 meters of the *magnetometer* anomalies are carried out under archaeological supervision. Depending on the outcome of the UXO research it can be decided if additional archaeological investigation (for instance through ROV or dive investigations) is needed. If the UXO research indicates that the object has no archaeological value, the location can be omitted. The results of the UXO research will be published in an addendum.

### **Prehistoric landscapes and related archaeological remains**

The assessment of seismic data, vibrocore descriptions and CPT-logs has shown that an intact well-preserved sequence of Late Pleistocene and Early Holocene landscapes could locally have been preserved along the cable route. It is not possible to specifically target the areas where the Pleistocene landscape is intact. Therefore, it cannot be excluded that in part of the trajectory intact well-preserved prehistoric landscapes and possible archaeological remains contained herein are affected by the installation of the cables. However, due to the small size of Late Paleolithic and Mesolithic campsites it is exceedingly difficult to trace and map these sites. Generally, these campsites do not exceed a few m<sup>2</sup>. Therefore, it is not possible to take mitigating measures to prevent disturbance of sites.

The analysis of vibrocore samples offers an opportunity to gain valuable information on the development of Late Pleistocene and Early Holocene terrestrial and aquatic landscapes which are crossed by the cables. It is advised to conduct specialist research, including AMS <sup>14</sup>C age dating, pollen, diatom, foraminifera, and ostracod analysis. The designation of vibrocores and sample intervals shall, in accordance with the Dutch Quality Standard (Dutch: Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie) be documented in a Plan of Action. It is suggested to focus on a limited number of representative vibrocores, from which a large number of intervals are sampled, instead of selecting a large number of vibrocores from which a small number of samples are taken.

During the installation of the cables, archaeological objects may be discovered which were completely buried or not recognized as an archaeological object during the geophysical survey. We recommend archaeological supervision based on an approved Program of Requirements. Following this recommendation would prevent delays during the work when unexpectedly archaeological remains are found. In accordance with the Erfgoedwet, it is required to report those findings to the enforcing authority (Rijkswaterstaat). This notification must also be included in the scope of work.

## 1 Introduction

Arcadis Nederland BV on behalf of TenneT TSO BV has contracted Periplus Archeomare BV to conduct an archaeological assessment of geophysical and geotechnical survey results of the export cable route Net op Zee Nederwiek 1.

The surveyed area, covering 167 km<sup>2</sup>, is located in the North Sea, north of Zeeland. The results of the assessment are supplemented with the geophysical and geotechnical survey results of the export cables route to the IJmuiden Ver Wind Farm Zone, so that the total research area amounts to 489 km<sup>2</sup>.

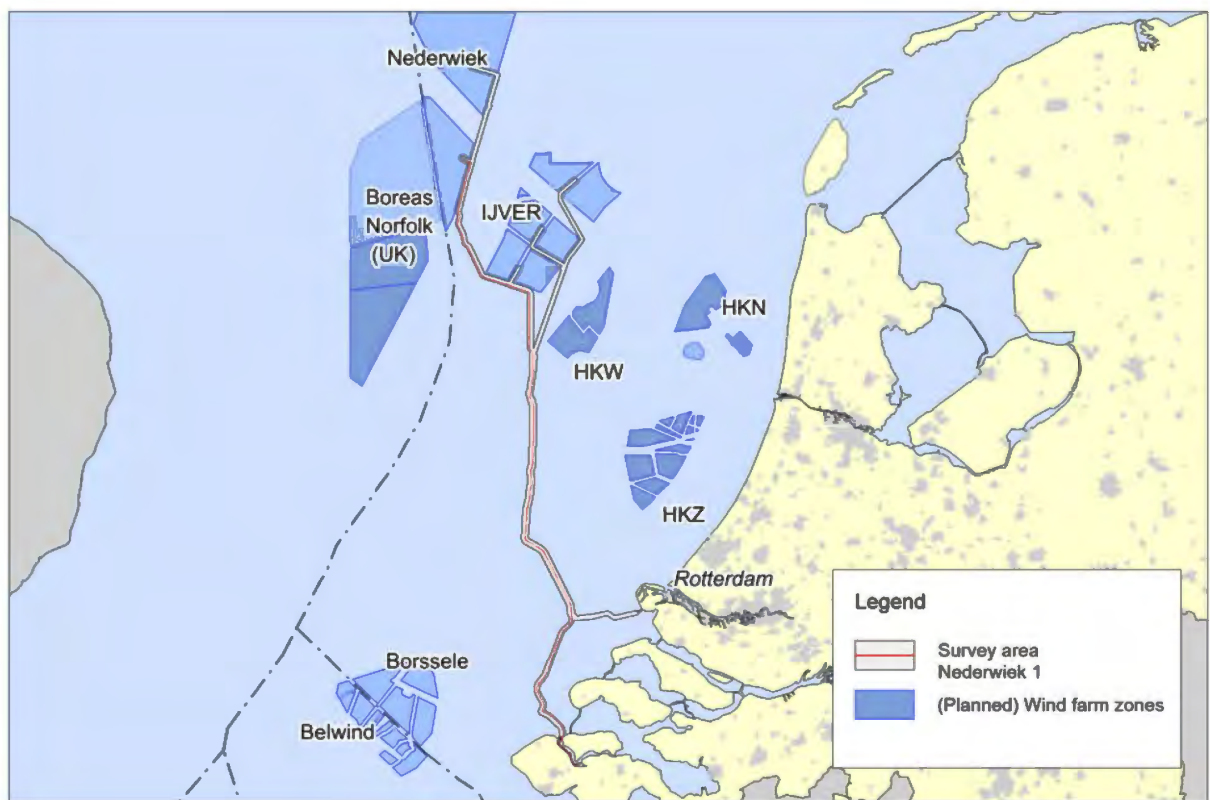


Figure 2. Location map of area of investigation

### 1.1 Background

The Netherlands has formulated ambitious objectives for reducing CO<sub>2</sub> emissions, and related to that, producing sustainable energy. Offshore wind energy plays a prominent role in this policy, as laid out in the 2019 Climate Agreement. The North Sea is a favourable place for offshore wind energy because of the relatively shallow water depth and the favourable wind climate. Furthermore, there are good ports and (industrial) energy consumers nearby.

In 2019 offshore wind farms with a total capacity of approximately 1 gigawatt (GW) were operational in the Dutch part of the North Sea. In line with the Energy Agreement for Sustainable Growth (2013) in the years 2020-2023 approximately every year an offshore wind farm of 0.7 GW will be built in the Wind Farm Zones Borssele, Hollandse Kust (zuid) and Hollandse Kust (noord).

From 2024 to 2030, further out to sea offshore wind farms will follow to the west and north in (parts of) the Wind Farm Zones Hollandse Kust (west), Ten Noorden van de Waddeneilanden, IJmuiden Ver, and Nederwiek. In 2030 a total capacity of approximately 11 GW of offshore wind farms will be realized with a target production of 49 TWh as defined in the Climate Agreement. The wind farms then supply 8.5% of all energy in the Netherlands and 40% of our current electricity consumption.

In the Erfgoedwet<sup>1</sup> the protection of the archaeological heritage is embedded. Planned activities, such as the installation of a wind farm in the North Sea, may affect the archaeological values if present. If the remains are in jeopardy, there is a statutory obligation to conduct archaeological research. In line with this obligation an archaeological desk study has been carried out.

An archaeological desk study is the first step in the so-called AMZ cycle (Archeologische Monumenten Zorg). The AMZ cycle includes a description of procedures for subsequent phases of archaeological research to be performed in order to ensure the protection of archaeological heritage in the Netherlands.

The second phase of the AMZ cycle is an inventory archaeological field study. As a rule, this field study comprises a geophysical survey of the seabed. From July to December 2022 Next Geosolutions, Shore Monitoring and Research, and DEEP BV conducted a geophysical route survey combined with a geotechnical campaign.

The survey conducted was not primarily set to provide data to be used in the course of archaeological research. However, a scan of the raw survey data proves these data to be fit for an archaeological assessment as stated in the Program of Requirements<sup>2</sup>.

The separate phases of the AMZ-cycle are embedded in the Dutch Quality Standard for Archaeology (KNA Waterbodems 4.1). This standard dictates a mandatory workflow for archaeologists. A detailed description of the different phases of archaeological research is included in appendix 4.

## 1.2 Intended cable laying operations

TenneT aims to keep the life cycle costs as low as possible when installing the cables. These costs include the financial costs for construction, management, and maintenance and for disposal, the costs for the environment and the costs of nuisance for other users of the sea. Cables are primarily protected from external threats such as towed gear and anchors by the ground cover on those cables. The seabed of the North Sea is constantly in motion. At the landfall of the cables, shedding occurs during storms, the profile of the coast and the sandbanks are constantly in motion and further out to sea, the cable routes traverse extensive areas with sand waves. Sand waves are a type of underwater dunes that can be several meters high, have a wavelength of several hundred meters and move several meters per year. If all this mobility of the seabed and of the landfall were not taken into account during the laying of the cables, a situation quickly arises during the use of the cables in which the ground cover no longer meets the requirements in places along the cable routes. Maintenance of the burial depth is then necessary. Until such maintenance is performed, the cable is exposed to an increased risk of damage from external threats. In order to keep

---

<sup>1</sup> De Erfgoedwet became effective on the 1st of July 2016.

<sup>2</sup> Van den Brenk and van Lil, 2021.



the life cycle costs as low as possible, TenneT has opted for a “bury and would like to forget” policy, whereby the mobility of the seabed is taken into account when determining the initial burial depth of the cables, without the cables being buried deeper than is strictly necessary.

In practice, this means that the cables on the landfall are buried between 5 and 8 meters deep, in order to be able to continue to meet the current requirements of the permits over their lifetime. The permits prescribe a permanent ground cover of 3 meters for that zone. Further out to sea, where the permits and TenneT's own policy prescribe a ground cover of 1.0 to 1.5 metres, the cables are buried in such a way that even after the migration of the sand waves in 40 years (lifespan of the cables) the ground cover still likely meets all requirements. For the areas where the cables are located in shipping routes or in the vicinity of shipping routes, there is a requirement of at least 1.5 meters of ground cover and in areas further away from the shipping routes a requirement of at least 1.0 meters of ground cover.

In order to be able to have this realized by the contractors who install the cables, TenneT defines, on the basis of seabed mobility studies, a so-called “Non-Mobile Reference Level” (NMRL) prior to the tender, which is a predicted location of the lowest seabed level for the life of the cables. In practical terms, this means that the cables in the valleys between the sand waves will be buried just over 1.0 – 1.5 meters, depending on the locally applicable requirement, and below the sand waves about as much deeper as the sand waves are high.

The available laying methods for cables at sea can be divided into dredging and burial. Burial can be divided into "simultaneous lay and burial" burial and "post lay burial" burial.

During dredging, a trench is dredged in the seabed prior to laying and/or burying the cables. The cable is then laid in that trench or buried in the bottom of that trench. The trench is filled with sediments after the cables have been laid and/or buried if this is necessary to meet the required burial depth after installation. When the cables are buried in the seabed after dredging to the required depth at installation, the dredged trench does not need to be backfilled with after installation to meet the burial depth requirements after installation. Dredging prior to cable installation is also used to reduce the influence of seabed mobility on the cable burial depth, for example by dredging mobile sand waves. In that case, the dredging prior to cable installation is called “pre sweeping”.

Burying the cable can be done at the same time as laying the cable. In that case there is talk of "simultaneous lay and burial". A cable can also first be laid on the seabed and then buried in the seabed in a separate working passage. This is called “post lay burial”.

There are various techniques for burying a cable in the seabed. In particular, the required burial depth, the composition and the strength of the sediments determine which technique can be used. In sand and less strong sediments, a cable with spray lances can be buried in the seabed. The seabed sediments are then loosened with water jets and the cable can be brought to depth. Burying cables in cohesive soils, such as heavier clay and peat, requires mechanical loosening of the sediment before the cable can be buried. A chain cutter or a cable plough pulled through the ground can be used for this.

### 1.3 Results desk study

In 2022 an archaeological desk study has resulted in specific information on the archaeological remains which are to be expected within the proposed cable corridor. The study has shown that (remains of) shipwrecks, WWII plane wrecks and prehistoric remains are to be expected in the area<sup>3</sup>.

### 1.4 Objective

The purpose of the archaeological assessment is to test the desk study-based expectancy for archaeological remains in the area. The expectancy covers remains of shipping related objects (wrecks), airplanes from World War II and prehistoric settlements.

The goals set for this assessment are:

- To determine the historical or archaeological value of contacts found in the geophysical survey;
- To validate the locations of known wrecks;
- Assess the prehistoric landscape based on the seismic data and geotechnical results.

The requirements for the archaeological assessment are defined in a Program of Requirements (Dutch: PvE)<sup>4</sup>.

### 1.5 Research questions

For the archaeological field study, the following research questions have been defined in the Program of Requirements:<sup>5</sup>

Primary question:

- *Are any archaeological remains present within the Area of Interest and to what extent are these remains traceable?*

With respect to side scan sonar, magnetometer and multibeam survey:

- *Are there any phenomena visible on the seabed? If so: What is the description of these phenomena? Do these phenomena have a man-made or natural origin?*
- *If these phenomena can be designated to be man-made: What classification can be attached?*
- *If these phenomena can be classified as archaeological: Is it possible to interpret the nature of the archaeological objects?*
- *If these phenomena can be identified as natural: What is the nature of these natural phenomena? Based on the acoustic image is it possible to designate zones of high, middle, or low activity on the seabed? If so: How can these zones be interpreted?*

---

<sup>3</sup> Van den Brenk, van Lil and Cassée 2022.

<sup>4</sup> Van den Brenk and van Lil, 2022

<sup>5</sup> Van Lil, van den Brenk and Cassée, 2021.

General:

- *What is the relation between the observed objects and the topography of the seabed? Based on this relationship can risk-prone areas be marked selectively? Risk-prone areas are areas where the probability of archaeological remains is considered to be high.*
- *If no acoustic phenomena can be observed: Are there any clues that this is a consequence of either natural erosion, sedimentation, or human interference?*

With respect to subbottom profiler- and sampling:

- *Based on seismic profiles and geotechnical data is it possible to map the Pleistocene landscape? If so: Can the expected buried Pleistocene units / landscapes be identified in the seismic data?*
- *What is the depth of the Pleistocene landscapes with respect to the present seabed and LAT? From Pleistocene to Holocene deposits is the transition gradual or instantaneous (erosive)?*
- *Can buried infilled channels be observed? If so: What are the characteristics of the channel structures in terms of spatial distribution (width, depth, shape, size), the composition of the channel filling, stratigraphic position, and age.*
- *Has peat / or clay been observed? If so: What is the spatial distribution (depth, extent), stratigraphic position and age of these deposits?*
- *Can zones be identified where prehistoric settlement remains can be expected? If so: Could these expected settlement remains be affected by the installation of the cables based on their vertical position related to the seabed?*
- *Are there any indications observed on the seismic profiles for the presence of buried (man-made) objects? If so: Based on the presence of buried objects and its correlation with side scan sonar, magnetometer and multibeam data can something be said about the nature of these buried objects?*

## 2 Methodology

### 2.1 Introduction

As part of the preparations for the cable-lay operation a geophysical and geotechnical survey has been carried out by Next Geosolutions, Shore Monitoring and Research, and DEEP BV in the period July to December 2022. The objectives and the general outcome of the survey activities including the minimum technical, functional, and procedural requirements are described in the survey report<sup>6</sup>.

The following methods have been deployed:

- side scan sonar (SSS);
- magnetometer (MAG);
- multibeam echo sounder (MBES);
- backscatter (BS);
- high resolution sub-bottom profiler (SBP);
- Vibrocores and grab sampling.

The results of the survey activities have been recorded in reports, listings, drawings, and images. The input for the archaeological assessment consists of the deliverables listed in table 5.

SSS	- event listings containing all contacts observed - georeferenced images of all contacts observed - mosaic files of all contacts listed
MAG	- event listings containing all anomalies observed
MBES	- validated <i>multibeam</i> XYZ point cloud dataset
SBP/UHR	- representative subbottom profiles - seismic unit XYZ grid data
Report	- survey reports

Table 5. Data used for the archaeological assessment

<sup>6</sup> Next Geosolutions 2023, document TTB\_07578, see appendix 5.

## 2.2 Geophysical and geotechnical surveys

Geophysical surveys took place between July and December 2022 using the MPSV Levoli Cobalt, SHORE Possibility, SHORE Presence, and DEEP's SV Breaker. An overview of the survey campaign and the employed survey methods is presented in the table below.

Region	Survey Type	Vessel	Survey		Survey Methods
			Start	End	
Offshore	Geotechnical	MPSV levoli Cobalt	08-07-2022	25-08-2022	Vibrocore, Cone; Penetration Test (CPT); Grab Sampler
Offshore	Geophysical	MPSV levoli Cobalt; DEEP's SV Breaker	26-08-2022	28-12-2022	Multibeam (MBES); Sub Bottom Profiler (SBP); Side Scan Sonar (SSS); Magnetometer
Nearshore	Geophysical	SHORE Presence; DEEP's SV Breaker	10-08-2022	14-09-2022	Multibeam (MBES); Sub Bottom Profiler (SBP); Side Scan Sonar (SSS); Magnetometer
Tidal zone	Geophysical	SHORE Possibility	01-08-2022	07-08-2022	Multibeam (MBES); Sub Bottom Profiler (SBP); Side Scan Sonar (SSS); Magnetometer
Beach	Geophysical	Not applicable	12-09-2022	12-09-2022	Magnetometer

Table 6: Overview of the survey campaigns and the employed survey methods.

195 geotechnical locations were investigated during the geophysical surveys. All locations comprised a Vibro Core (VC) and Cone Penetration Tests (CPT).

Details about the geophysical and geotechnical surveys can be found in the Integrated Geophysical & Geotechnical Report in Appendix 5.

## 2.3 Known objects

Next Geosolutions has summarized the *side scan sonar* contacts and *magnetometer* anomalies encountered within the survey area in detailed event listings. From different databases the occurrence of objects within the area is known, as described in the desk study<sup>7</sup>. The contacts included in the survey event listings are compared with the database objects in the area. For this comparison four different datasets are used:

- The Hydrographic Service database (hereafter referred to as Nlhono database);
- The Rijkswaterstaat SonarReg database (hereafter referred to as SR database);
- The Dutch Cultural Heritage Agency database ARCHIS;
- The Dutch Nationaal Contact Nummer database (hereafter referred to as NCN);

<sup>7</sup> Van den Brenk, van Lil and Cassée 2022.

### The National Contact Number (NCN)

The NCN database combines the data from three governmental databases:

- The wrecks register from the Hydrographic Service of the Royal Netherlands Navy;
- The SonarReg object database of Rijkswaterstaat;
- The ARCHIS database (the official archaeological database of the Ministry of Cultural Heritage)

The permission for the use of the NCN database for the analysis was granted by the owner (Rijkswaterstaat Sea and Delta).

- The NCN database contains all basic information (E, N, and description) of the Nlhono, SR and Archis databases. More detailed information is gathered through the other datasets.

In addition to shipwrecks information on contacts referred to as 'foul' or 'obstruction' is included. From these objects the origin is not always known, but information on the location, dimensions and other valuable information is listed. Besides the databases other sources containing information on wrecks and historic finds are consulted for comparison with the survey results.

All known data is combined and plotted in a GIS. In this way an overview is made of the areas in which archaeological remains are present or to be expected. The known contacts are a reference framework for the assessment of data recorded during the route survey.

## 2.4 Archaeological assessment of survey data

The geophysical and hydrographic survey techniques employed include *side scan sonar* (SSS), *magnetometer* (MAG), *multibeam* (MBES), and high resolution subbottom profiling (SBP). The natures of those methods differ, with coherent strengths and weaknesses.

Table 7 provides a summary of the objective(s) the methods employed and the nature of those methods in terms of seabed penetration and coverage. Data are cross correlated because the methods are complementary. E.g., *multibeam* data can aid in the interpretation of a *side scan sonar* contact by providing information on its height with respect to the surrounding seabed, the occurrence of scouring next to the contact, and the accuracy and precision of the object. CPT's and borehole data can aid in the determination of geological units from seismic strata.

Method	Objective	Seabed		Accuracy and Precision	Cross Correlation
		Penetration	Coverage		
SSS	Identification of outcropping objects; seabed classification	No	Full	High	MBES / MAG
MBES	Charting of seabed morphology; identification of scours	No	Full	Very high	SSS
MAG	Identification of magnetic anomalies induced by ferromagnetic objects	Yes*1	Full*2	Accuracy = high Precision = poor*3	SSS
SBP	Identification of seismic strata and buried objects such as pipelines, cables, and boulders	Yes	No Profile data beneath sailed line	High	BH/VC/CPT*4 MAG
BH/VC/CPT*5	Determination physical properties of sediments and lithostratigraphy	Yes, max. pen.: BH 10 m VC 6 m CPT 11 m	No Point location	High	SBP

Table 7. Characteristics of geophysical and geotechnical methods employed

- \*1 detection dependent on size of the ferromagnetic object, depth of burial, height of magnetometer above the seabed and distance cross course
- \*2 distant objects or deeply buried objects can be missed.
- \*3 precision: perpendicular to ship heading =  $\frac{1}{2}$  \* spacing of sailed lines  
parallel to ship heading = appr. 1m.
- \*4 interpretation of geology through correlation of seismic data with VC and CPT-data, and data from the DINO database.
- \*5 borehole sampling was only carried out onshore.

#### Side scan sonar (SSS), multibeam (MBES) and magnetometer (MAG)

With *side scan sonar* all objects and structures on the seabed can be made visible. Seabed sediment of different composition can be distinguished by their characteristic reflection. *Multibeam* images reveal the morphology of the seabed. Large objects and scouring can be mapped. Smaller objects, like thin cables, or flat objects lying on the seabed often are impossible to identify in *multibeam* images.

The strength of *side scan sonar* resides in the ability to visualize (relative) differences in reflectivity of seabed sediments and exposed objects. Variations in seabed composition cannot be observed in *multibeam* data unless those variations are accompanied by morphological changes. This also applies for objects which are barely elevated above the seabed. Another strength of *side scan sonar* is full coverage accomplished with a limited amount of survey lines. A limitation of *side scan sonar* is that buried objects cannot be found with this technique.

The strength of *multibeam* lies in the high accuracy and high precision images of the seabed morphology the technique provides. Sand waves and current ripples can clearly be observed in *side scan sonar* data, but the height of those sedimentary structures can far better be established by means of *multibeam*.

However buried objects generally cannot not be traced with *multibeam*, scours caused by shallowly buried objects can lead to the identification of buried objects.

In this study *side scan sonar* and *multibeam* data were combined in the identification of objects which are of potential archaeological interest. The listing of potential archaeological objects is considered to be complete as far as it concerns exposed objects, although the presence of buried non-ferro-magnetic archaeological objects or objects which erroneously have been labelled as non-archaeological, can never be fully excluded.

*Magnetometer* contacts are identified by the presence of ferro-metallic objects which induce an anomaly in the earth magnetic field. These objects can be buried or lying on the seabed. Unlike *side scan sonar* and *multibeam* the contacts are tagged at the sailed survey line. The actual object can be located at both sides of the survey line. The precision parallel to the run line is in the order of one meter.

The strength of a *magnetometer* lies in its ability to trace buried objects if those objects are ferro-magnetic. The technique provides a strong tool in mapping continuous linear structures like buried cables and pipelines. Also, an indication of the presence and distribution of isolated ferro-magnetic objects in an area of investigation is obtained.

An important limitation of the *magnetometer* is the poor accuracy of the positions of the objects found. An object has to be boxed in by sailing additional lines with a *magnetometer* to pinpoint the location of the object. Further, the measured amplitude of a magnetic anomaly is dependent on the interaction of different parameters, such as the size of the object, the depth of burial, the height of the *magnetometer* above the seabed and the distance cross course. Because of this it is very hard to establish the size of the object which caused the anomaly. Thirdly buried objects cannot be seen. Therefore, it is not possible to identify the nature of the buried object.

The listing of *magnetometer* anomalies is expected to be complete as far as it concerns large ferro-magnetic objects. Due to the line spacing it cannot be excluded that especially small distant or shallow buried objects have been missed.

Next Geosolutions processed their survey data and produced detailed event listings of the *side scan sonar* and *magnetometer* contacts encountered within the survey areas.

In the course of this archaeological assessment a selection is made based on the dimensions of the reported contacts. All contacts have been assessed, and the fraction of contacts larger than or equal to four (4) meter is looked into in more detail, because these objects are considered to be more likely to be related to wreck sites than the smaller contacts. This choice is based on best professional judgment and not prescribed by legislation or the KNA. Purpose of this analysis is to identify contacts that could reflect potential archaeological sites.

This is done by analyses of:

- *side scan sonar* images included in the survey report and digital deliverables;
- *multibeam*-data (*xyz*-files);
- values of magnetic anomalies reported in the survey reports;
- comparison of *side scan sonar* and *magnetometer* contacts;



The *side scan sonar* images are scanned in order to define potential archaeological sites. A selection of contacts was made of contacts to be studied in detail. The geological constellation and seabed morphology of the area are taken into account as outcrops of geological strata and sedimentary structures can lead to (apparent) anomalies in the *side scan sonar* record. The interpretation and selection of *side scan sonar* contacts is based on best professional judgment. If desired or needed the exact nature of the contacts observed can be established with certainty through the execution of additional research by means of a ROV or divers in a following phase.

### **Subbottom profiler (SBP), vibrocores (VC) and cone penetration tests (CPT)**

Next Geosolutions has acquired and processed shallow seismic data using a sub-bottom profiler (SBP). The processing involved an analysis of subbottom profiles and the identification and tagging of the observed seismic strata and buried objects indicated by refraction hyperbola. For this archaeological assessment the seismic strata have been interpreted and translated into lithostratigraphic units by Periplus Archeomare.

The seismic data have been used by Next Geosolutions to target specific locations for the geotechnical survey. The vibrocore and CPT locations are primarily chosen to obtain insight in the geological phenomena that could affect the cable lay operations. Periplus Archeomare was not involved in the selection of vibrocore and CPT locations. Therefore locations which could be of geo-archaeological interest have not specifically targeted. Fortunately, geological phenomena which are of interest for the cable lay operations, such as the occurrences of peat, clay, boulders, and channel infills, also are the locations one would select for geo-archaeological research.

The vibro-coring activities have been carried out at both the nearshore and offshore sector of the project.

Data from the DINO-database, TNO grid data of lithostratigraphic units, VC-logs and CPT-logs have been used as a reference framework of the geological constellation along the cable routes.

## **2.5 Data Analysis**

### **Side scan sonar (SSS), multibeam (MBES) and magnetometer (MAG)**

The first step in the data analysis is to cross-reference known objects within the surveyed area with the survey data. For the comparison the results of the desk study and the survey datasets were used. All the known objects were projected in a GIS together with the survey data.

For the cross-reference we have assumed that all present possible contacts and anomalies have been reported and described by the survey contractor. The raw data was only used, when available, to verify the description of found objects and anomalies as reported.

The positions of the interpreted contacts from the different surveys were compared with the positions of the known objects collected from the databases. Besides that, all the positions of both the survey contacts and the known objects were plotted on the high resolution *multibeam* grid to visualize the morphological influence of the presence of these objects. This assisted in the determination of possible archaeological value of the present remains. If an object had a potential archaeological value, the description of the object was finalized.

Besides the objects detected from the *side scan sonar* survey also the *magnetometer* contacts were plotted on the high resolution *multibeam* grid. For the *magnetometer* contacts that corresponded with the *side scan sonar* contacts within 50 meters of each other, these contacts were considered to be related. When at the position of the *magnetometer* anomaly no visible object was recognized the size of the anomaly was leading. If the magnetic anomaly of a contact is more than 500 nT (nano-Tesla) then it is stated that the contact could possibly be of archaeological value. All the *magnetometer* contacts above 500 nT but within 25 meters of the existing cable and pipeline routes are exempt for further investigation. It has to be stressed that within this assessment no distinction can be made between anomalies related to possible archaeological objects or anomalies related to (for example) unexploded ordnance (UXO's).

An archaeological assessment has been undertaken for all visible contacts. This interpretation is based on best 'professional judgment'.

### **Subbottom profiler (SBP)**

The interpreted seismic data have been assessed in order to test the archaeological expectation with respect to intact prehistoric landscapes and possible related archaeological remains in the area. The archaeological desk study has resulted in the identification of lithostratigraphic units which could contain archaeological levels. The seismic images included in the Next Geosolutions Survey report have been used to get an insight into both the lateral and vertical distribution of the lithostratigraphic units and the expected archaeological levels herein. The seismic data have been correlated with information of the subsurface, including available geological data and newly obtained information from vibrocore analysis in order to test the desk study based archaeological expectation. An important factor included in the assessment is the integrity of layer boundaries because erosion by natural processes poses a significant threat to archaeological levels. Based on the assessment sections of the cable routes which are expected to contain intact prehistoric landscapes are identified. The results are reviewed in the context of the activities planned in order to predict possible influence on the potential archaeological remains.

In summary, it can be stated that the collected geophysical data meets the requirements set out in the program of requirements and are suitable for an initial archaeological analysis.

### **Execution**

The analysis was executed from March to April 2023 by R. van Lil and S. van den Brenk (both KNA senior prospector) and R.W. Cassée (KNA Archaeologist Ma specialism Waterbodems). The analysis is carried out according to specifications set up within the Dutch Quality Standard for Archaeology (*KNA Waterbodems 4.1; protocol 4103*).

## 2.6 Used Sources

The following sources were used for the analysis:

- Survey data Next Geosolutions, original survey data and reported interpretations;
- Archaeological desk study Periplus (22A027-01);
- ARCHIS database Cultural Heritage Agency;
- Archeomare Database;
- Nlhono database Hydrographic Service of the Royal Netherlands Navy;
- Wrecksite.eu;
- Database, Nationaal Contact Nummer (NCN).

For a complete list of used sources and literature see the reference list at page 56.

*Italic* written words are explained in the glossary at page 55.

### 3 Results

#### 3.1 Seabed bathymetry and morphology

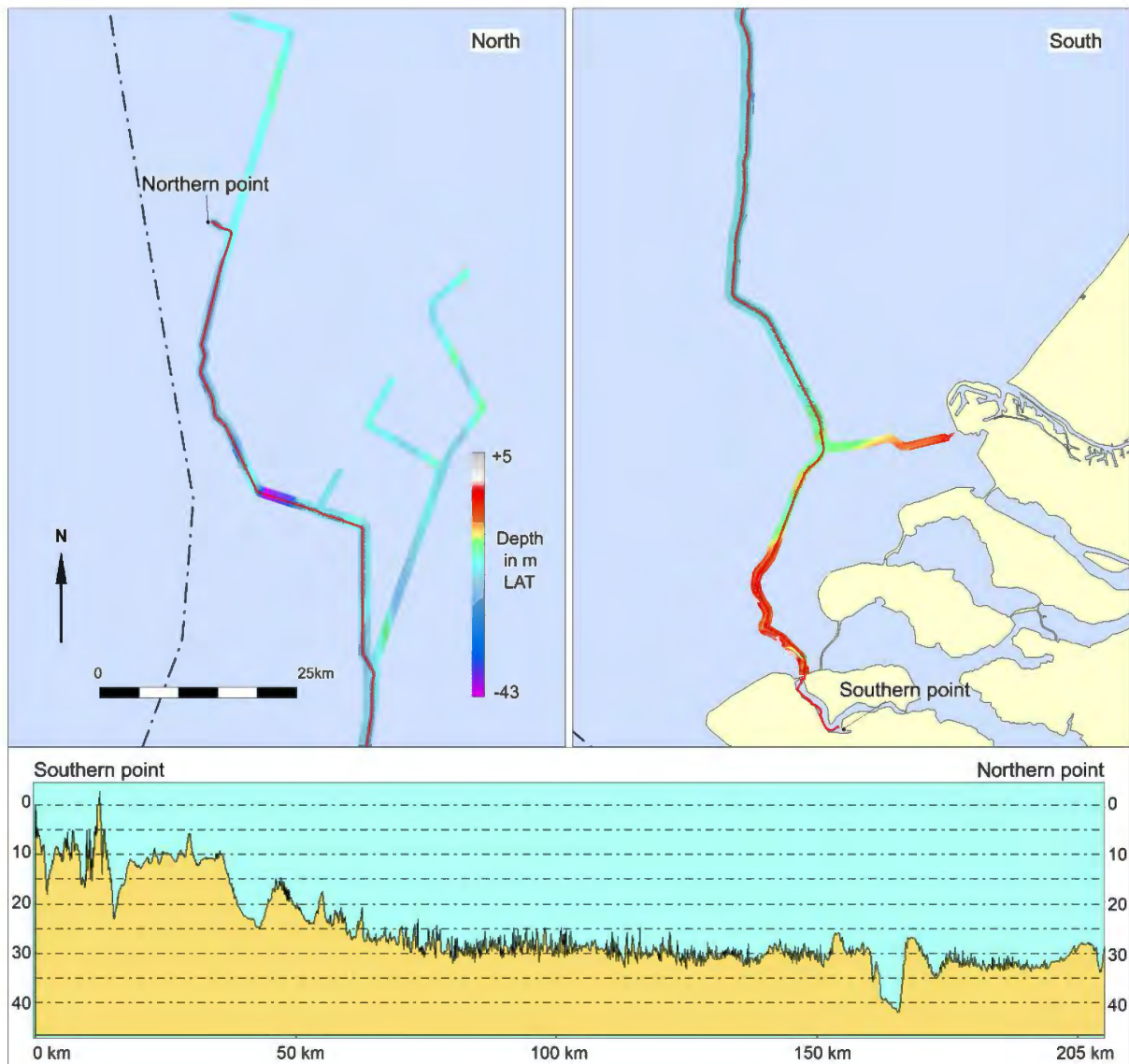


Figure 3. Bathymetry Nederwiek 1 route based on the multibeam recordings (source data: Next Geosolutions)

Based on the 2022 survey data the water depth within the research area varies from 0 to 42.8 m LAT, with an average of 26.1 m LAT.

#### Seabed morphology

The southern part of the offshore route is dominated by tidal ridges with a relative height of 20 meter. Along the northern part of the route, sand waves occur with a height up to 4 meters and a wave length between 150 and 350 meters. These waves have a WNW – ESE orientation and are known to migrate northwards with a speed of several meters per year<sup>8</sup>. Superimposed on these dunes mega current ripple bed have formed with a height up to 1 meter.

<sup>8</sup> Van Heeteren, 2010

### 3.2 Known objects: As Found positions versus database positions

Note: the results presented in the next paragraphs apply to the total surveyed area. The final impacts on the Nederwiek 1 route are summarized in chapter 5.

Based on the desk study 143 objects are known within the survey area. These objects include a (maximum) total of 21 (remains of) shipwrecks. It is possible that some of these object entries are duplicates. This is due to differences and overlaps of the different databases.

The SSS contacts and MAG anomalies encountered during this survey have been stored in event listings. The positions of the contacts and anomalies in these listings are compared with the theoretical positions of objects in the NCN database. In order to conduct this comparison all SSS contacts and MAG anomalies found within a range of 50 meters around the database locations are selected.

The outcome of this comparison can be:

- The As Found position of a shipwreck agrees with the database position of a known wreck;
- The As Found position of a contact agrees with the position of a contact listed in the database, but the interpretations do not match;
- The As Found position of a shipwreck is not in agreement with the database position of a known wreck;
- A wreck listed in the database has not been found;
- A new wreck has been found.

A summary of the As Found- versus Not Found known objects is presented in the table below.

Known Objects	Archaeological Expectation			Total
	Yes	No	Unknown	
Found	7	32	17	56
Not Found	5	19	30	54
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>51</b>	<b>47</b>	<b>110</b>

Table 8. Summary of known objects

Note: several known objects have not been found while they fall outside the surveyed area. This is because the initial investigated area for the desk study was much larger.

### 3.3 Side scan sonar

Next Geosolutions has identified 14321 *side scan sonar* contacts within the survey area. The classification is listed in the table below.

Classification	Survey area		
	Alpha, Beta Gamma	NW1&2	Total
Buoy Anchor	27	-	27
Buoy	3	1	4
Benthic Mud and Detritus	632	-	632
Exposed cable	6	-	6
Debris Anchor	-	5	5
Debris Cable	181	2	183
Debris Fish Net	5	1	6
Debris Linear	694	90	784
Debris Metallic	54	1	55
Debris Other	4045	503	4548
Debris Wire	27	17	44
Natural Feature	5701	2162	7863
Other	3	15	18
Pipeline	13	4	17
Seabed disturbance	16	-	16
Wreck	19	4	23
<b>Total</b>	<b>10758</b>	<b>4</b>	<b>14231</b>

Table 9. Classification of side scan sonar contacts by Next Geosolutions

58 contacts match known NCN objects. The remaining *side scan sonar* contacts and images have been scanned and checked for the presence of potential archaeological contacts. This is done by analyses of:

- *Side scan sonar* images included in the survey report and digital provided data;
- *Multibeam*-data (0.3m grids and xyz-files);
- Comparison of *side scan sonar* and *magnetometer* contacts.

Apart from the survey data studied the geological constellation and seabed morphology of the area are taken into account as outcrops of geological strata and sedimentary structures can lead to (apparent) anomalies in the *side scan sonar* record.

All contacts larger than four meters are examined in detail, because these objects are considered to be more likely to be related to wreck sites than the smaller contacts. This choice is based on best professional judgment and not prescribed by legislation or the KNA. Purpose of this analysis is to identify contacts that could reflect potential archaeological sites. This selection of large contacts comprises a total of 523 contacts. After examinations, 53 contacts were classified as objects with an archaeological expectation. A summary of the outcome of the detailed inspection of selected contacts is presented in the table below.

Interpretation PPA	Arch. Expectation			Total
	No	Medium	High	
Buoy	1	-	-	1
Debris	47	-	-	47
Geology	3	-	-	3
Natural feature	165	-	-	165
Piece of cable	60	-	-	60
Pipeline	3	-	-	3
Seabed disturbance	126	-	-	126
Shell bed	22	-	-	22
Unknown object	40	-	-	40
Wreck	-	8	15	23
Wreck remains	3	17	13	33
<b>Total</b>	<b>470</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>523</b>

Table 10. Results of the assessment of selected side scan sonar contacts

A total of 53 contacts are classified as objects with a medium (25) to high (28) archaeological expectation. Contacts with a high expectation are clear larger ship wrecks or wreck remains. Contacts with a medium expectation are smaller possible wreck remains or small wrecks which are probably recent. A complete listing of the contacts is presented below.

ID	Classification Next	Easting	Northing	Depth	NCN	Classification PPA
933	Debris linear	535914	5806494	-31.2	-	Possible wreck remains
1403	Debris other	536762	5807461	-30.0	13903	Possible wreck remains
1488	Wreck	533775	5779687	-29.2	2869	Wreck
1724	Debris other	535351	5771480	-28.1	-	Wreck remains
1903	Debris other	543918	5758747	-26.6	-	Wreck remains
1906	Debris other	543999	5758712	-25.3	-	Wreck remains
1933	Debris linear	544136	5758591	-27.4	-	Wreck remains
1948	Debris other	544209	5758751	-24.5	382	Wreck
1954	Wreck	544260	5758544	-25.7	-	Wreck
2060	Debris metal	546040	5755589	-23.7	-	Possible wreck remains
2298	Wreck	546976	5752572	-24.6	364	Wreck
3110	Debris other	537985	5830159	-25.8	-	Possible wreck remains
3149	Debris linear	540080	5837238	-32.0	-	Possible wreck remains
10053	Wreck	535976	5821101	-29.8	2810	Wreck
10059	Wreck	535882	5821036	-30.5	-	Possible wreck remains
10078	Debris other	535768	5834877	-27.9	-	Possible wreck remains
10083	Wreck	535656	5834718	-24.8	2081	Wreck
27085	Debris linear	540790	5737641	-22.2	-	Possible wreck remains
28022	Debris linear	543281	5741924	-24.4	-	Wreck remains
28068	Debris linear	543025	5742529	-22.1	-	Possible wreck remains
28228	Wreck	543296	5741910	-24.3	-	Wreck
40370	Wreck	548023	5708143	-15.1	-	Wreck, recent
40372	Wreck	544298	5713143	-16.3	-	Wreck, recent
40465	Wreck	544976	5712448	-9.5	-	Wreck, recent
40530	Debris linear	546499	5711248	-10.6	-	Possible wreck remains
40531	Debris linear	546471	5711261	-11.4	-	Wreck remains
40553	Debris other	548641	5707654	-8.7	-	Possible wreck remains

ID	Classification Next	Easting	Northing	Depth	NCN	Classification PPA
40812	Debris linear	545032	5712482	-8.8	-	Possible wreck remains
40817	-	544969	5712546	-9.4	-	Wreck remains
42231	Wreck	544305	5717781	-4.9	1670	Wreck
43101	Wreck	538996	5722986	-11.9	-	Wreck
43103	Wreck	541871	5720092	-13.9	-	Wreck
60125	Debris linear	547506	5709051	-13.8	-	Possible wreck remains
65017	Wreck	538034	5727082	-0.4	9339	Wreck
440161	Debris linear	538263	5723739	-10.4	-	Possible wreck remains
450041	Wreck	538796	5727655	-9.1	-	Wreck
450063	Wreck	537778	5728407	-9.0	-	Wreck
450128	Wreck	538786	5727670	-7.7	9316	Wreck
450153	Wreck	538420	5728758	-7.4	192	Wreck
2140014	Debris other	547442	5855149	-30.5	-	Possible wreck remains
2150001	Wreck	546418	5867040	-25.8	-	Possible wreck remains
2150002	Wreck	546385	5867084	-25.9	-	Possible wreck remains
SSS_BRK_11012	Debris Linear	540808	5767868	-27,7	-	Possible wreck remains
SSS_BRK_11020	Debris Other	542369	5764697	-28,5	-	Possible wreck remains
SSS_COB_00438	Debris Other	526488	5847207	-35,1	-	Possible wreck remains
SSS_COB_00461	Debris Linear	524100	5847759	-40,7	-	Possible wreck remains
SSS_COB_00463	Debris Other	524040	5848843	-40,5	-	Possible wreck remains
SSS_COB_00536	Debris Other	519571	5854937	-34,0	-	Possible wreck remains
SSS_COB_02273	Debris Fish Net	525796	5907245	-27,8	-	Possible wreck remains
SSS_BRK_11019	Wreck	542324	5765516	-25,1	24	Wreck
SSS_COB_00642	Wreck	518981	5881679	-27,7	1211	Wreck
SSS_COB_00655	Wreck	518956	5881687	-27,2	1211	Wreck
SSS_COB_00654	Wreck	518972	5881684	-27,2	1211	Wreck

Table 11. Listing of sites with an archaeological expectation

Detailed description and images of the contacts are presented in Appendix 1. A number of representative examples are presented on the next pages.



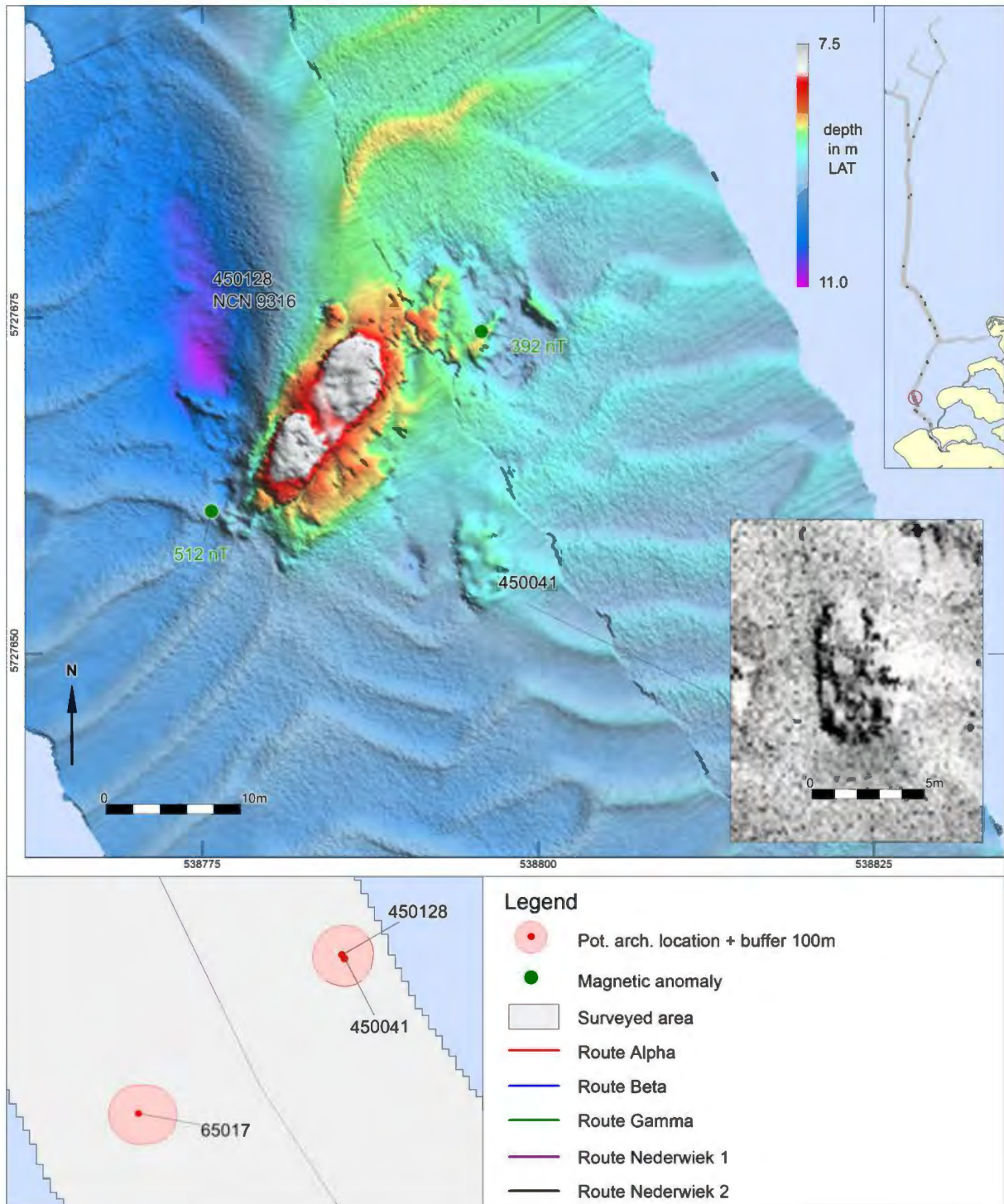


Figure 4. Example of contacts 450041 and 450128

Contact 450128 represents the site of NCN 9316, a historic wreck with toponym *Schouwen Banjaard 1*. The site is known at RWS under "spot at point 11, three-master". According to sports divers the cargo consists of rolls of iron of 60-70 cm length. Ten meters south of the wreck a smaller oval object is clearly visible (contact 450041) which might be the remains of a small wreck, possibly a dinghy or skiff. The site has been recorded before in 2020 with side scan sonar and multibeam<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Van den Brenk and van Lil, 2021

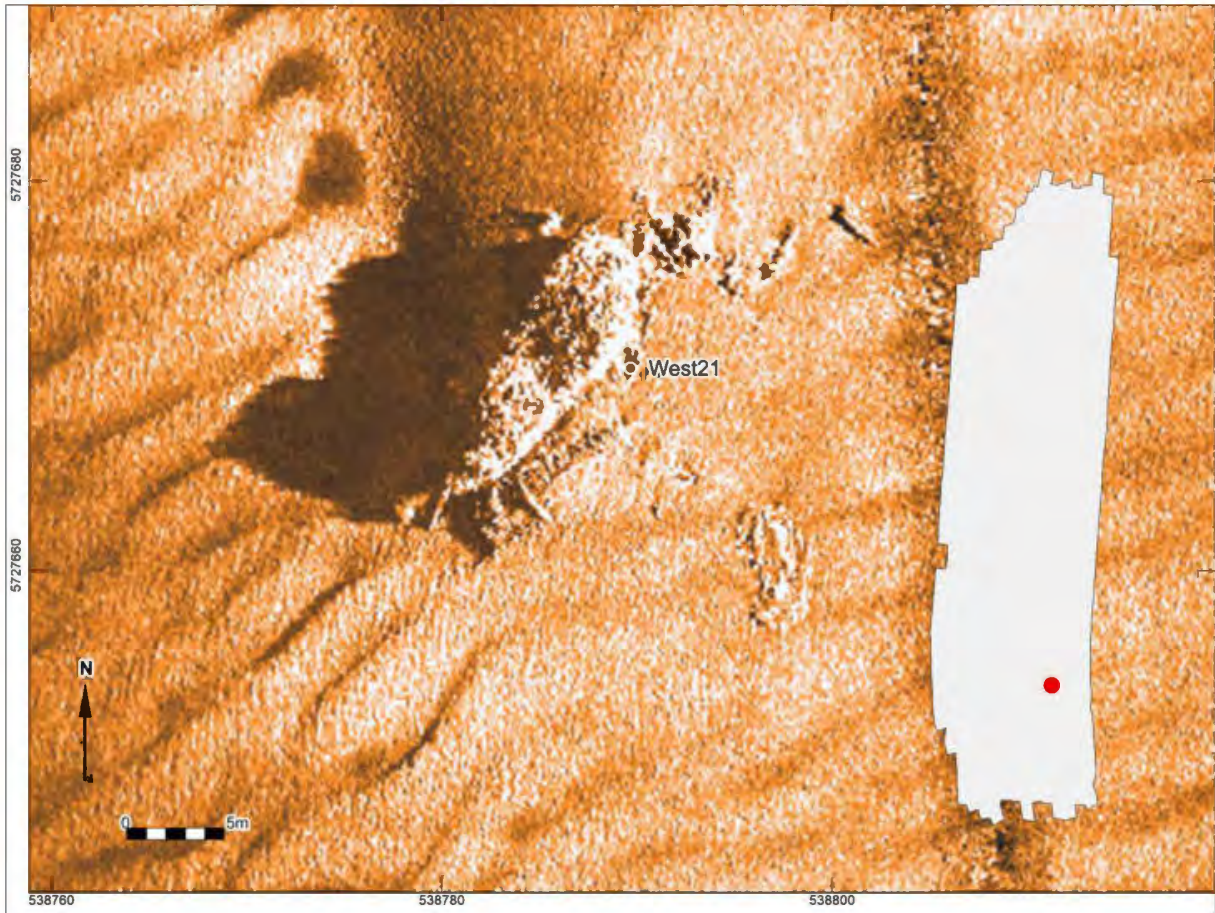


Figure 5. Sonar image of NCN 9316 during the 2020 survey

Magnetic anomaly 65017 represents the site of the *SS Rival*. This was a German steam freighter, on its way from Kiel (Germany) to Gent (Belgium) with a cargo of flax and hemp. It stranded on the *Banjaard* on 7-12-1886. Divers reported in 1887 that the wreck, laying at a depth of seven meters was buried in sediment<sup>10</sup>. During a 2020 survey, the water depth at the location was to 2.6m LAT, and in the 2021 survey the water depth was reduced to only 0.3 meter. Side scan sonar images do not show any signs of the wreck at the seabed surface, but large magnetic anomalies points out the location of the wreck (see figure below).

<sup>10</sup> Marhisdata

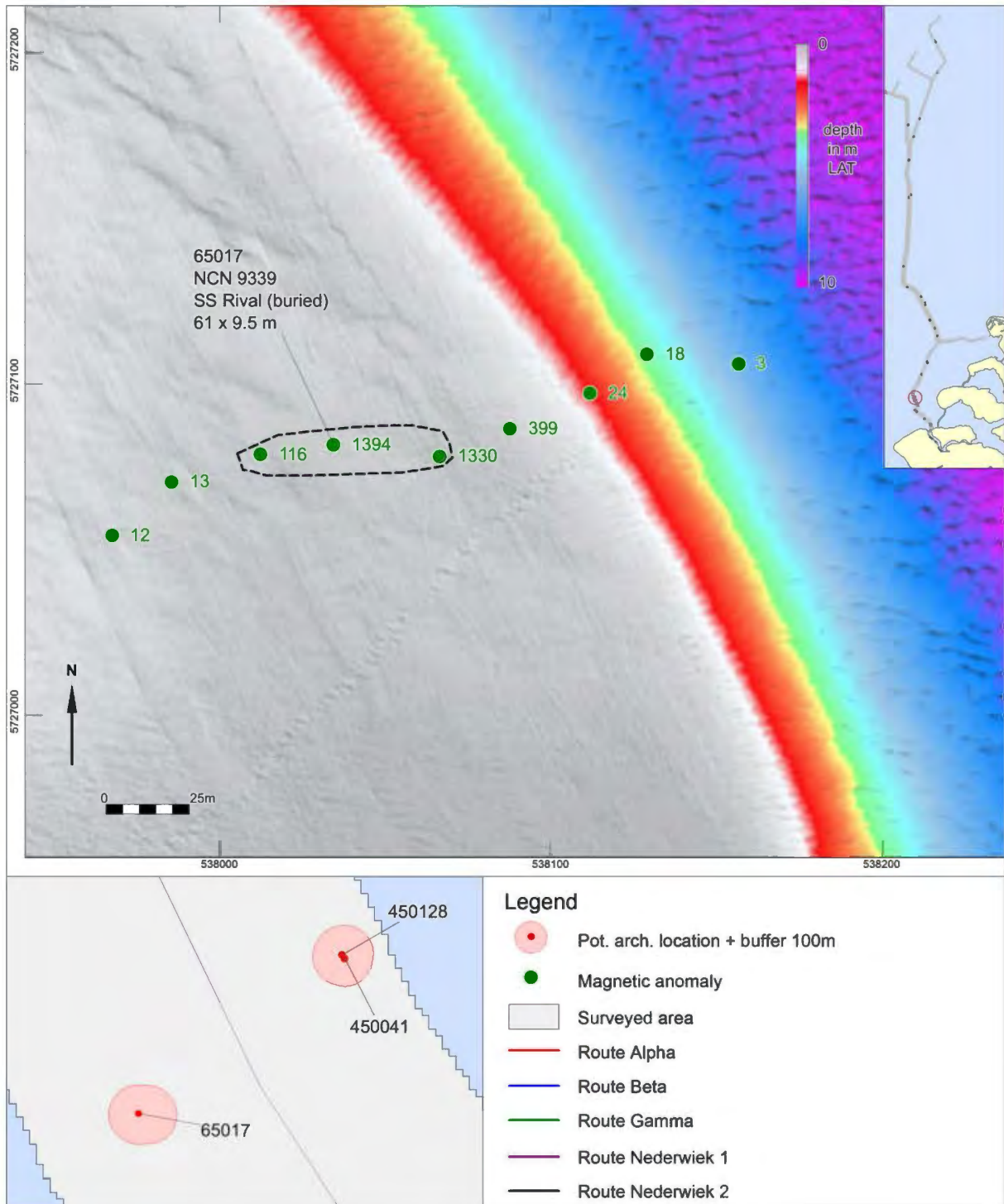


Figure 6. Example of contact magnetic anomaly 65017, buried remains of Rival.

### 3.4 Multibeam

Apart from the *multibeam* images discussed in the previous sections no *multibeam*-features have been observed which are interpreted to reflect the presence of archaeological objects or structures.

### 3.5 Magnetometer

Besides the objects that are visible on the sea bed and are selected as of possibly archaeological value there also are large *magnetometer* anomalies which are not observed on the *side scan sonar* or *multibeam* data. A number of these anomalies can be related to infrastructure (cables and pipelines), but the majority have an unknown origin. Although the nature of these objects is not known it is possible that the anomalies represent archaeological remains buried in the seabed, and therefore have to be taken into account within this assessment. The average line spacing for the magnetometer was 25 meters. a minimum value of 500 nT has been used to classify the objects as potentially archaeological targets.

**Note on magnetic anomalies and value of 500 nT.**

A magnetic anomaly is a local deviation from the natural magnetic field, expressed in nanoTesla. The measured value depends on the mass of the iron contained by an object, but also largely on the distance between magnetometer and the object. With a relatively large line spacing ( $\geq 100\text{m}$ ) chances are, that objects are missed or have an apparent lower reading on the magnetometer.

For example: a mass of 1000 kg iron results in a value of 50 nT at 12 meters, and 500 nt at 5 meters. The term 'large anomaly' is therefore subjective and depends mainly on the line spacing of the magnetometer survey.

For archaeological assessments, as a rule of thumb, the following minimum values for unidentified deviations are therefore considered to be of archeological interest:

Line spacing  $\sim 100$  meters: 50 nT

Line spacing  $\sim 50$  meters: 500 nT

A total of 12663 magnetic anomalies have been observed within the area of investigation. A classification is listed in the table below.

Classification	Survey area		Total
	Alpha, Beta Gamma	NW 1 & 2	
Cable	584	759	1343
Pipeline	131	113	244
Wellhead		2	2
Unknown	7663	3396	11059
Wreck	11	4	15
<b>Total</b>	<b>7674</b>	<b>4274</b>	<b>12663</b>

Table 12. Classification of the magnetic anomalies

At total of 1580 magnetic anomalies can be associated with known infrastructure (cables, pipelines, and wellheads). 15 anomalies are related to wrecks.

A total of 11059 magnetic anomalies cannot be related to known pipelines and cables, probable cables marked by aligning anomalies or visible objects at the seabed surface. These anomalies are related to unknown ferrous objects buried in the seabed, covered by sediments. 87 of the magnetic anomalies related to unknown (buried) objects have peak-to-peak values of 500 nT or more. Those 87 anomalies are considered to be of potential archaeological interest.

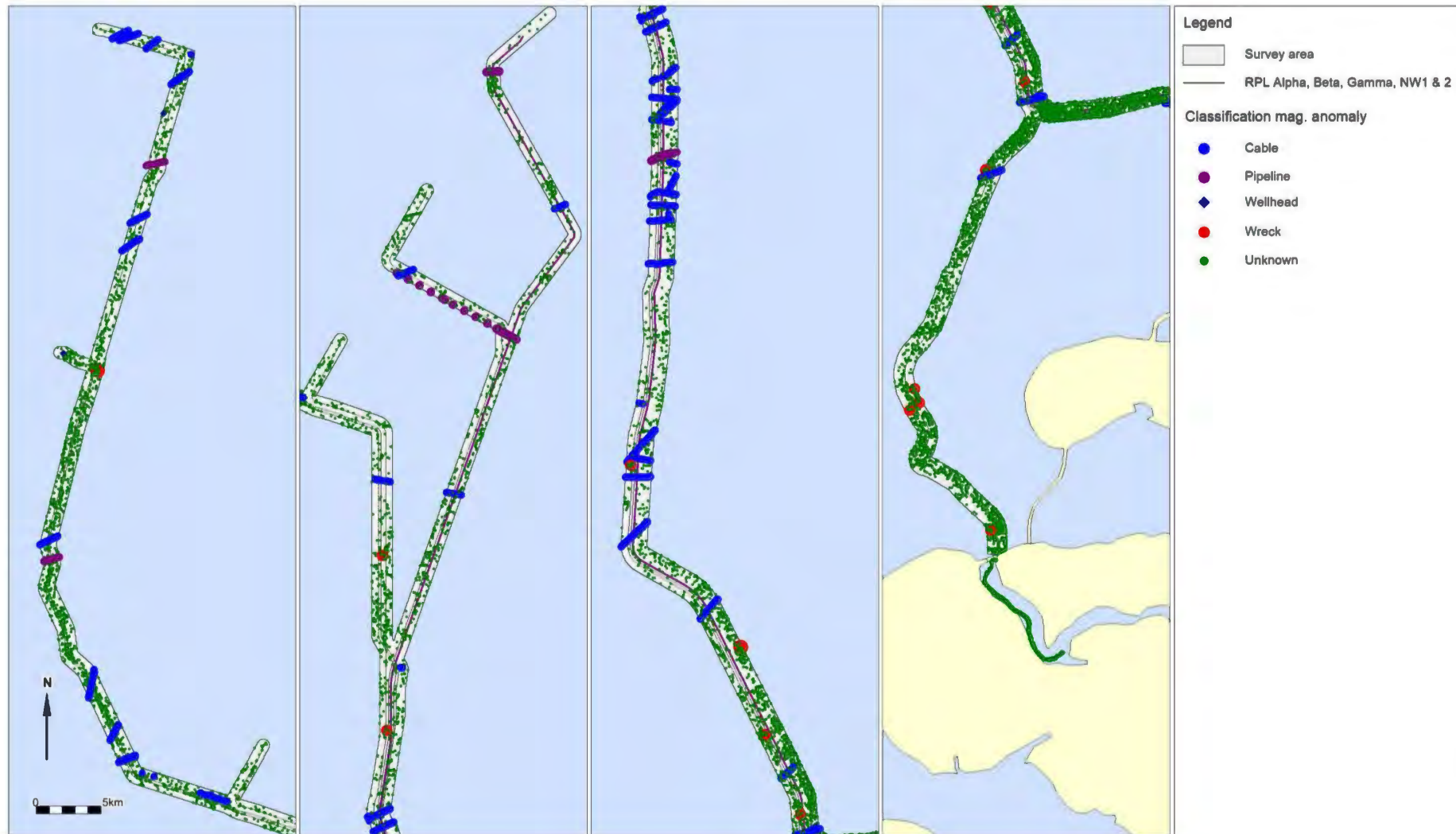


Figure 7. Classification of the magnetic anomalies

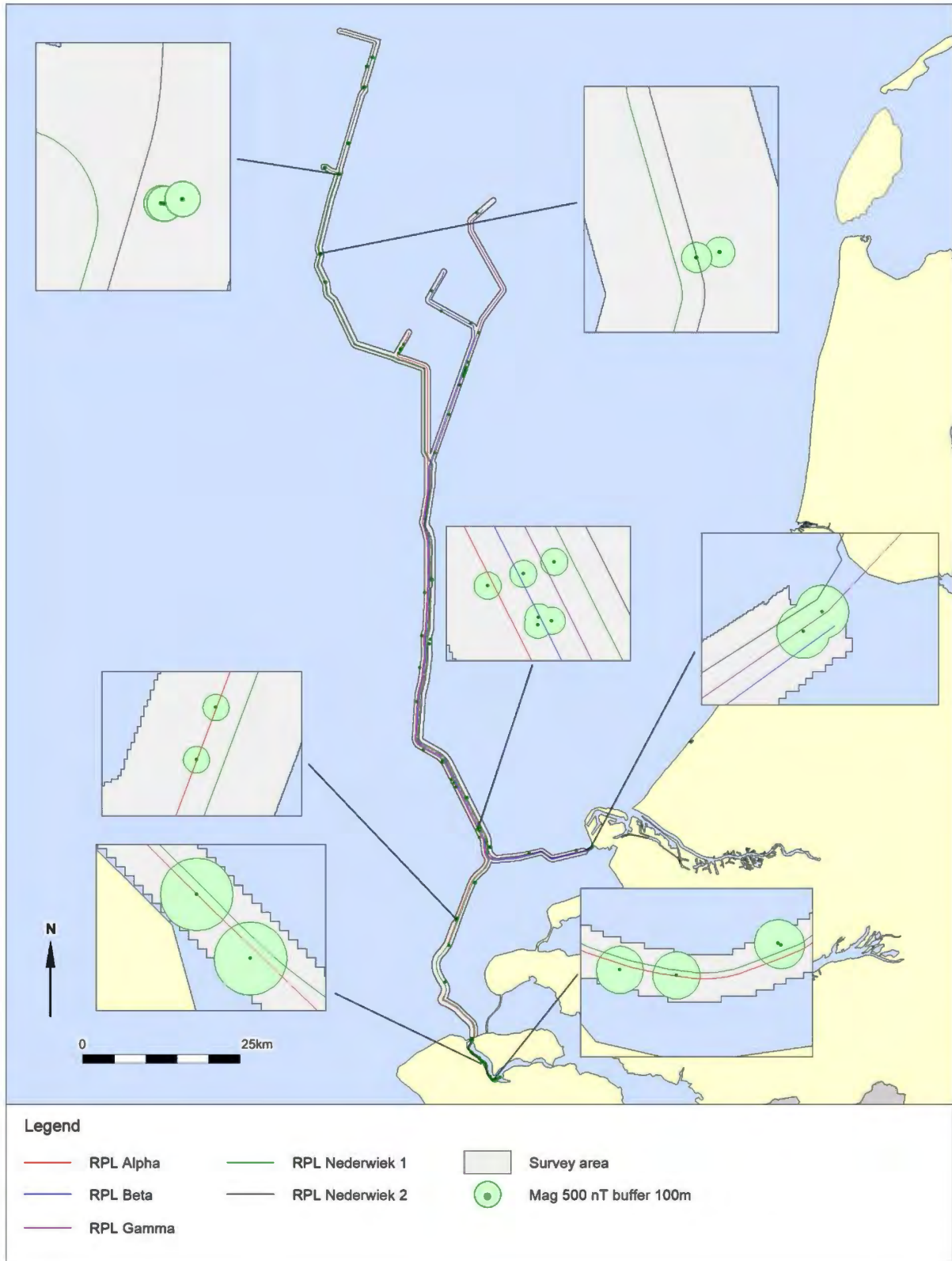


Figure 8. Overview of the magnetic anomalies peak-to-peak values of 500 nT or more

### 3.6 Subbottom data

The Next Geosolutions survey report<sup>11</sup> contains seventeen seismic images to illustrate the geological constellation along the proposed cable route.

Seismic reflectors represent horizons that mark a sudden change in the physical properties at the interface between two layers of different composition<sup>12</sup>. Along the cable route seismic reflectors have been digitized that either define the boundaries between sedimentary units with different seismic and lithological characteristics or represent phenomena that due to their physical properties could affect the installation of the cable.

The seismic reflectors have been interpolated into grids. These grids have been delivered to Periplus Archeomare as raster geotiffs and xyz text files with elevations in m relative to LAT and depths in m relative to the seabed.

The digitized horizons are:

- Base of Mobilised Sediments;
- Base of Layered Sediments;
- Top of Layered Sediments;
- Peat and Clay;
- Paleochannel.

To understand which lithostratigraphic units the observed seismic phenomena represent, the Next Geosolutions data are combined with data from additional seismic and geological sources. These additional data include:

- TNO grid data of geological units in the North Sea area (2003);
- TNO grid data of the top of the Pleistocene (2007);
- UHRS data collected by GEOxyz within the IJWWFZ (2021);
- DINOloket subsurface data (2022);
- Top Pleistocene Map (Laban, 2004);
- Geological Maps 1:250 000 series Indefatigable (1987), Flemish Bight (1984) and Ostend (1991) (British Geological Survey and Geological Survey of The Netherlands);
- Geotechnical data (VC and CPT) collected by Next Geosolutions along the route;
- Brenk, S. van den, and R. van Lil, 2023. Net op Zee IJmuiden Ver (Alpha) – An archaeological assessment of geophysical & geotechnical survey results. Periplus Archeomare Report 21A001-02.
- Hijma, M.P., K.M. Cohen, W. Roebroeks, W.E. Westerhoff and F.S. Busschers, 2012. Pleistocene Rhine-Thames landscapes: geological background for hominin occupation of the southern North Sea region;

---

<sup>11</sup> Next Geosolutions 2023, document TTB-07689-Final Report.

<sup>12</sup> A seismic reflector marks a sudden change in the so-called 'acoustic impedance' of the sediment beds. The acoustic impedance of a layer = sound velocity with which an acoustic wave travels through this sediment (V) \* the density of the sediment (ρ).

- Zagwijn, W. H. 1983 Sea-level changes in The Netherlands during the Eemian. In: M. W. van den Berg & R. Felix (eds.): Special issue in the honour of J. D. de Jong - Geol. Mijnbouw 62: 437-450.

Major part of the Net op Zee Nederwiek 1 cable route runs parallel to the Net op Zee IJmuiden Ver (Alpha) cable route trajectory<sup>13</sup>. Along the IJmuiden Ver (Alpha) cable route geological cross-sections have been produced that are also representative of the geological constellation along the Nederwiek 1 cable route. These geological cross-sections cover parts of the cable route which are discussed below. In this remainder of the report IJmuiden Ver (Alpha) will be abbreviated to IJV (Alpha).

#### **IJV (Alpha) section KP11.8 – KP55 | Nederwiek 1 section KP11.8 – KP54.94 (estimated)**

From the landing point of the IJV (Alpha) cable at the Veerse Gatdam, the geological profile is dominated by Holocene tidal deposits of the Naaldwijk Formation. The unit includes shoreface, nearshore, coastal, estuarine, and tidal basin deposits. Nearshore, the unit unconformably covers Early Pleistocene fluvial and estuarine deposits of the Rhine that are classified as the Waalre Formation. The Naaldwijk Formation is in this section of the route trajectory more than 10 meter thick. The unit gradually wedges out towards the north.

Next Geosolutions has mapped multiple tidal channel features which are part of the Naaldwijk Formation. Roughly between KP20 and KP40 the Naaldwijk Formation overlies marine Eemian sand and clay of the Eem Formation. The first geological profile (KP11 – KP55) in Appendix 2 shows that the top of the Pleistocene sequence according to the 2007 TNO Top Pleistocene grid data is located at a shallower depth than is indicated by the individual grid data of the Eem Formation. To distinguish the Naaldwijk Formation from the Eem Formation by means of the vibrocore photographs and geotechnical descriptions is difficult. The sandy sediments in the vibrocores can include both the Naaldwijk Formation and the underlying Eem Formation. The layer boundary between these predominantly sandy units probably is erosional.

From KP32.5 northward, Pleistocene River deposits of the Kreftenheye Formation are mapped. A paleogeographic map of the Late Pleniglacial indicates that Rhine-Meuse incised the subsurface between 30 ka and 25 ka ago<sup>14</sup>. The river basin is crossed by the Nederwiek 1 cable route between KP44 and KP70.

A Late glacial to Early Holocene change in river morphology is characterized by incision and shift in channel type from multithread (braided), through anabranching, towards single thread (meandering)<sup>15</sup>. Thereafter a thick wedge of fluvial and estuarine sediments developed that buried the Late Pleistocene and early Holocene surfaces.

The Weichselian and Early Holocene glacial landscapes are known containers of prehistoric remains. These landscapes include cover sand ridges, river dunes and small-scale fluvial deposits of the Boxtel Formation, and river deposits of the Kreftenheye Formation. The top of the Pleistocene sequence will not be affected by the installation of the cable within the KP0 – KP30 section of the cable route.

---

<sup>13</sup> Nederwiek 1 from KP0 (shore) to KP158.

<sup>14</sup> Peeters 2015.

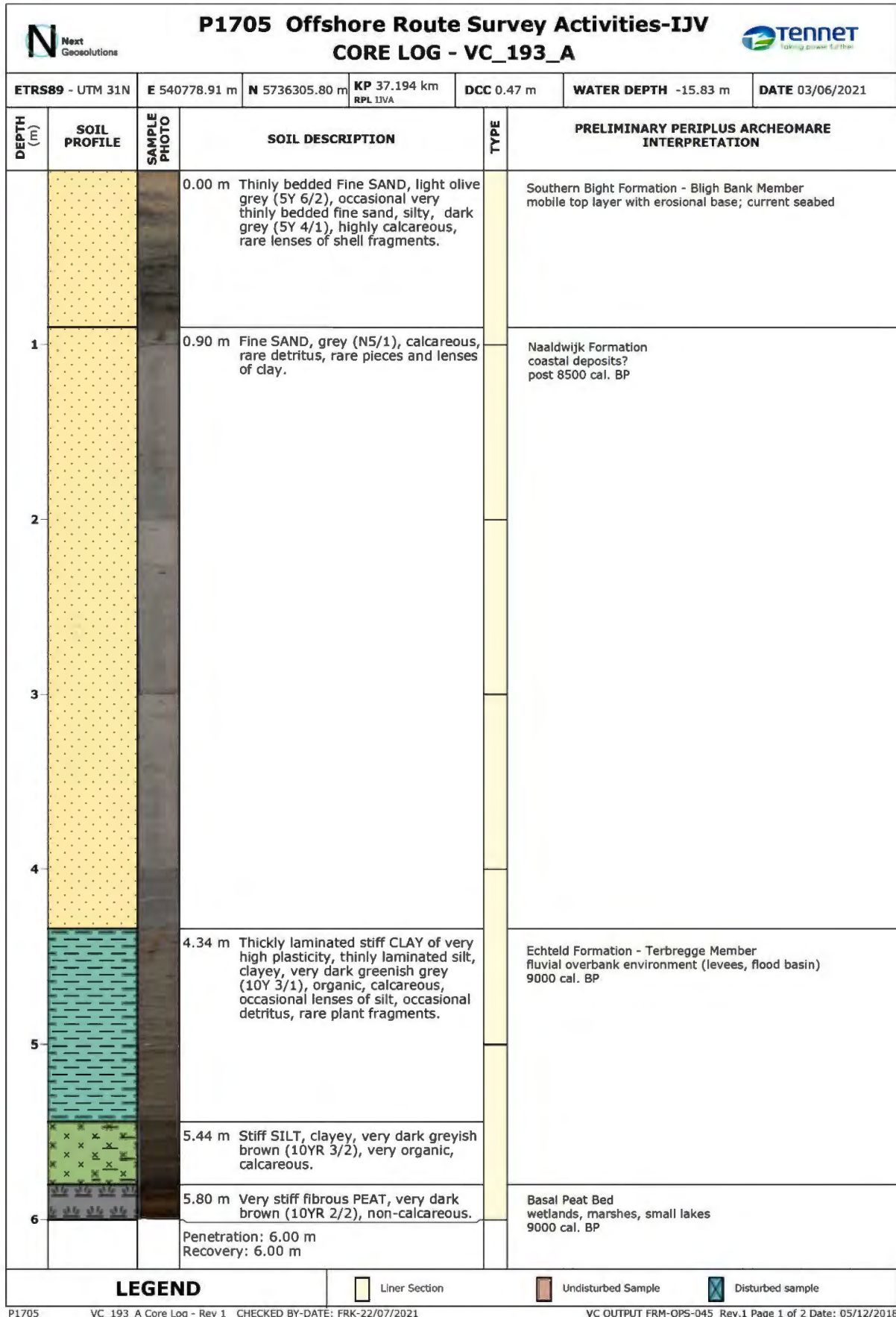
<sup>15</sup> Busschers 2007, p. 3245.



Around KP46 a prominent sand ridge occurs. This ridge is part of the Zeeland ridges. In the low-lying areas north and south of this ridge, the Kreftenheye Formation locally occurs within the sample interval of the vibrocorer. It appears that the calcareous fine to medium pale brownish sands with rare pieces of detritus and clay found e.g., in the lower part of the IJV (Alpha) vibrocore VC\_186\_A, indeed are river deposits of the Kreftenheye Formation.

Valuable information on the Early Holocene development of both aquatic and terrestrial landscapes can be obtained from IJV (Alpha) vibrocore VC\_193\_A, in which a sequence of the Basal Peat Bed (Early Holocene peat), the Echteld Formation (Early Holocene fresh or brackish water clay and silt) and the Naaldwijk Formation (Early Holocene laminated fine sand) occurs (refer to figure 9).

From KP35 – KP55 sand dunes have formed in the mobile sand layer which forms the seabed. These sands are classified as the Bligh Bank Member | Southern Bight Formation. The erosional base of the Bligh Bank Member truncates underlying units.



P1705 VC\_193\_A Core Log - Rev 1 CHECKED BY-DATE: FRK-22/07/2021 VC OUTPUT FRM-OPS-045 Rev.1 Page 1 of 2 Date: 05/12/2018

Figure 9. Vibrocore log VC\_193\_A with Periplus Archeomare interpretation

### **IJV (Alpha) section KP50 – KP80 | Nederwiek 1 section KP54.94 – KP80.15 (estimated)**

The geological profile of the KP50 – KP80 section of the cable route shows a rather homogenous pattern. The seabed is characterized by well-developed sand waves. Some sand waves are more than 5 m high. Towards the north the mobile sandy top layer of the Bligh Bank Member becomes thicker. In most places, the Bligh Bank Member unconformably overlies sandy river deposits of the Kreftenheye Formation. The seismic character of the Kreftenheye Formation is described as ‘opaque’.

The top of the Kreftenheye lies within the sample trajectory of most vibrocores. A ridge-like occurrence of the Naaldwijk Formation is found from KP54 – KP55. The sediments of this ridge are sampled in IJV (Alpha) vibrocore VC\_176\_A. The ridge is also part of the Zeeland ridges, which comprise sand bars that formed in prehistoric times. In IJV (Alpha) vibrocore VC\_176\_A the ridge consists of yellowish medium sand which covers soft clay. The top of the clay is found at 4.61 m below the seabed. Analysis of the clay layers and the actual sands from which the ridge is built could provide information on the (timing of the) development of the Zeeland ridges. A horizon of firm slightly calcareous clay with a blotchy appearance could represent a bioturbated slightly ripened clay palaeosol. The origin of the covering medium grained rather homogeneous calcareous light brownish grey and greenish grey sand is not known. The ridge that occurs at this location possibly comprises a beach barrier with aeolian dunes that formed some 8.5 cal. ka BP along the coastline at the southern side of the Rhine-Meuse estuary.

The Kreftenheye Formation wedges out towards KP80, the end of this geological profile. Here, Early Pleistocene fluvial and estuarine deposits of the Yarmouth Roads Formation are found at shallow depths. The Yarmouth Roads Formation is mostly covered by a thin layer of the Eem Formation. Based on the TNO grid 2003 data, the Bligh Bank Member is expected to be more than 5 m thick, because of which the top of the Pleistocene sequence lies just below the penetration depth of the vibrocorer. On the 1984 Flemish Bight Map, the Elbow Formation is mapped. The Elbow Formation is an old name for Early Holocene laminated deposits (fine sand, silt, and clay) with locally peat at the base. These deposits are currently classified as the Wormer Member | Naaldwijk Formation and the Basal Peat Bed | Nieuwkoop Formation.

### **IJV (Alpha) section KP80 – KP110 | Nederwiek 1 section KP80.15 – KP109.90 (estimated)**

From KP80 – KP91 this profile shows a continuation of the stratigraphy in section KP50 – KP80. Beneath the base of the sand waves the Bligh Bank Member is some 5 m thick. It is considered likely, that the basal part of this layer, which for now is mapped as Bligh Bank Member, locally consists of Early Holocene deposits of the Wormer Member. The number of channel features that are mapped by Next Geosolutions is limited.

The top of the Pleistocene sequence below this Holocene cover consists of marine deposits of the Eem Formation. These marine deposits include (greenish) grey fine to medium calcareous sand with local intercalations of clay. The Eem Formation has been deposited during the Eemian interglacial, approximately 130 ky – 115 ky ago. At the top of the Eem Formation the Brown Bank Member occurs. The Brown Bank Member consists of brackish lagoonal to stream-fed lacustrine clays, which mark the Early Weichselian regression in the North Sea area. The Brown Bank Member consists of consolidated (firm to stiff) greyish brown to greyish green silty clay, with fine sand in laminae and desiccation cracks. The silty

clay can be extensively bioturbated and locally cryoturbated, desiccated and rooted at the top, with soil horizons<sup>16</sup>.

From KP93 northward the Eem Formation thickens. From KP94.3 – KP105.0 the Kreftenheye Formation reappears in the profile. This occurrence is based on the 2003 TNO grid data. However, the stratigraphic position of the Kreftenheye Formation, in between the Eem Formation and the Brown Bank Member, is remarkable. The presumed Kreftenheye Formation is not reached by the vibrocorer, so no further information can be obtained from this unit.

From KP99.5-KP110 Next Geosolutions mapped a sequence of layered sediments in between the Bligh Bank Member and the Brown Bank Member at the top of the Pleistocene. The thickness of this sequence increases northward. CPT logs indicate the top of this unit is located just below the base of the sand waves. The shallow occurrence of this unit is reflected in a change of the sand wave morphology: the sand waves become significantly smaller.

The lithostratigraphic unit to which sequence of layered sediments shall be attributed to is uncertain. The sequence is likely to include tidal deposits of the Early Holocene Wormer Member | Naaldwijk Formation. However, it can certainly not be excluded that the layered sequence (also) includes Late Glacial – Early Holocene stream deposits of the Singraven Member | Boxtel Formation, local occurrences of cover sand deposits of the Wierden Member | Boxtel Formation and laminated stiff silty clay of the Brown Bank Member | Eem Formation. Analysis of sediment intervals from the vibrocores (e.g. IJV (Alpha) VC\_125\_A, VC\_126\_A, VC\_127\_B, VC\_128\_C and VC\_129\_B) could provide information on the actual character and genesis of the deposits. The laminated sediments found in these cores display variations in grain size ranging from silts and silty fine sands with intercalations of fine gravel beds to intervals of medium to coarse sand.

#### **IJV (Alpha) section KP110 – KP140 | Nederwiek 1 section KP109.90 – KP140.40 (estimated)**

The abovementioned ‘unknown unit’ occurs over the full extent of the KP110 – KP140 section. The top of the Pleistocene sequence, which is based on 2007 TNO Top Pleistocene grid data, lies much closer to the seabed than the top of the Pleistocene sequence that is represented by the Brown Bank Member. The Brown bank Member in the geological profile is based on 2003 TNO grid data. The difference ranges from 2 m to 5 m. Actually, the top of the Pleistocene units indicated by the 2007 TNO Top Pleistocene grid data coincides with the top of the unknown unit, adding to the question if this unknown unit indeed consists of deposits of the Naaldwijk Formation, or for instance comprises older Late Glacial to Early Holocene stream deposits of the Singraven Member. As mentioned before, the lower parts of what is classified as the Bligh Bank Member can also include early Holocene deposits such as tidal deposits of the Wormer Member. In that respect VC\_115\_A displays an interesting stratigraphy. In this vibrocore a peat bed is found at 0.30 m to 0.73 m below the seabed. Given a water depth of -30.34 m LAT, the peat bed lies at -30.64 m to -31.07 m LAT. Based on available sea level curves this peat bed must have been deposited some 10 cal. ky BP<sup>17</sup>. The underlying sequence of medium grey sand, which contains roots of the plants, is no part of the Bligh

---

<sup>16</sup> TNO-GDN (2022). Brown Bank Member. In: Stratigraphic Nomenclature of the Netherlands, TNO – Geological Survey of the Netherlands.

<sup>17</sup> Vink 2007.

Bank Member. What the age and origin of this sandy sequence is can be determined through further analysis.

It can be seen in the profile that the occurrence of the unknown unit is not limited to the laminated sediments that have been mapped by Next Geosolutions. The top of the unknown unit is also interpreted based on CPT data.

From KP128.5 northward Next Geosolutions mapped several channel features in the deposits overlying the layered sediments. In this part of the profile the top the unknown unit is sampled in the lowermost parts of the vibrocores.

**IJV (Alpha) section KP134 – KP164 | Nederwiek 1 section KP140.40 – deviation from IJV (Alpha) route around KP158.0 (estimated)**

The final section of the IJV (Alpha) cable route shows a large number of sand waves and a flat-top ridge from KP152.7 - KP157.0. The ridge is 5.4 m high and 4.3 km wide.

In 2021 GEOxyz performed a seismic survey with Ultra High Resolution Seismics (UHRS) in the IJmuiden Ver Wind Farm Zone. GEOxyz presented the results of this seismic survey in alignment charts, which are disclosed via the website of The Netherlands Enterprise Agency (RVO)<sup>18</sup>. The seismic data show a high resolution and clear reflectors within the boundaries of the IJWFZ.

Based on our interpretation the seismic data the following units are likely to be present (from bottom to top):

- Glacially deformed sediments of the Yarmouth Roads Formation;
- Layered marine sediments (predominantly sand) of the Eem Formation;
- Layered and laminated brackish lagoonal to stream-fed lacustrine silt and clay of the Brown Bank Member | Eem Formation;
- Late Glacial and Early Holocene small-scale fluvial silt and fine sand of the Singraven Member | Bostel Formation;
- Early Holocene tidal deposits of the Wormer Member | Naaldwijk Formation;
- Current mobile sandy sediments of the Blich Bank Member | Southern Bight Formation.

The Eem Formation including the Brown Bank Member are in most places truncated by overlying younger deposits of the Singraven Member and/or Wormer Member (erosional contact). It is uncertain if the vibrocores have reached the Brown Bank Member. The vibrocore content predominantly shows alternations of sand laminae with a variable admixture of silt, organic material, clay, and occasional shell fragments. Analysis of specific sample intervals of (part) of the vibrocores discussed above, would provide valuable information on the development of aquatic and terrestrial landscapes in this part of the IJV Alpha cable route trajectory during the Eemian, Weichselian and Early Holocene, and would clarify the actual lithostratigraphic units which are present.

---

<sup>18</sup> <https://offshorewind.rvo.nl/cms/view/2dd28a50-5344-47a6-b3ff-7d0e36911159/soil-ijmuiden-ver>.

### **Nederwiek 1 section KP158.00 – deviation from IJV (Alpha) route around KP205.27**

In the first part of the final section of the Nederwiek 1 cable route, between KP158.0 and KP163.5, the Boxtel Formation is mapped on the Geological map 2021<sup>19</sup>. According to this map Weichselian periglacial aeolian deposits of the Wierden Member subcrop in this section of the cable route trajectory. The four Nederwiek 1 vibrocores that have been retrieved from this section are VC\_114\_C, VC\_115\_B, VC\_116\_B and VC\_117\_A. Non-calcareous sand that could be coherent with the Boxtel Formation have indeed been found. The vibrocore descriptions do mention admixtures of shell fragments, whole shells, organic matter and occasional mica, and the occurrences of layers, thin beds, and laminae of silty clay. These sediments could have been deposited by streams during the Late Glacial. An aeolian origin does not seem obvious, albeit that thin intercalations of wind-blown sands might be present. Late Glacial stream deposits are classified as the Singraven Member | Boxtel Formation.

From KP162.2 to KP166.0 the cable crosses a low-lying part of the seabed. The seabed elevation ranges from -38.8 mLAT to -41.6 mLAT. In this section deposits of the Early Weichselian Brown Bank Member are found at shallow depths below the seabed. These deposits consist of laminated silty clays and clayey silts with varying carbonate content and consistency. The laminae consist of very fine sand and silt and organic matter.

The GEOxyz seismic grids of Zone Site I to IV of the IJmuiden Ver Wind Farm Zone are in accordance with the seismic data that have been acquired by Next Geosolutions. The 'Base of Layered Sediments' and 'Top of Layered Sediments' grid data appear to reflect the base and the top of the Brown Bank Member, albeit that significant layers stiff silty slightly calcareous clay have been sampled above the 'Top of Layered Sediments' reflector. An example of this clay is shown in figure 10. The in this vibrocore (VC\_131\_C) has a rather massive character, which could account for the absence of clear parallel reflectors in the seismic profile. These clays could be part of the Early Holocene tidal clays of the Wormer Member | Naaldwijk Formation. It is also possible that these clays formed at an earlier point in time stage. For instance because of a marine inundation during Early Weichselian interstadial, such as the Odderade (85 ka – 74 ka ago). An alternative origin of the clays could be the development of a meandering river system, for instance at the end of (again) the Odderade interstadial. In the floodplain or at the riverbank clay could have been deposited.

A geo-archaeological assessment of the seismic data and vibrocore samples that have been acquired in the IJmuiden Ver Wind Farm Zone has revealed that during the Pleniglacial the channel belt of the river Rhine expanded in north-western direction over major part of Site I to IV of the wind farm zone. Possibly this channel belt crossed the Nederwiek 1 route trajectory. An indication that this could be the case is provided by the absence of layered sediments according to the Next Geosolution seismic data in a section of the cable route that lies in the extension of the channel belt. The extent of the channel belt is interpreted to be located between KP192.0 and KP\_201.0, but these figures shall be used as a rough estimate.

---

<sup>19</sup> DINOLoket.



Figure 10. Clay sequence above 'Top of layered sediments' reflector

In VC\_156\_A and VC\_157\_A beds of peat have been found around -32.50 m and -33.05 mLAT. These peat beds are covered with organic clay with shell remains and juvenile shell. The peat bed is interpreted as the Early Holocene Basal Peat | Nieuwkoop formation and the organic clay as the Velsen Bed | Wormer Member | Naaldwijk Formation. The Basal Peat Bed is the transition from the underlying Pleistocene landscape the overlying Holocene sequence.



## 4 Synthesis

For this investigation different research questions are defined in the Program of Requirements<sup>20</sup>. Based on the results of de data analysis the research questions are answered.

*Are any archaeological remains present within the Area of Interest and to what extent are these remains traceable?*

Yes. There are 14 official reports of archaeological finds within the surveyed area:

NCN	RCE	Description	Found
24	46661	On this location we are dealing with certainty with a wreck which is not of archaeological interest.	Yes
192	52726	Unidentified shipwreck. Geul van de Banjaard 3	Yes
192	4918720100	Possible dingy or skiff. Geul van de Banjaard 3	Yes
193	46848	Unidentified shipwreck, Hondengat 1, sunk in 1893	No
364	46668	Unidentified wreck of a steam vessel	Yes
382	48566	Unidentified wreck of a three-masted sailing vessel	Yes
1211	4030724100	NCN 1211, no further description given	Yes
2081	4028335100	Wreck of the Anne Graebe, no further description given	Yes
2869	4905760100	Wreck, possible wooden remains, shape somewhat recognizable	Yes
9160	46488	Ceramics, Roman pottery	No
9316	48498	Unidentified wooden steam vessel with cargo iron ingots	Yes
9317	48499	Unidentified wreck of a sailing vessel, 18 <sup>th</sup> or 19 <sup>th</sup> century	No
9339	49358	Steam vessel SS Rival	Yes
20097	4022398100	Various finds from Roman period in sand nourishment, originating from the Hompels	No

Table 13. Official archaeological findings within the surveyed area

With respect to side scan sonar, magnetometer and multibeam survey:

*Are there any phenomena visible on the seabed?*

Yes. A total of 14231 contacts have been mapped at the seabed surface with *side scan sonar* and *multibeam*. In addition, 12663 magnetic anomalies have been mapped.

*Do these phenomena have a man-made or natural origin?*

Next Geosolutions has identified 14231 *side scan sonar* contacts within the survey area. The classification is listed in the table below.

Classification	Survey area		
	Alpha, Beta Gamma	NW1&2	Total
Buoy Anchor	27	-	27
Buoy	3	1	4
Benthic Mud and Detritus	632	-	632
Exposed cable	6	-	6
Debris Anchor	-	5	5

<sup>20</sup> Van den Brenk and van Lil, 2022.

Classification	Survey area		
	Alpha, Beta Gamma	NW1&2	Total
Debris Cable	181	2	183
Debris Fish Net	5	1	6
Debris Linear	694	90	784
Debris Metallic	54	1	55
Debris Other	4045	503	4548
Debris Wire	27	17	44
Natural Feature	5701	2162	7863
Other	3	15	18
Pipeline	13	4	17
Seabed disturbance	16	-	16
Wreck	19	4	23
<b>Total</b>	<b>10758</b>	<b>4</b>	<b>14231</b>

Table 14. Classification of the side scan sonar contacts

A total of 12663 magnetic anomalies have been observed within the area of investigation. 11059 anomalies cannot be related to known pipelines and cables, probable cables marked by aligning anomalies or visible objects at the seabed surface. These anomalies are related to unknown ferrous objects buried in the seabed, covered by sediments.

*If these phenomena can be designated to be man-made: What classification can be attached?*

The man-made phenomena include shipwrecks, lost, or dumped debris, cables, and pipelines.

*If these phenomena can be classified as archaeological: Is it possible to interpret the nature of the archaeological objects?*

A total of 53 contacts are classified as objects with a medium (25) to high (28) archaeological expectation. Contacts with a high expectation are clear larger ship wrecks or wreck remains. Contacts with a medium expectation are smaller possible wreck remains or small wrecks which are probably recent.

Besides visible object at the seabed surface, magnetic anomalies have been observed caused by buried objects which cannot be related to known objects like pipelines or cables. 87 of the magnetic anomalies related to unknown (buried) objects have peak-to-peak values of 500 nT or more. Those 87 anomalies are considered to be of potential archaeological interest.

*If these phenomena can be identified as natural: What is the nature of these natural phenomena?*

The phenomena interpreted as natural features are probably lumps of peat or clay.

*Based on the acoustic image is it possible to designate zones of high, middle or low activity on the seabed?*

Along the routes sand waves have been mapped which are known to migrate a few meters per year northwards. Sand ripples originated by tidal currents are present along the entire route, except for the lake bed of the Veerse Meer.

*What is the relation between the observed objects and the topography of the seabed? Based on this relationship can risk-prone areas be marked selectively?*

Larger objects like the shipwrecks show scouring but are largely embedded in the seabed sediments. This appears to be the case throughout the area. Therefore, it is not possible to mark risk-prone areas selectively.

*If no acoustic phenomena can be observed: Are there any clues that this is a consequence of either natural erosion, sedimentation, or human interference?*

This question is given the results of the investigation not applicable.

#### With respect to subbottom profiler- and sampling:

*Based on seismic profiles and geotechnical data is it possible to map the Pleistocene landscape?*

The acquired and processed seismic data and collected vibrocore samples are of high quality. The assessment of the seismic data has been carried out through the correlation of these data (grids and figures contained in the survey report) with available geological and seismic sources.

It is not possible to map the top of the Pleistocene landscape along the full extent of the cable route. The main reasons are the following:

- The transition between the top of the Pleistocene landscape to the overlying Holocene deposits is very gradual. A seismic reflector occurs when a sudden change acoustic impedance occurs.<sup>21</sup> This is not the case when the layer boundary is very gradual, because of which this layer boundary is not observed as a clear reflector in the seismic profile.
- The sediments at the top of the Pleistocene and base of the Holocene sequence are the same. Also, in this case there is no difference in acoustic impedance and therefore no reflector.
- The top of the Pleistocene landscape is located below the depth of penetration of the subbottom profiler. Because the cables are installed a few meters below the seabed, a seismic profile of the top layers suffices. The subbottom profiler system is chosen to meet this demand.
- The top of the Pleistocene landscape is visible as a reflector in the seismic profile, but due to a lack of geological information, this reflector cannot simply be interpreted as being the top of the Pleistocene landscape.

Examples of locations where it proved possible to pinpoint the top of the Pleistocene landscape are:

- the locations where the silty clays of the Early Weichselian Brown Bank Member | Eem Formation were found directly underneath the mobile sands of the Bligh Bank Member | Southern Bight Formation, such as in the deeper parts (= around -40 mLAT) of the Brown Bank area, and
- the locations where the Basal Peat Bed was encountered, such as VC\_156\_A and VC\_157\_A.

*What is the depth of the Pleistocene landscapes with respect to the present seabed?*

The top of the Pleistocene sequence is found at depths varying from 0.0 m to more than 10 m below the seabed. The exact depth of the deepest occurrences is not known.

*From Pleistocene to Holocene deposits is the transition gradual or instantaneous (erosive)?*

---

<sup>21</sup> Acoustic impedance = density of the sediment \* velocity with which a sound wave propagates through the sediment.

The transition from Pleistocene to Holocene deposits is not clearly mapped. This is due to various reasons. The first is related to the chosen geophysical method and used equipment. Second, it is often not possible to translate the seismic units into lithostratigraphic units, without the description and analysis of sediment samples.

River sand deposits of the Kreftenheye Formation are often directly covered and truncated by the mobile sands of the Bligh Bank Member | Southern Bight Formation. In the northern part/end section of the cable route the Early Pleniglacial Rhine sands grade upward into Late Glacial small scale fluvial deposits of the Singraven Member | Bortel Formation and/or Early Holocene tidal deposits of the Wormer Member | Naaldwijk Formation. The Singraven and Wormer channels also eroded the Kreftenheye sands. In the floodplain of the Singraven streams and salt marshes related to the tidal landscape clays and peat could have been deposited imparting little erosion.

The Brown Bank Member has been identified in the seismic data as from the point where the Nederwiek 1 cable route deviates from the IJmuiden Ver (Alpha) cable route towards the Nederwiek 1 platform location. At least part of the Brown Bank Member coincides with the seismic unit of 'Layered Sediments' that have been identified by Next GeoSolutions. The Brown Bank Member has been identified in the vibrocore sample intervals that coincide with the layered sediments in the last 50 km of the cable route trajectory. The Brown Bank Member generally consists of a laminated deposits of slightly calcareous stiff silty clay and clayey silt. The laminated lagoonal and lacustrine deposits probably do not form the top the Pleistocene sequence.

In a significant section of the cable route an unknown unit is mapped, which could consist multiple lithostratigraphic units, including tidal deposits of the Naaldwijk Formation, terrestrial deposits of the Bortel Formation, and – possibly – laminated silty clay of the Brown Bank Member. Further, the basal part of the unit which, based on available grid data, is mapped as the Bligh Bank Member, is likely to include Early Holocene tidal deposits of the Naaldwijk Formation, peat of the Basal Peat Bed | Nieuwkoop Formation and/or stream deposits of the Singraven Member | Bortel Formation and river sand of the Kreftenheye Formation. As long as the actual lithostratigraphy of the unknown unit and the Bligh Bank Member is not resolved, it is not possible to answer this question.

*Are buried channel structures observed? If so, what are the characteristics of the channel structures in terms of spatial distribution (width, depth, shape, size), the composition of the infill, stratigraphic position and age?*

Yes, paleo-channels have been identified along the cable routes. The paleo-channels have incised Late Pleistocene units and are truncated by the Bligh Bank Member. The infilled channels display clear parallel layers of (what is assumed) clay, silt, and fine sand. These channels are interpreted as Early Holocene tidal channel deposits of the Wormer Member | Naaldwijk Formation and Late Glacial and Early Holocene stream deposits (clay, loam, fines sand, peat) of the Singraven Member | Bortel Formation. Further, channel-like features are observed within the Kreftenheye Formation.

*Are peat/or clay deposits observed? If so: What is the spatial distribution (depth, size), stratigraphic position and age of these deposits.*

Yes, layers of clay and peat have been observed at different locations along the Nederwiek 1 cable route. The vibrocores in which has been found are listed in the table below. Laminae, thin beds, and pockets that

are part of predominantly silty of sandy units are not included in this list. The used abbreviations are explained below the table.

Vibrocore nr	Peat	Elevation Top m LAT	Elevation Base m LAT	Thickness m	Stratigraphy*	Age
VC_018_B	X	-28.58	-28.82	0.24	NIBA	EH
VC_087_A	X	-31.96	-32.29	0.33	NIBA	EH
VC_088_B	X	-31.94	-32.27	0.33	NIBA	EH
VC_089_A	X	-32.40	-32.65	0.25	NIBA	EH
VC_097_A	X	-35.09	-35.39	0.30	NIBA	EH
VC_098_A	X	-31.64	-31.79	0.15	NIBA	EH
VC_156_A	X	-32.45	-32.55	0.10	NIBA	EH
VC_157_A	X	-33.01	-33.06	0.05	NIBA	EH

Table 15. List of vibrocores with peat layers

\*Preliminary interpretation

Abbreviations explained:

NIBA = Nieuwkoop Formation | Basal Peat Bed; peat

EH = Early Holocene

*Can zones be identified where prehistoric settlement remains can be expected?*

Remains of Palaeolithic and Mesolithic camp sites are to be expected at:

- the beaches of lagoons and at the shores of lakes (Brown Bank Member; Middle Palaeolithic)
- braided river valley (Kreftenheye Formation; Middle and Late Palaeolithic)
- river dunes (Boxtel Formation; Late Palaeolithic and Mesolithic)
- cover sand dunes and ridges (Wierden Member | Boxtel Formation; Late Palaeolithic and Mesolithic)
- the valleys of small streams (Singraven Member | Boxtel Formation; Late Palaeolithic and Mesolithic)

It is not possible to designate areas where the Pleistocene landscape and Early Holocene landscapes and related archaeological remains have been preserved intact and identify zones where prehistoric settlements are to be expected. In general can be said, that areas that did not suffer from erosion due to later sedimentation could contain intact remains. Often these areas are parts of the landscape that have been covered with peat or clay, which protected landscape and remains in the context of this landscape against erosion. From this research it has become apparent that there are some major question marks regarding the lithostratigraphy along the Nederwiek 1 cable route. These question marks primarily concern the base of the Bligh Bank Member and the actual age and genesis of an unknown unit that most likely has been deposited in the Late Glacial and Early Holocene and lies in between the top of the Pleistocene units and the overlying Bligh Bank Member.

If so:

*Could these expected settlement remains be affected by the installation of the cables based on their vertical position related to the seabed?*

Yes, settlements could be affected by the installation of cables if:

- the favourable elements of the paleo-landscapes (dunes, stream valleys, beaches of lagoons, shores of lakes, et cetera) occur along the cable route, and
- these paleo-landscapes have not been affected by erosion, and
- the paleo-landscapes and related in situ prehistoric remains are located proximate to the seabed surface, within the depth range of the cable trencher.

*Are there any indications observed on the seismic profiles for the presence of buried (man-made) objects?*

No, these indications have not been observed. It should be noted, that with seismics only objects can be found, which are located straight beneath the subbottom profiler; buried objects located in between survey lines cannot be traced.

If so:

*Based on the presence of buried objects and its correlation with side scan sonar, magnetometer and multibeam data can something be said about the nature of these buried objects?*

This question is not applicable.

## 5 Summary and recommendations

A large quantity of survey data (*side scan sonar, magnetometer, multibeam echo sounder and subbottom profiling*) recorded within the survey corridor covering a total area of 489 km<sup>2</sup> have been analysed in order to conduct an archaeological assessment.

The current analysis of geophysical survey results is the second and step in the AMZ-cycle, following the desk study. The purpose of this assessment is to test the desk study-based expectancy for archaeological remains in the area. The expectancy covers remains of shipping related objects (wrecks), airplanes from World War II and prehistoric settlements.

Within the surveyed area, an archaeological expectation was assigned to a total of 53 contacts. In accordance with the directive from the RCE, no seabed disturbances should be carried out within 100 meters of each of the marked locations. If any activities will take place within 100 meters of a potential archaeological location, it will be examined on a case-by-case basis whether the 100 meters should be maintained in consultation with the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE). The listed side scan sonar contacts are considered to be of archaeological value until proven otherwise through an additional assessment by a certified archaeologist.

Along the Nederwiek 1 route 6 of the sonar contacts fall within 100 meters of the route.

ID	E	N	Distance to the cable(m)	Location
SSS_LOC_IJVM_40372	544298	5713143	12	Veerse meer
SSS_LOC_IJVM_40370	548023	5708143	16	Veerse meer
SSS_WIN_IJVM_60125	547506	5709051	19	Veerse meer
SSS_LOC_IJVM_40817	544969	5712546	57	Veerse meer
SSS_LOC_IJVM_40553	548641	5707654	72	Veerse Meer
SSS_LOC_IJVM_40812	545032	5712482	82	Veerse meer

Table 16. Potential archaeological contacts within 100 meters from route Nederwiek 1

## Magnetic anomalies

At 87 locations magnetic anomalies with a peak-to peak value over 500 nT have been mapped which cannot be related to known objects like pipelines or cables and may be of potential archaeological interest. The objects that cause these anomalies are not visible on side scan sonar or multibeam images and are therefore considered to be buried in the seabed. These objects could, apart from archaeological objects, include debris, UXO, lost anchors, et cetera. As long as the character of these objects has not been determined, the objects are considered to be of potential archaeological interest.

Along the Nederwiek 1 route 15 of the magnetometer contacts fall within 100 meters of the route.

Anom_ID	Amplitude	Easting	Northing	Distance to the cable(m)	Location
MAG_LOC_VM_406	1119,8	545790	5711942	2	Veerse meer
MAG_WIN_60151	708,3	544468	5715314	18	Veerse meer
MAG_LOC_VM_400	2437,9	548766	5707682	23	Veerse meer
MAG_LOC_VM_408	713,3	544378	5713045	25	Veerse meer
MAG_LOC_VM_400	559,4	549210	5707810	26	Veerse meer
MAG_LOC_VM_406	807,7	545936	5711811	38	Veerse meer
MAG_LOC_VM_400	1170,9	549197	5707819	39	Veerse meer
MAG_GVA_01029	3518,62	547291	5753400	39	North Sea
MAG_POS_50043	932,42	549962	5708186	46	Veerse meer
MAG_LOC_VM_408	570,5	544526	5712869	47	Veerse meer
MAG_LOC_VM_401	816	547976	5708277	50	Veerse meer
MAG_LOC_VM_400	753,9	548526	5707705	50	Veerse meer
MAG_LOC_VM_403	566,1	547217	5710468	75	Veerse meer
MAG_COB_02080	599,53	516229	5883008	94	North Sea
MAG_WIN_60192	839,8	544499	5715470	99	Veerse meer

Table 17. Potential archaeological magnetometer contacts within 100 meters from route Nederwiek 1

In accordance with directive from the RCE, no seabed disturbances should be carried out within 100 meters of each of the marked locations. If any activities will take place within 100 meters of a potential archaeological location, it will be examined on a case-by-case basis whether the 100 meters should be maintained in consultation with the Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE). The listed magnetometer contacts are considered to be of archaeological value until proven otherwise through an additional assessment by a certified archaeologist. All locations of potential archaeological interest are shown in figure 11.



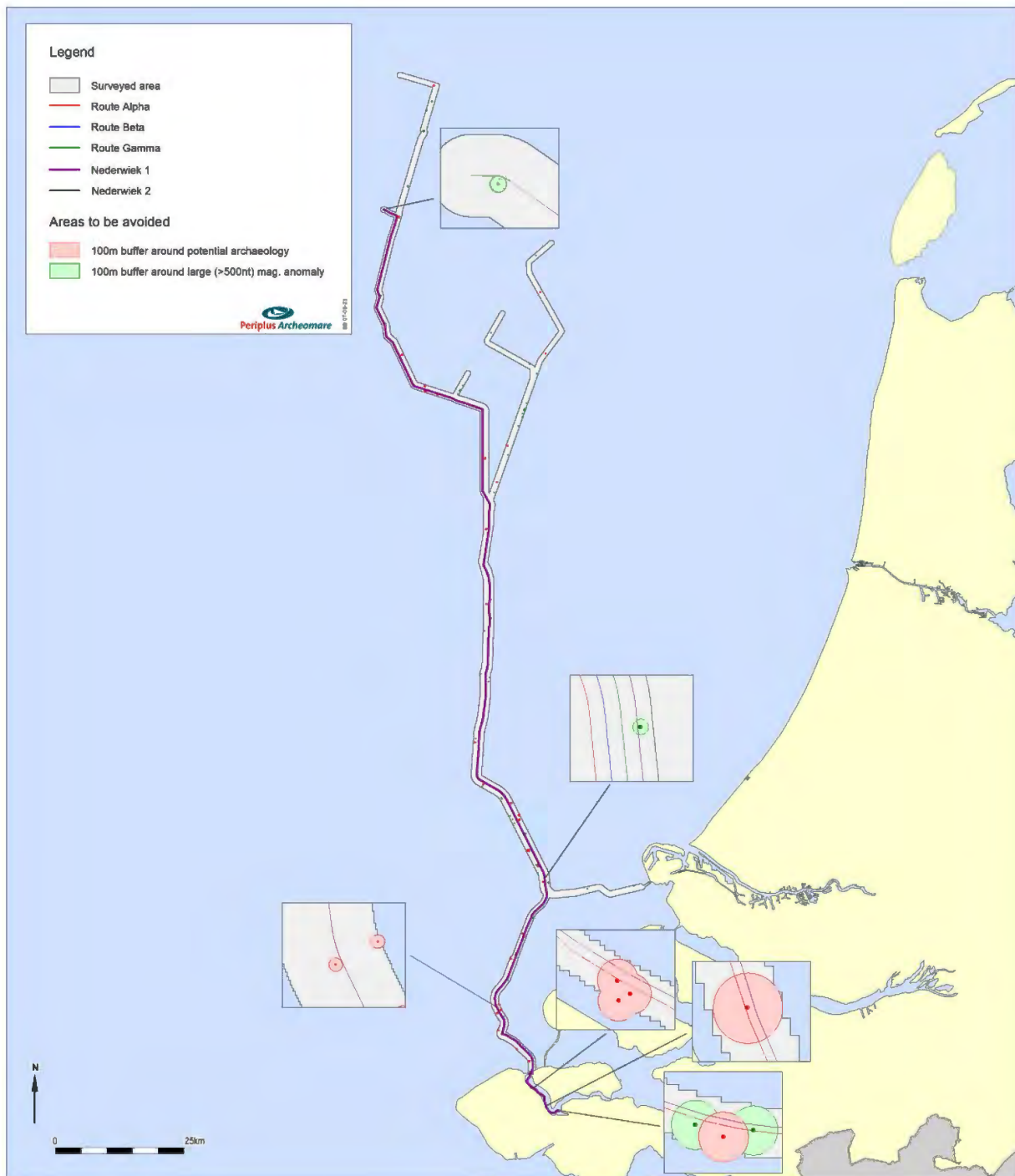


Figure 11. Advice - Sites to be avoided along the Nederwiek 1 route including a 100-meter buffer zone.

The buffer zone of 100 meters is a standard that applies to the protection of cultural heritage.. However, this distance may be reduced if it can be substantiated that the applied disturbance has no effect on the archaeological object. For example, when no anchoring is used during cable lay operations the buffer zone can be decreased. Reduction of the distance has to be approved by Rijkswaterstaat (RWS). Rijkswaterstaat is the enforcing authority, acting on behalf of the Ministry of Economic Affairs and Climate Policy. The Cultural Heritage Agency of the Netherlands (RCE) acts as an advisor to Rijkswaterstaat.

If it is not feasible to avoid the reported *magnetometer* locations, additional research is required in order to determine the actual archaeological value of the reported locations. It is advised that the UXO research within 100 meters of the *magnetometer* anomalies are carried out under archaeological supervision. Depending on the outcome of the UXO research it can be decided if additional research (for instance by means of ROV or dive investigations) is needed or whether the 100m distance can be reduced after consultation with the authorities. If the UXO research indicates that the object has no archaeological value, the location can be omitted.

### **Prehistoric landscapes and related archaeological remains**

The assessment of seismic data, vibrocore descriptions and CPT-logs has shown that an intact well-preserved sequence of Late Pleistocene and Early Holocene landscapes could locally have been preserved along the cable route. It is not possible to specifically target the areas where the Pleistocene landscape is intact. Therefore, it cannot be excluded that in part of the trajectory intact well-preserved prehistoric landscapes and possible archaeological remains contained herein are affected by the installation of the cables. However, due to small size of Late Paleolithic and Mesolithic campsites it is very difficult to trace and map these sites. Generally, these campsites do not exceed a few m<sup>2</sup>. Therefore, it is not possible to take mitigating measures to prevent disturbance of sites.

The analysis of vibrocore samples offers an opportunity to gain valuable information on the development of Late Pleistocene and Early Holocene terrestrial and aquatic landscapes which are crossed by the cables. It is advised to conduct specialist research including AMS <sup>14</sup>C age dating, pollen, diatom, it is advised to conduct specialist research including AMS <sup>14</sup>C age dating, pollen, diatom, foraminifera, and ostracod analysis. The designation of vibrocores and sample intervals shall, in accordance with the Dutch Quality Standard (Dutch: Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie) be documented in a Plan of Action. It is suggested to focus on a limited number of representative vibrocores, from which a large number of intervals are sampled, instead of selecting a large number of vibrocores from which a small number of samples are taken.

During the installation of the cables, archaeological objects may be discovered which were completely buried or not recognized as an archaeological object during the geophysical survey. We recommend archaeological supervision based on an approved Program of Requirements. Following this recommendation would prevent delays during the work when unexpectedly archaeological remains are found. In accordance with the Erfgoedwet, it is required to report those findings to the enforcing authority (Rijkswaterstaat). This notification must also be included in the scope of work.

## List of Figures

Figure 1. Advice - Sites to be avoided along the Nederwiek 1 route including a 100-meter buffer zone. ....	8
Figure 2. Location map of area of investigation.....	10
Figure 3. Bathymetry Nederwiek 1 route based on the multibeam recordings (source data: Next Geosolutions) .....	23
Figure 4. Example of contacts 450041 and 450128 .....	28
Figure 5. Sonar image of NCN 9316 during the 2020 survey .....	29
Figure 6. Example of contact magnetic anomaly 65017, buried remains of Rival.....	30
Figure 7. Classification of the magnetic anomalies.....	32
Figure 8. Overview of the magnetic anomalies peak-to-peak values of 500 nT or more.....	33
Figure 9. Vibrocore log VC_193_A with Periplus Archeomare interpretation.....	37
Figure 10. Clay sequence above 'Top of layered sediments' reflector .....	42
Figure 11. Advice - Sites to be avoided along the Nederwiek 1 route including a 100-meter buffer zone. .	52

## List of tables

Table 1. Dutch archaeological periods.....	3
Table 2. Administrative details.....	3
Table 3. Potential archaeological contacts within 100 meters from route Nederwiek 1 .....	6
Table 4. Potential archaeological magnetometer contacts within 100 meters from route Nederwiek 1 .....	7
Table 5. Data used for the archaeological assessment .....	15
Table 6: Overview of the survey campaigns and the employed survey methods. ....	16
Table 7. Characteristics of geophysical and geotechnical methods employed .....	18
Table 8. Summary of known objects.....	24
Table 9. Classification of side scan sonar contacts by Next Geosolutions .....	25
Table 10. Results of the assessment of selected side scan sonar contacts.....	26
Table 11. Listing of sites with an archaeological expectation.....	27
Table 12. Classification of the magnetic anomalies.....	31
Table 13. Official archaeological findings within the surveyed area.....	44
Table 14. Classification of the side scan sonar contacts .....	45
Table 15. List of vibrocores with peat layers.....	48
Table 16. Potential archaeological contacts within 100 meters from route Nederwiek 1 .....	50
Table 17. Potential archaeological magnetometer contacts within 100 meters from route Nederwiek 1 ..	51

## Glossary and abbreviations

<b>Terminology</b>	<b>Description</b>
<i>AMZ</i>	Archeologische Monumenten Zorg, a description of procedures to ensure the protection of National archaeological Cultural Heritage
<i>CPT</i>	Cone penetration test
<i>Eemian</i>	Warm period (interglacial) between Saalian and Weichselian from 130.000 to 115.000 years ago
<i>Erratic</i>	An (glacial) erratic is a piece of rock that differs from the size and type of rock native to the area in which it rests. These rocks are carried by glacial ice, often over distances of hundreds of kilometres. Erratics can range in size from pebbles to large boulders.
<i>Ferrous</i>	Material, which is magnetic or can be magnetized, and well-known types are iron and nickel
<i>Glacial</i>	Ice-age
<i>Holocene</i>	Youngest geological epoch (from the last Ice Age, around 10,000 BC. to the present)
<i>In situ</i>	At the original location in the original condition
<i>Interglacial</i>	Warm period in between two ice-ages
<i>KNA</i>	Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie = Dutch Quality Standard for Archaeological Research
<i>Magnetometer</i>	Methodology to measure deviations from the earth's magnetic field (caused by the presence of ferro-magnetic = ferrous objects)
<i>Multibeam</i>	Acoustic instrument that uses different bundles or beams to measure the depth in order to create a detailed topographic model
<i>Pleistocene</i>	Geological era that began about 2 million years ago. The era of the ice ages but also moderately warm periods. The <i>Pleistocene</i> ends with the beginning of the <i>Holocene</i>
<i>PvE</i>	Program of Requirements (Dutch: Programma van Eisen)
<i>RCE</i>	Ministry of Cultural Heritage (Dutch: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed)
<i>ROV</i>	Remotely Operated Vehicle
<i>Saalian</i>	Second last Ice age (glacial) from 240.000 to 130.000 years ago
<i>Sidescan sonar</i>	Acoustic instrument that registers the amplitude of reflections of the seabed. The resulting images are similar to a black / white photograph. The technique is used to detect objects and to classify the morphology and type of soil
<i>Current ripples</i>	Asymmetrical wave pattern at the seabed caused by currents. The steep sides of the ripples are always on the downstream side
<i>Subbottom profiler</i>	Acoustic system used to create seismic profiles of the subsurface
<i>Trenching</i>	Construction of a trench for the purpose of burying a cable or pipeline
<i>Vibrocore</i>	Vibrocore bore is a special drilling technique where a core tube is driven by means of vibration energy in the seabed. In addition, the core tube is provided with a piston so that the bottom material in the core tube remains in place
<i>Weichselian</i>	Last Ice Age (glacial) from 115.000 to 12.000 years ago

## References

### Literature

- Busschers, F.S., C. Kasse, R.T. Van Balen, J. Vandenberghe, K.M. Cohen, H.J.T. Weerts, J. Wallinga, C. Johns, P. Cleveringa and F.P.M. Bunnik, 2007: Late Pleistocene evolution of the Rhine-Meuse system in the southern North Sea basin: imprints of climate change, sea-level oscillation and glacio-isostasy. *Quaternary Science Reviews* 26 (25-28), 3216-3248.
- NextGEO, 2022. OFFSHORE GRID NL - Offshore Route Survey Activities (non-UXO) IJmuiden Ver Alpha/Beta/Gamma. Final Report - Integrated Geophysical & Geotechnical Report.
- NextGEO, 2023. OFFSHORE GRID NL - Offshore Route Survey Activities (non-UXO) Nederwiek 1,2 and 3. Final Report - Integrated Geophysical & Geotechnical Report.
- Van den Brenk, S. en R. van Lil, 2021. *Inventariserend Veldonderzoek (opwaterfase), de Banjaard, Noordzee*. Periplus Archeomare rapport 20A015-03.
- Van den Brenk, S. en R. van Lil, 2021. *Programma van Eisen IJmuiden Ver Alpha*. Periplus Archeomare project 21A001-01.
- Van den Brenk, S. en R. van Lil, 2021. *Programma van Eisen IJmuiden Ver Beta*. Periplus Archeomare project 21A002-01.
- Van den Brenk, S., 2022. *Programma van Eisen IJmuiden Ver Gamma*. Periplus Archeomare project 21A002-05.
- Van Heeteren, S., 2010. Analysis of seabed and soil quality required for wind farms. We@Sea project 2005-005.
- Van Lil, R. en R.W. Cassée, 2021. *Archeologisch bureauonderzoek Net op zee IJmuiden Ver Gamma*. Periplus Archeomare rapport 21A002-04.
- Van Lil, R., S. van den Brenk en R.W. Cassée, 2021. *Archeologisch bureauonderzoek Net op zee IJmuiden Ver Alpha*. Periplus Archeomare rapport 20A024-01A.
- Van Lil, R., S. van den Brenk en R.W. Cassée, 2021. *Archeologisch bureauonderzoek Net op zee IJmuiden Ver Beta*. Periplus Archeomare rapport 20A024-01B.
- Van den Brenk, S., van Lil, R. en R.W. Cassée, 2023. *Archeologisch bureauonderzoek Net op zee Nederwiek 1*. Periplus Archeomare rapport 22A027-01.
- Van den Brenk, S., van Lil, R. en R.W. Cassée, 2023. *Archeologisch bureauonderzoek Net op zee Nederwiek 2*. Periplus Archeomare rapport 22A028-01.
- Vink, A., Steffen, H., Reinhardt, L. en Kaufmann, G., 2007. Holocene relative sea-level change, isostatic subsidence and the radial viscosity structure of the mantle of northwest Europe (Belgium, The Netherlands, Germany, southern North Sea). *Quaternary Science Reviews*, 26, pp. 3249-3275.

### Sources from the Internet

- Dienst der Hydrografie ([www.hydro.nl](http://www.hydro.nl))
- Geologische Dienst Nederland – Data Informatie Nederlandse Ondergrond ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl))
- Noordzeeloket ([www.noordzeeloket.nl](http://www.noordzeeloket.nl))
- North Sea paleo-landscapes, University of Birmingham ( <http://www.iaa.bham.ac.uk>)
- Olie en Gasportaal ([www.nlog.nl](http://www.nlog.nl))
- Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB.nl)

### Various sources

- Archis III, archeologische database Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed
- KNA Waterbodems 4.1
- Nationaal Contactnummer Nederland (NCN)
- SonarReg, objectendatabase Rijkswaterstaat Noordzee en Delta

## Appendix 1. Potential Archaeological sites

Based on side scan sonar and multibeam echo sounder recordings.

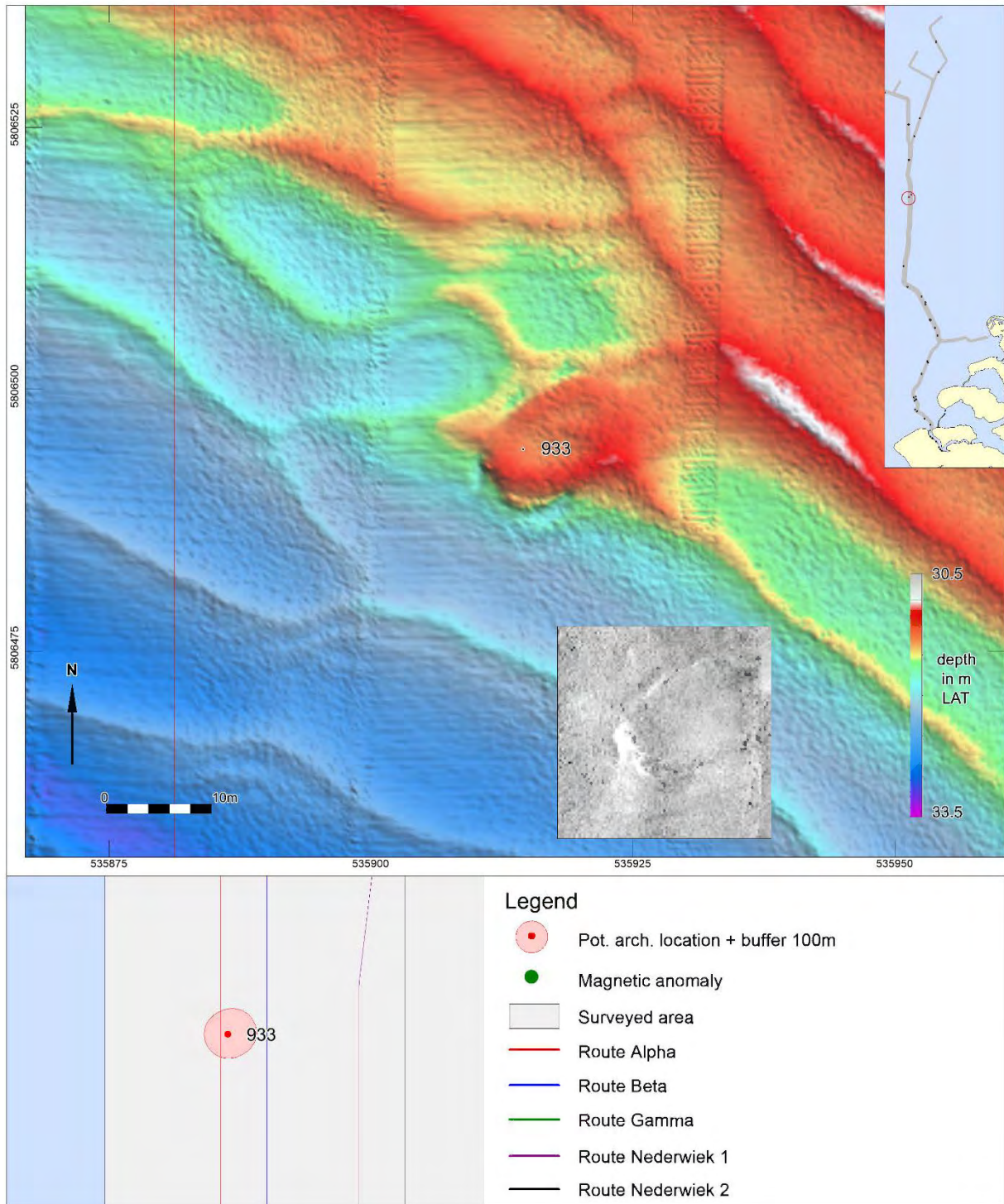
## Appendix 1 – Potential archaeological sites

From surveys Net op Zee IJmuiden Ver Alpha, Beta, Gamma, Nederwiek 1, 2

ID	Feature Next	Easting	Northing	Depth	NCN	Classification PPA
933	Debris linear	535914	5806494	-31.2	-	Possible wreck remains
1403	Debris other	536762	5807461	-30.0	13903	Possible wreck remains
1488	Wreck	533775	5779687	-29.2	2869	Wreck
1724	Debris other	535351	5771480	-28.1	-	Wreck remains
1903	Debris other	543918	5758747	-26.6	-	Wreck remains
1906	Debris other	543999	5758712	-25.3	-	Wreck remains
1933	Debris linear	544136	5758591	-27.4	-	Wreck remains
1948	Debris other	544209	5758751	-24.5	382	Wreck
1954	Wreck	544260	5758544	-25.7	-	Wreck
2060	Debris metal	546040	5755589	-23.7	-	Possible wreck remains
2298	Wreck	546976	5752572	-24.6	364	Wreck
3110	Debris other	537985	5830159	-25.8	-	Possible wreck remains
3149	Debris linear	540080	5837238	-32.0	-	Possible wreck remains
10053	Wreck	535976	5821101	-29.8	2810	Wreck
10059	Wreck	535882	5821036	-30.5	-	Possible wreck remains
10078	Debris other	535768	5834877	-27.9	-	Possible wreck remains
10083	Wreck	535656	5834718	-24.8	2081	Wreck
27085	Debris linear	540790	5737641	-22.2	-	Possible wreck remains
28022	Debris linear	543281	5741924	-24.4	-	Wreck remains
28068	Debris linear	543025	5742529	-22.1	-	Possible wreck remains
28228	Wreck	543296	5741910	-24.3	-	Wreck
40370	Wreck	548023	5708143	-15.1	-	Wreck, recent
40372	Wreck	544298	5713143	-16.3	-	Wreck, recent
40465	Wreck	544976	5712448	-9.5	-	Wreck, recent
40530	Debris linear	546499	5711248	-10.6	-	Possible wreck remains
40531	Debris linear	546471	5711261	-11.4	-	Wreck remains
40553	Debris other	548641	5707654	-8.7	-	Possible wreck remains
40812	Debris linear	545032	5712482	-8.8	-	Possible wreck remains
40817	-	544969	5712546	-9.4	-	Wreck remains
42231	Wreck	544305	5717781	-4.9	1670	Wreck
43101	Wreck	538996	5722986	-11.9	-	Wreck
43103	Wreck	541871	5720092	-13.9	-	Wreck
60125	Debris linear	547506	5709051	-13.8	-	Possible wreck remains
65017	Wreck	538034	5727082	-0.4	9339	Wreck
440161	Debris linear	538263	5723739	-10.4	-	Possible wreck remains
450041	Wreck	538796	5727655	-9.1	-	Wreck
450063	Wreck	537778	5728407	-9.0	-	Wreck
450128	Wreck	538786	5727670	-7.7	9316	Wreck
450153	Wreck	538420	5728758	-7.4	192	Wreck
2140014	Debris other	547442	5855149	-30.5	-	Possible wreck remains
2150001	Wreck	546418	5867040	-25.8	-	Possible wreck remains
2150002	Wreck	546385	5867084	-25.9	-	Possible wreck remains
BRK_11012	Debris Linear	540808	5767868	-27.7	-	Possible wreck remains
BRK_11020	Debris Other	542369	5764697	-28.5	-	Possible wreck remains
COB_00438	Debris Other	526488	5847207	-35.1	-	Possible wreck remains
COB_00461	Debris Linear	524100	5847759	-40.7	-	Possible wreck remains

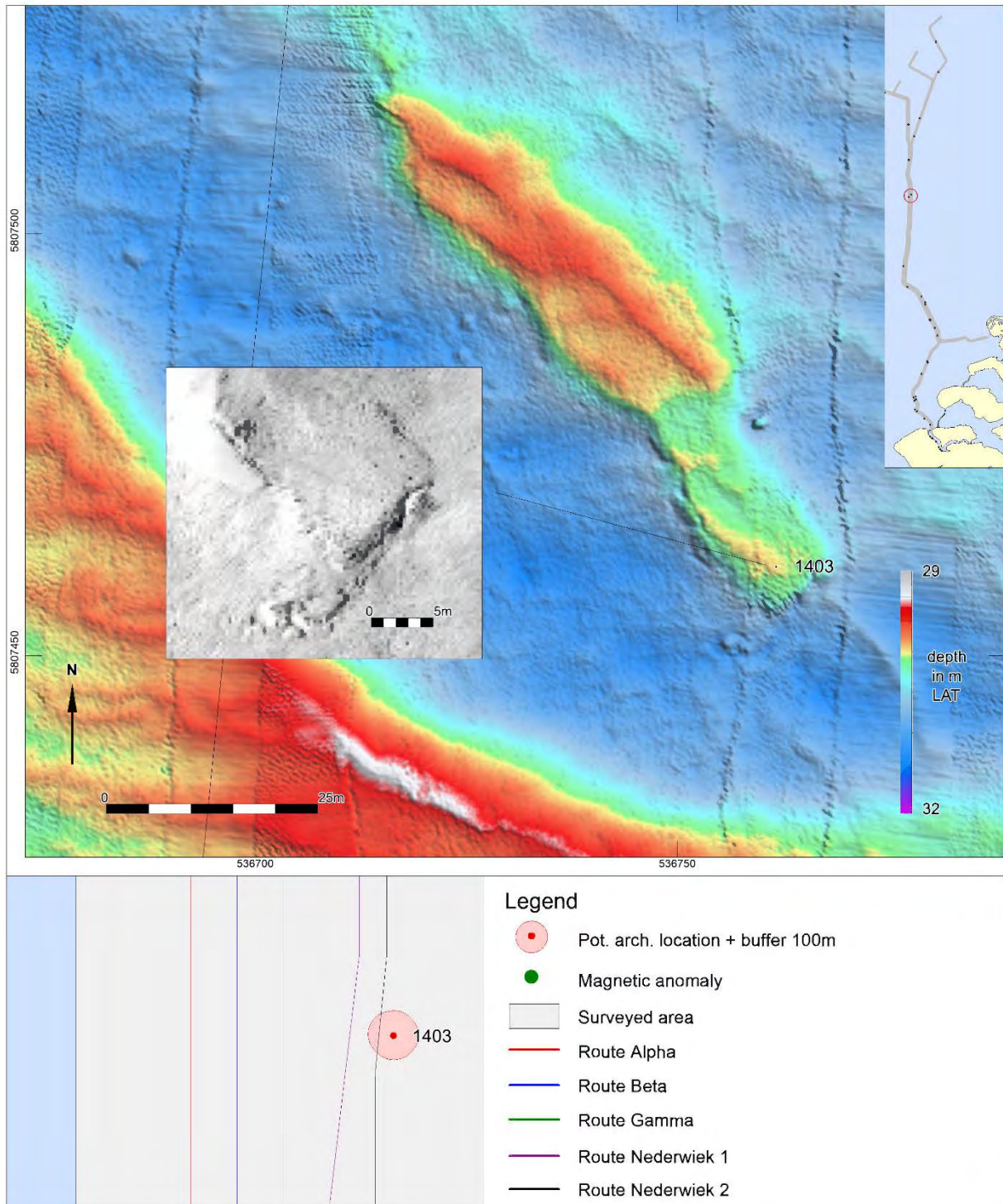


ID	Feature Next	Easting	Northing	Depth	NCN	Classification PPA
COB_00463	Debris Other	524040	5848843	-40.5	-	Possible wreck remains
COB_00536	Debris Other	519571	5854937	-34.0	-	Possible wreck remains
COB_02273	Debris Fish Net	525796	5907245	-27.8	-	Possible wreck remains
BRK_11019	Wreck	542324	5765516	-25.1	24	Wreck
COB_00642	Wreck	518981	5881679	-27.7	1211	Wreck
COB_00655	Wreck	518956	5881687	-27.2	1211	Wreck
COB_00654	Wreck	518972	5881684	-27.2	1211	Wreck



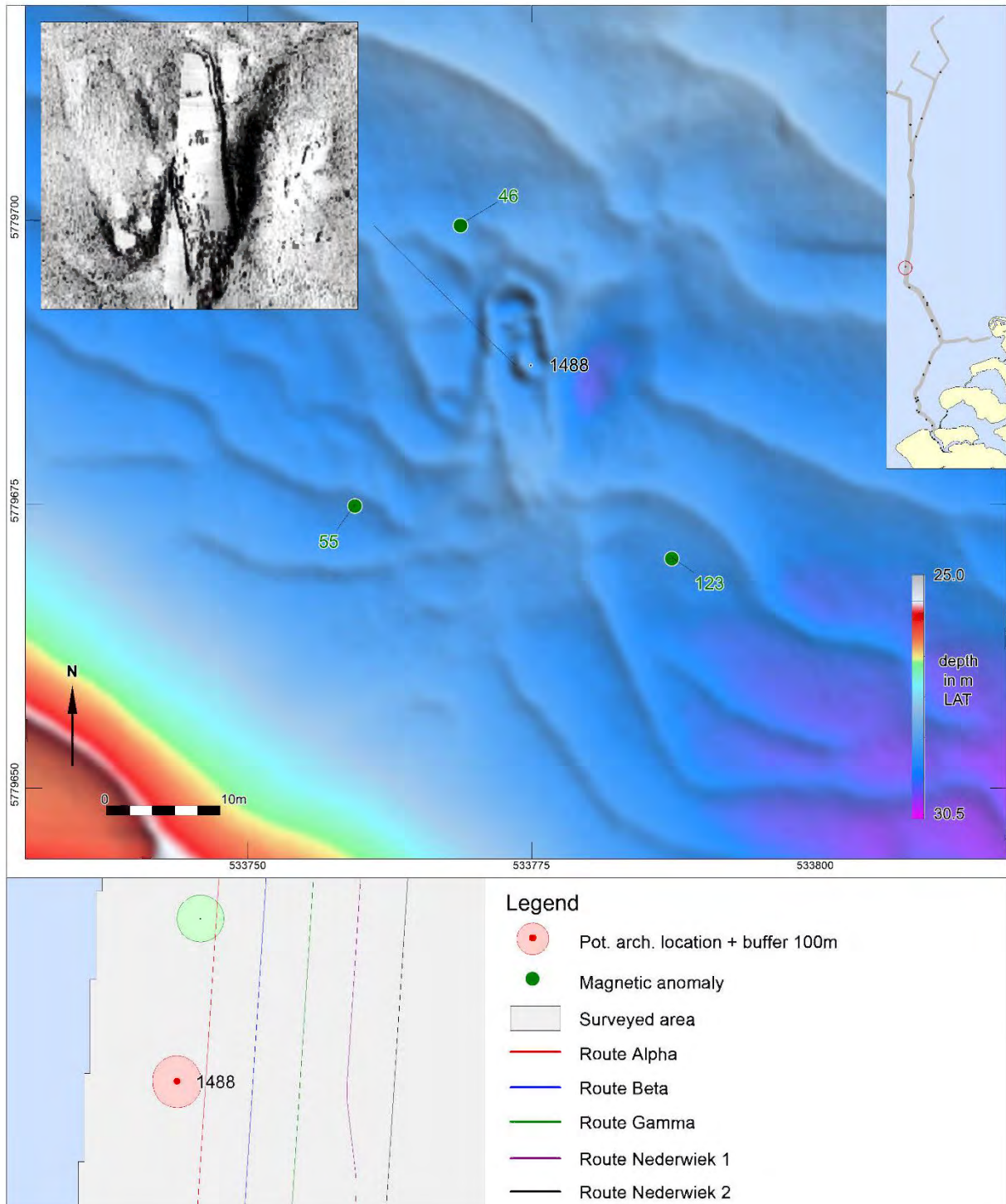
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Alpha
933	Debris linear	23.6	9.8	0.2	535914	5806494	-31.2	114.206

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Oval structure 25x10m, no mag. possible wreck	Possible wreck remains	1



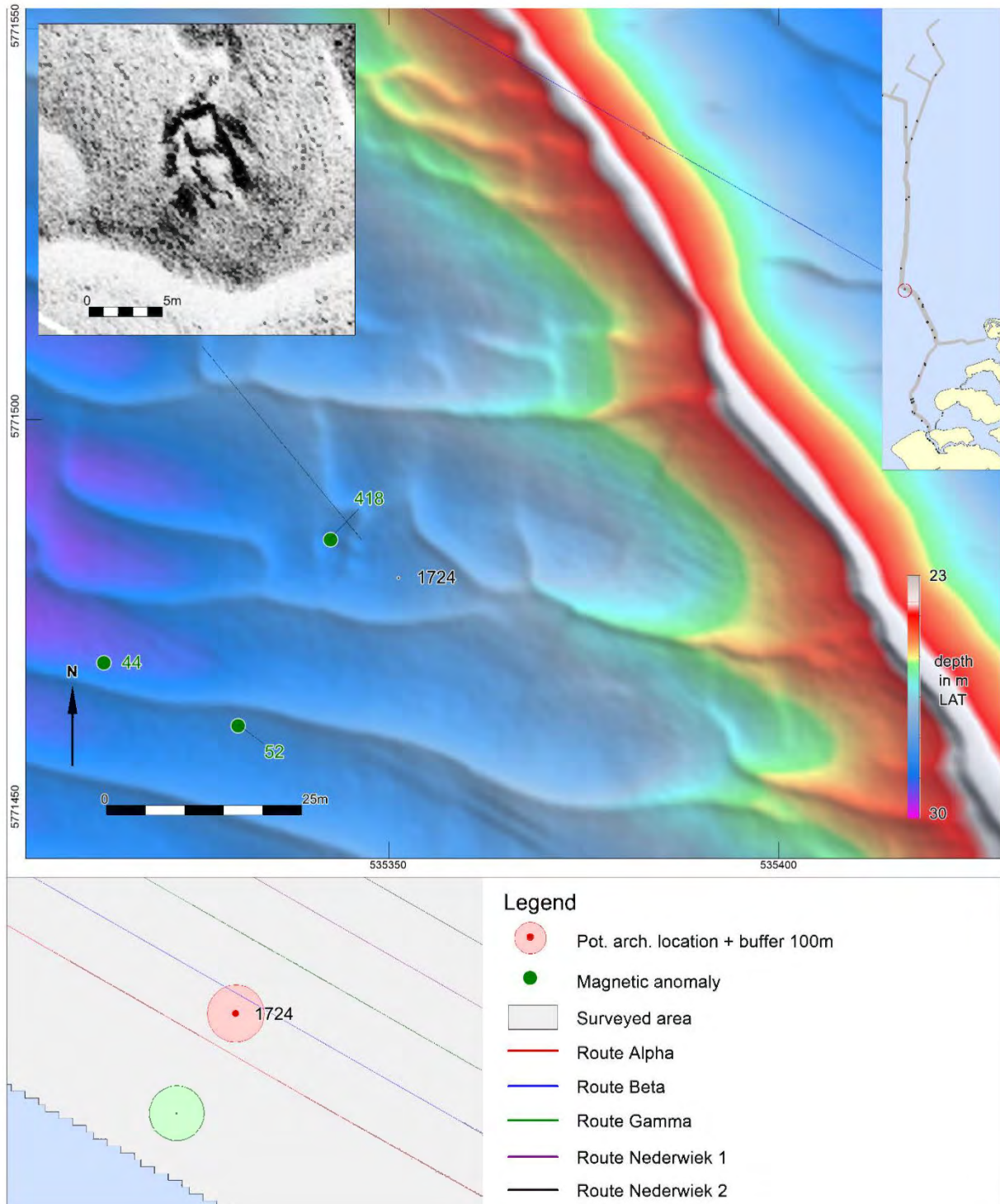
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
1403	Debris other	25.6	2.3	0.7	536762	5807461	-30.0

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
13903	Cluster of small objects in rectangular structure	Possible wreck remains	1



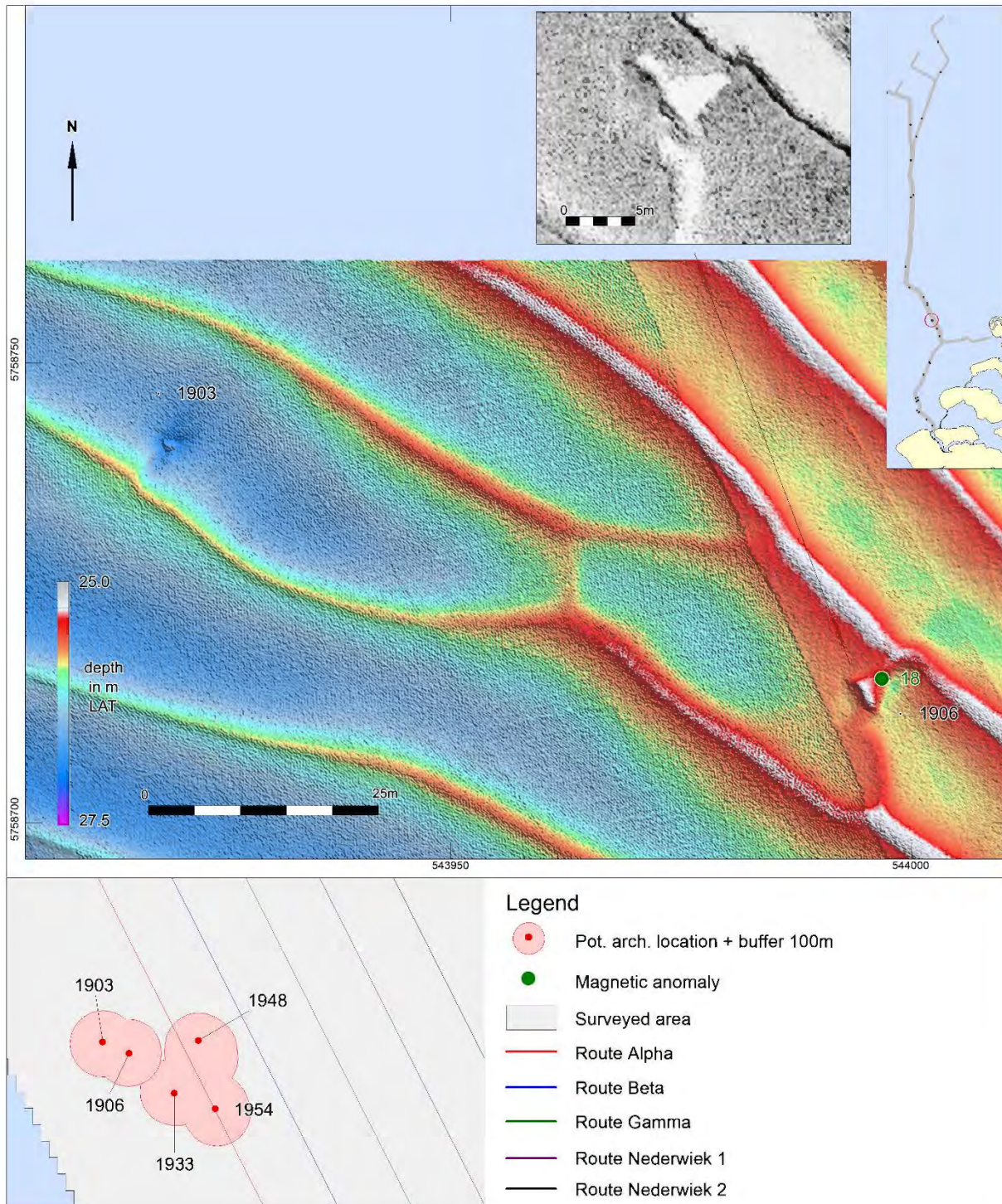
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
1488	Wreck	24.3	5.9	0.4	533775	5779687	-29.2

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
2869	Unidentified wreck, wood. NCN 2869	Wreck	2



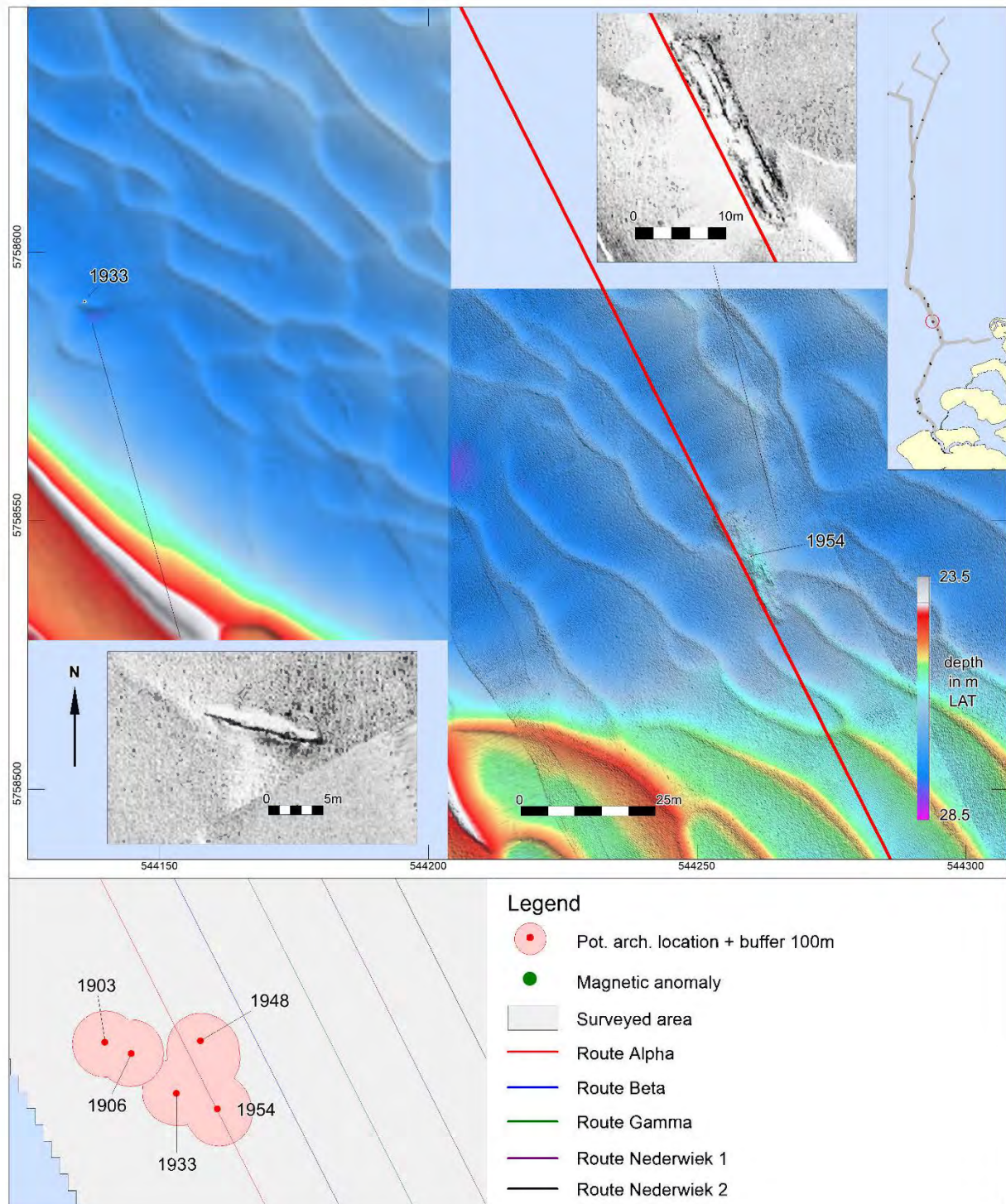
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Beta
1724	Debris other	4.8	3.3	0.4	535351	5771480	-28.1	46.319

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Cluster of square objects with strong reflection	Wreck remains	1



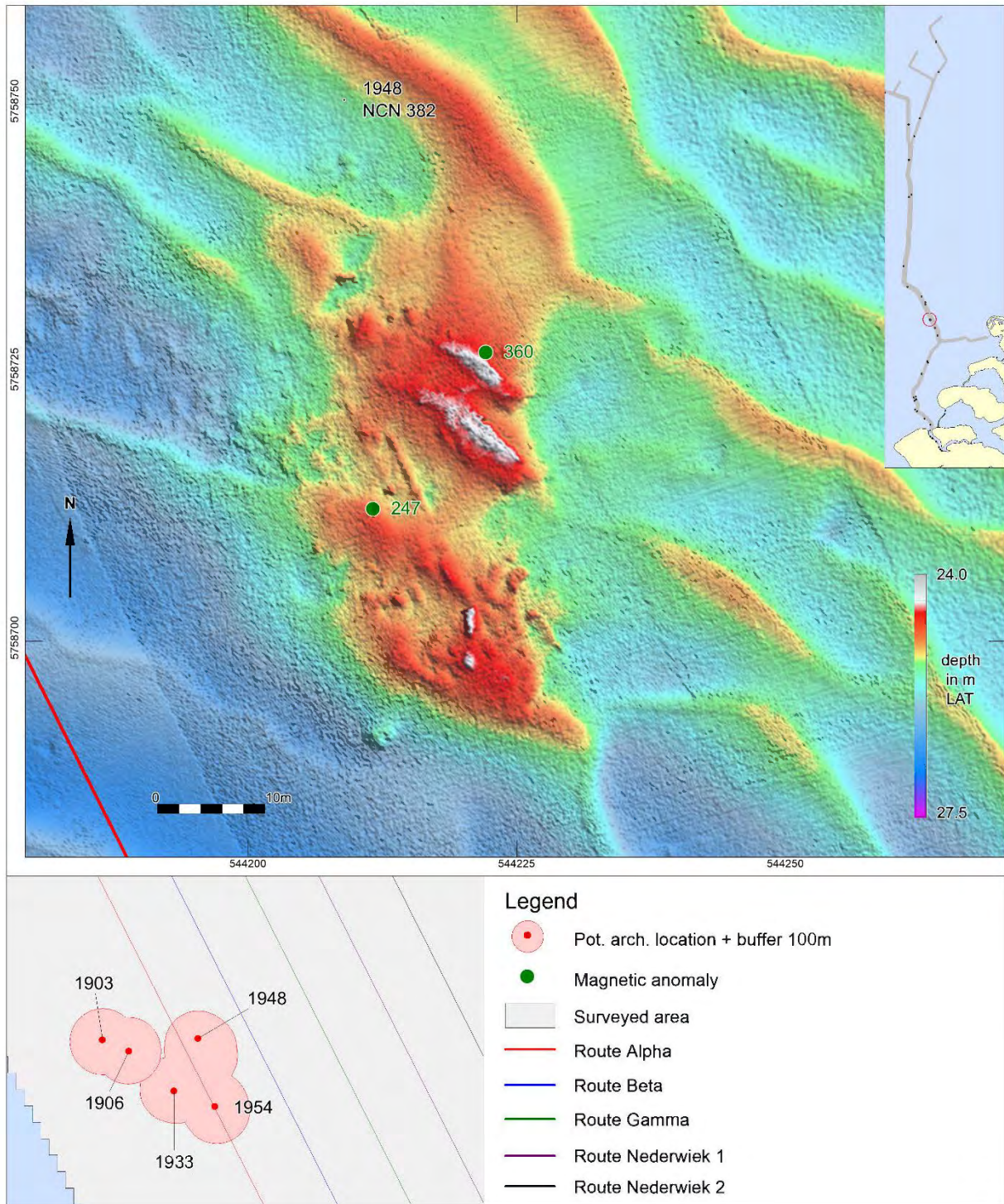
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
1903	Debris other	3.1	1.3	0.4	543918	5758747	-26.6
1906	Debris other	7.1	1.1	0.8	543999	5758712	-25.3

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Partly buried structure 2 x 2 m 250m w of wreck NCN 382	Wreck remains	2
-	Rectangular isolated object 3.8 x 1.3 m, 200m w of wreck NCN 382	Wreck remains	2



ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Alpha
1933	Debris linear	10.9	0.4	0.2	544136	5758591	-27.4	62.038
1954	Wreck	23.8	5.1	0.8	544260	5758544	-25.7	61.940

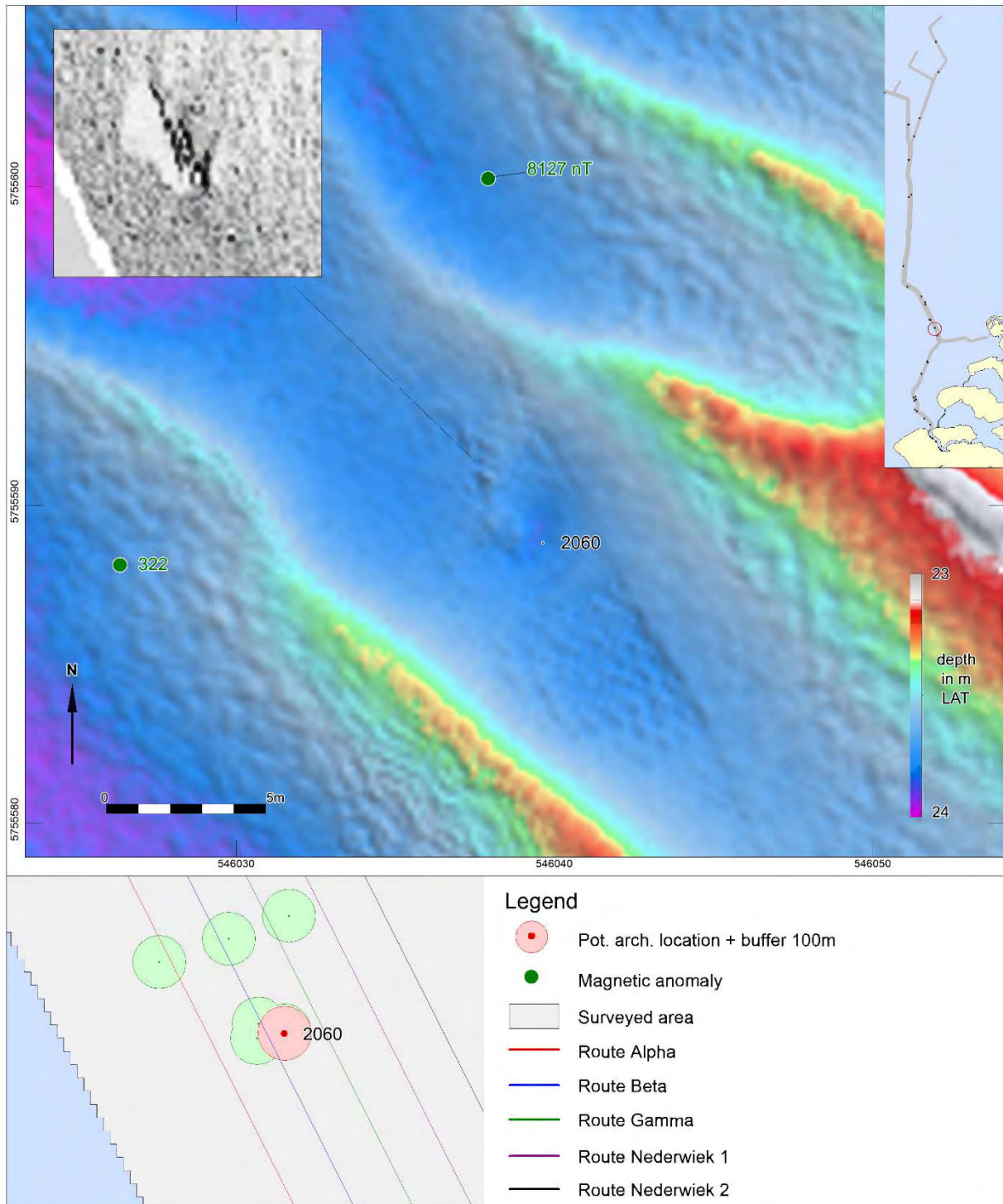
NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Partly buried structure w of wreck remains NCN 382	Wreck remains	2
-	Large structure 23 x 4m, probably wreck	Wreck	2



ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Alpha
1948	Debris other	4.3	1.4	0.2	544209	5758751	-24.5	62.148

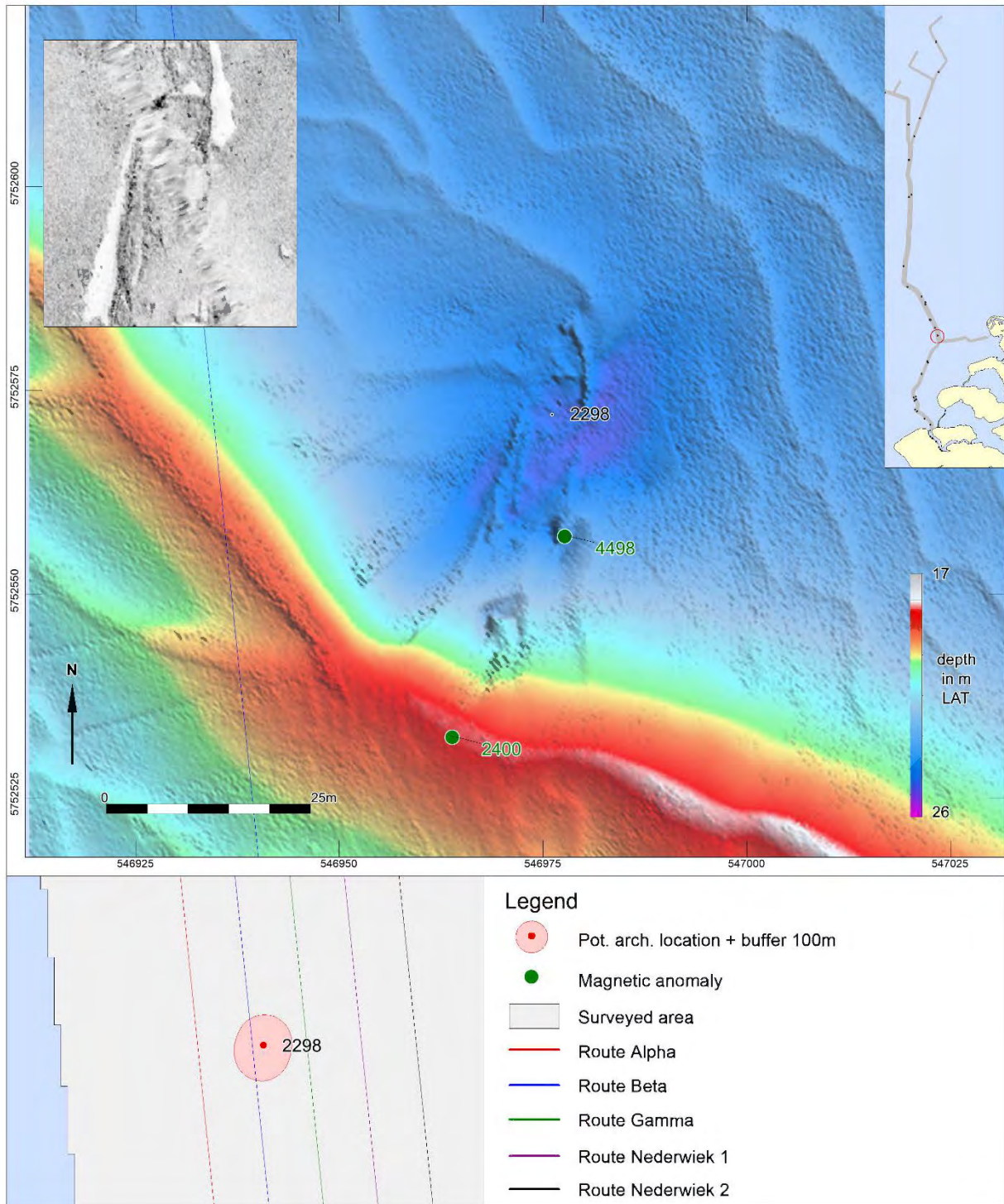
NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
382	Wreck remains NCN 382, wooden sailing vessel, three-masted reported by divers. RCE 3035875100	Wreck	2





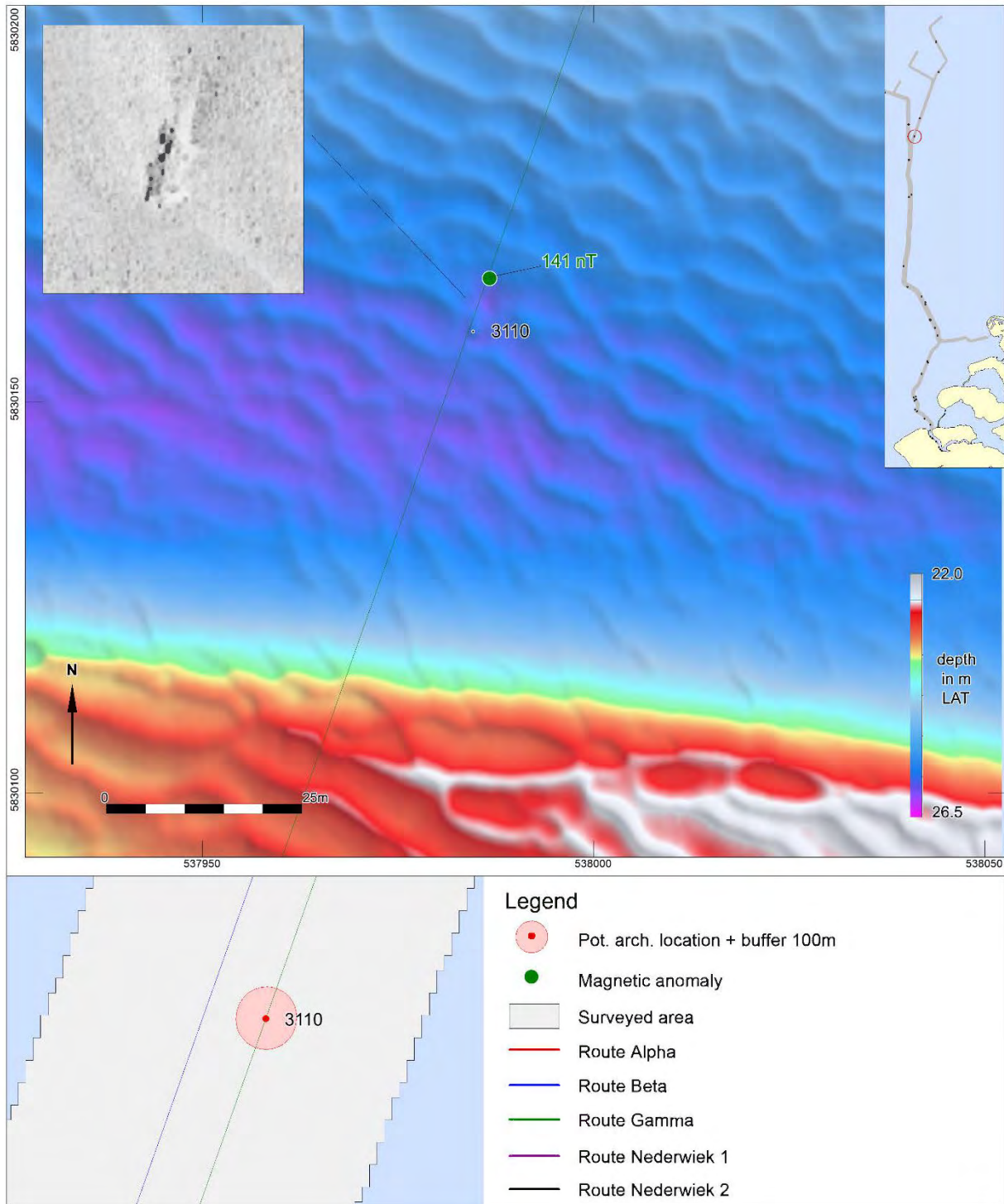
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Beta
2060	Debris metal	4.2	1.6	0.2	546040	575589	-23.7	26.670

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Cluster of small objects, large Mag. 8127 nT	Possible wreck remains	1



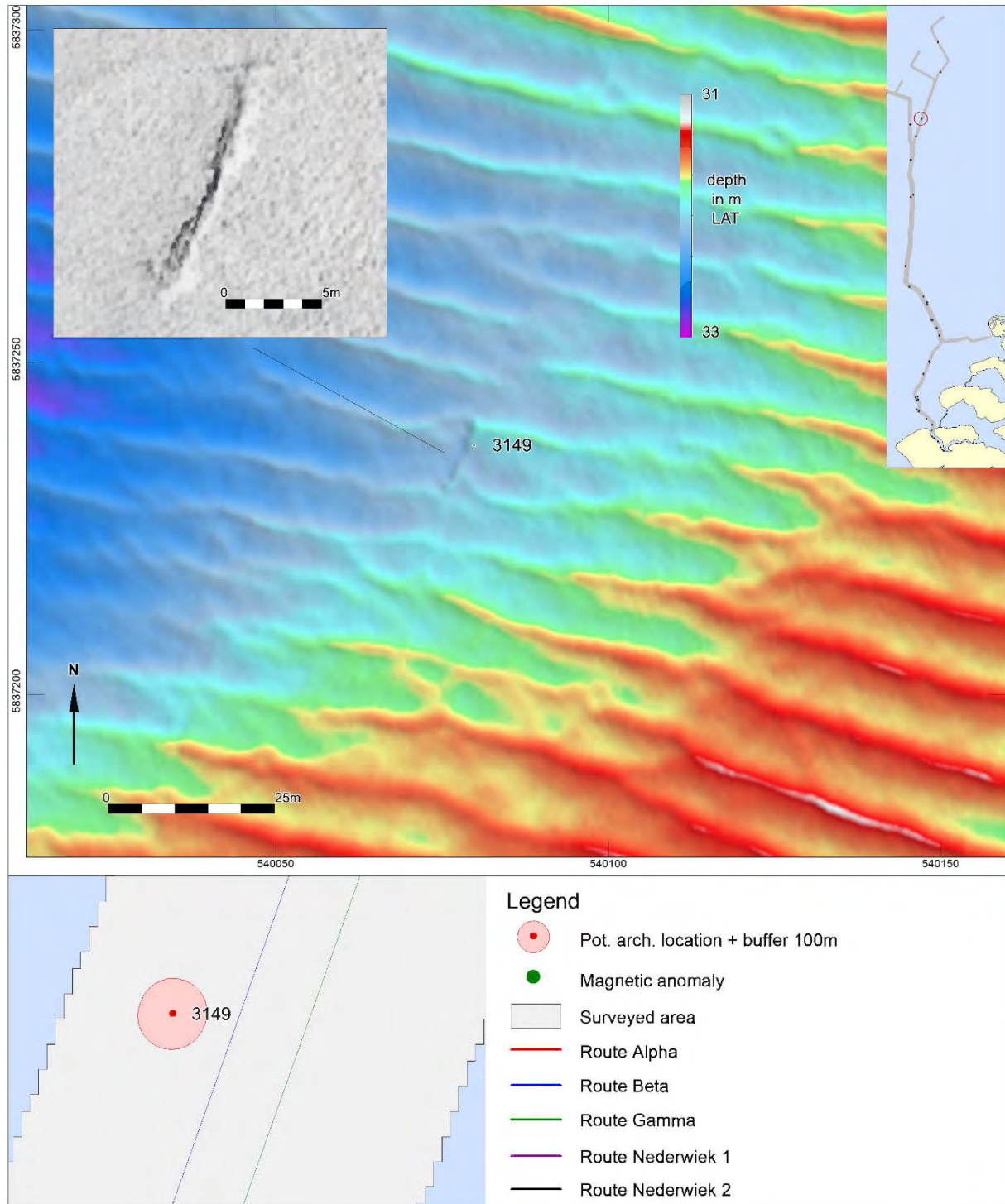
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Beta
2298	Wreck	46	8.4	4.3	546976	5752572	-24.6	23.485

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
364	Wreck NCN 364, large MAG anomalies. Wreck of a large steam vessel, iron rudder. RCE 2966920100	Wreck	2



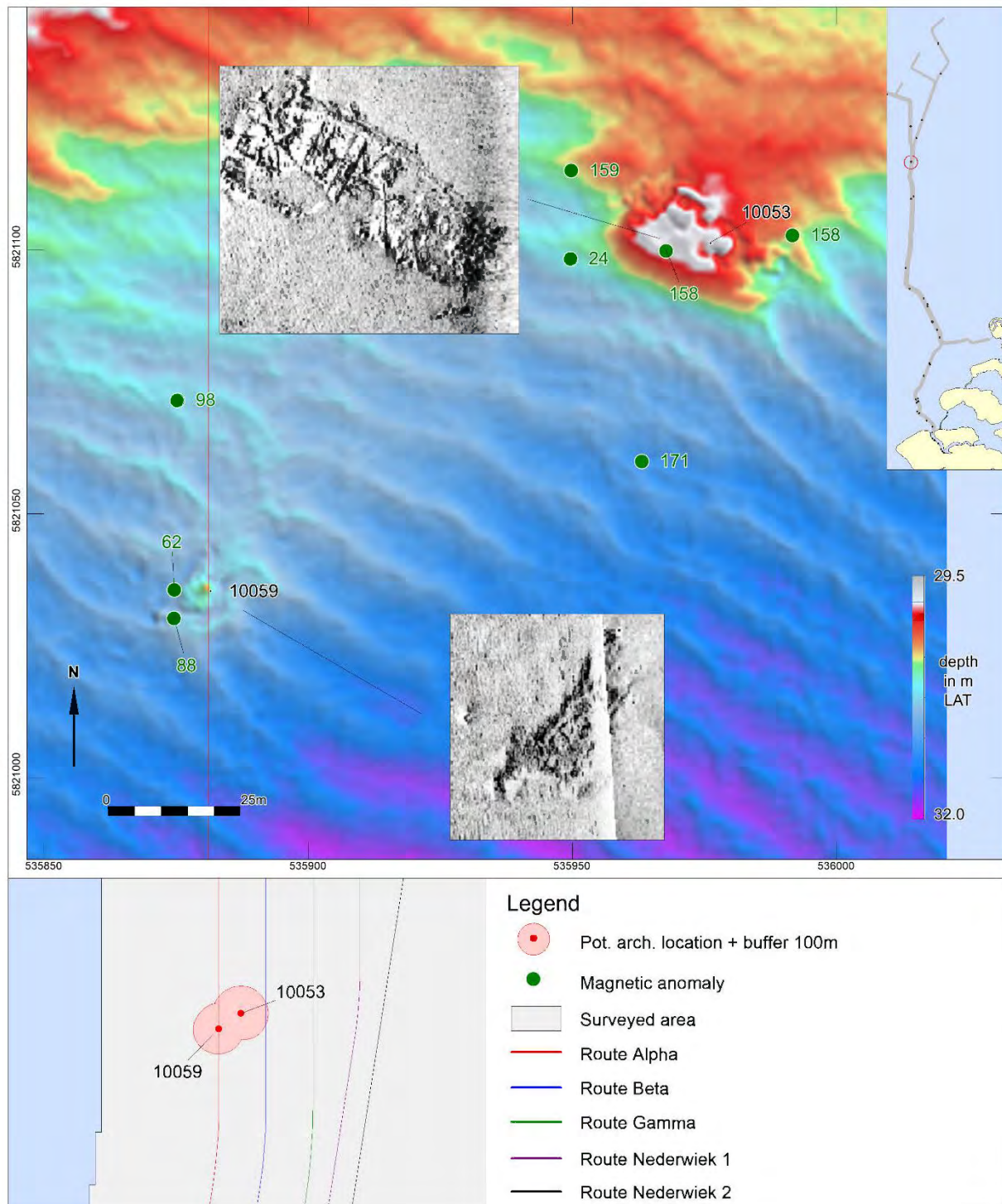
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Gamma
3110	Debris other	6.9	1.2	0.2	537985	5830159	-25.8	106.046

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Rectangular structure. Mag anomaly 141 nT	Possible wreck remains	1



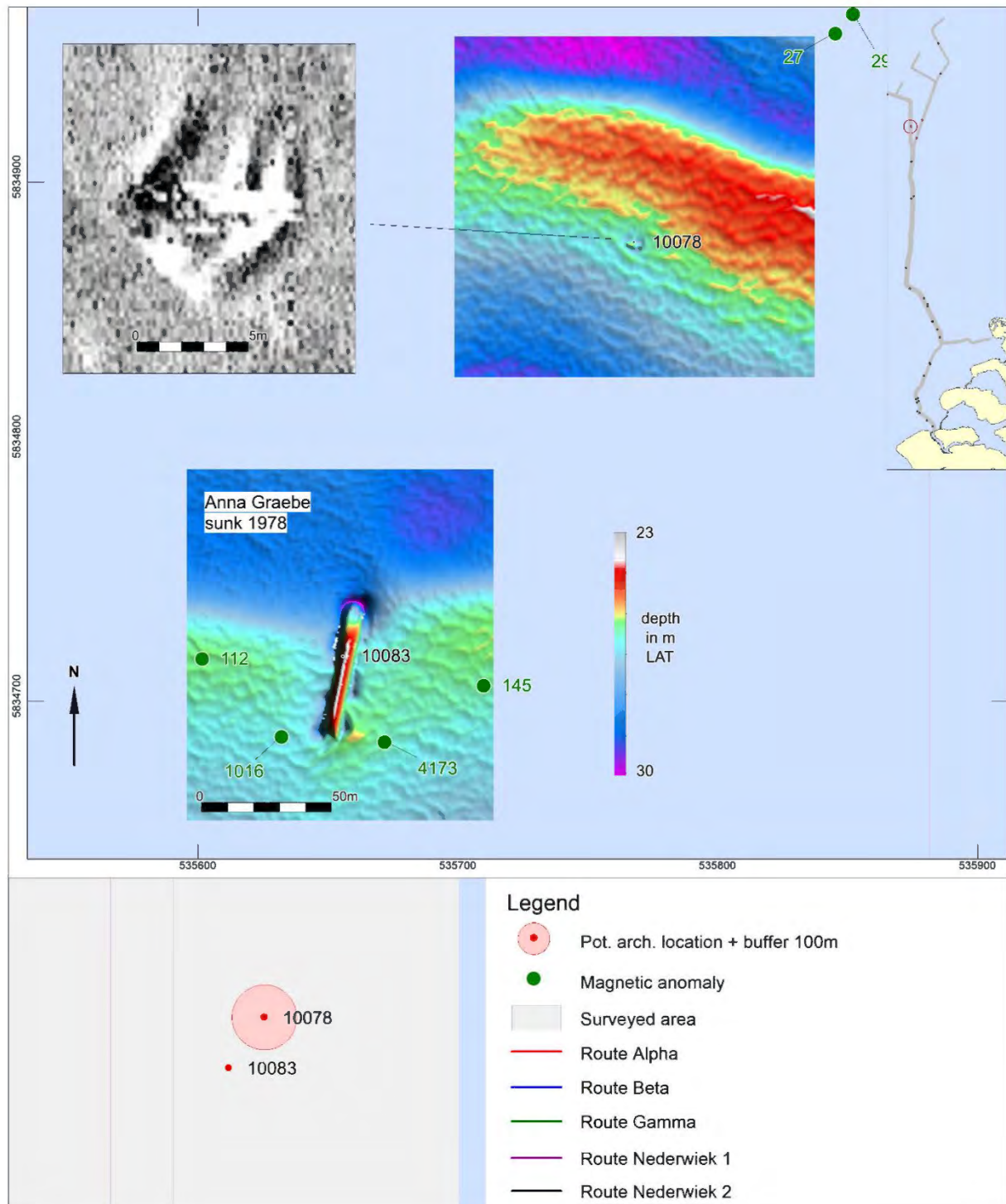
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
3149	Debris linear	11	1	0.2	540080	5837238	-32.0

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Elongated patch of strong reflections, isolated	Possible wreck remains	1



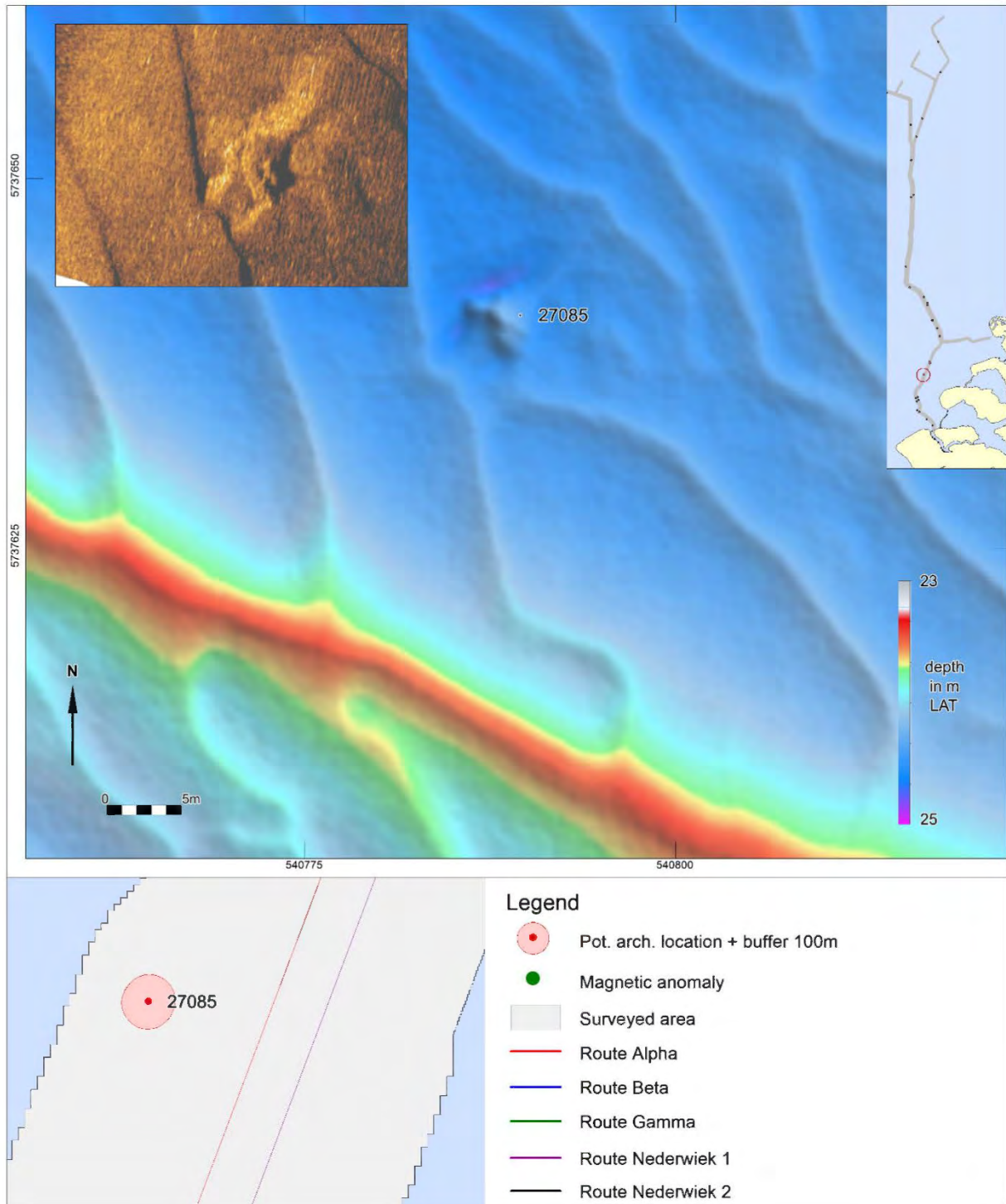
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	KP Alpha
10053	Wreck	29.6	10.6	1.2	535976	5821101	129.037
10059	Wreck	21	8.2	0.2	535882	5821036	128.972

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
2810	Unidentified shipwreck, NCN 2810	Wreck	2
-	Rectangular cluster of small objects, several mag anomalies	Possible wreck remains	1



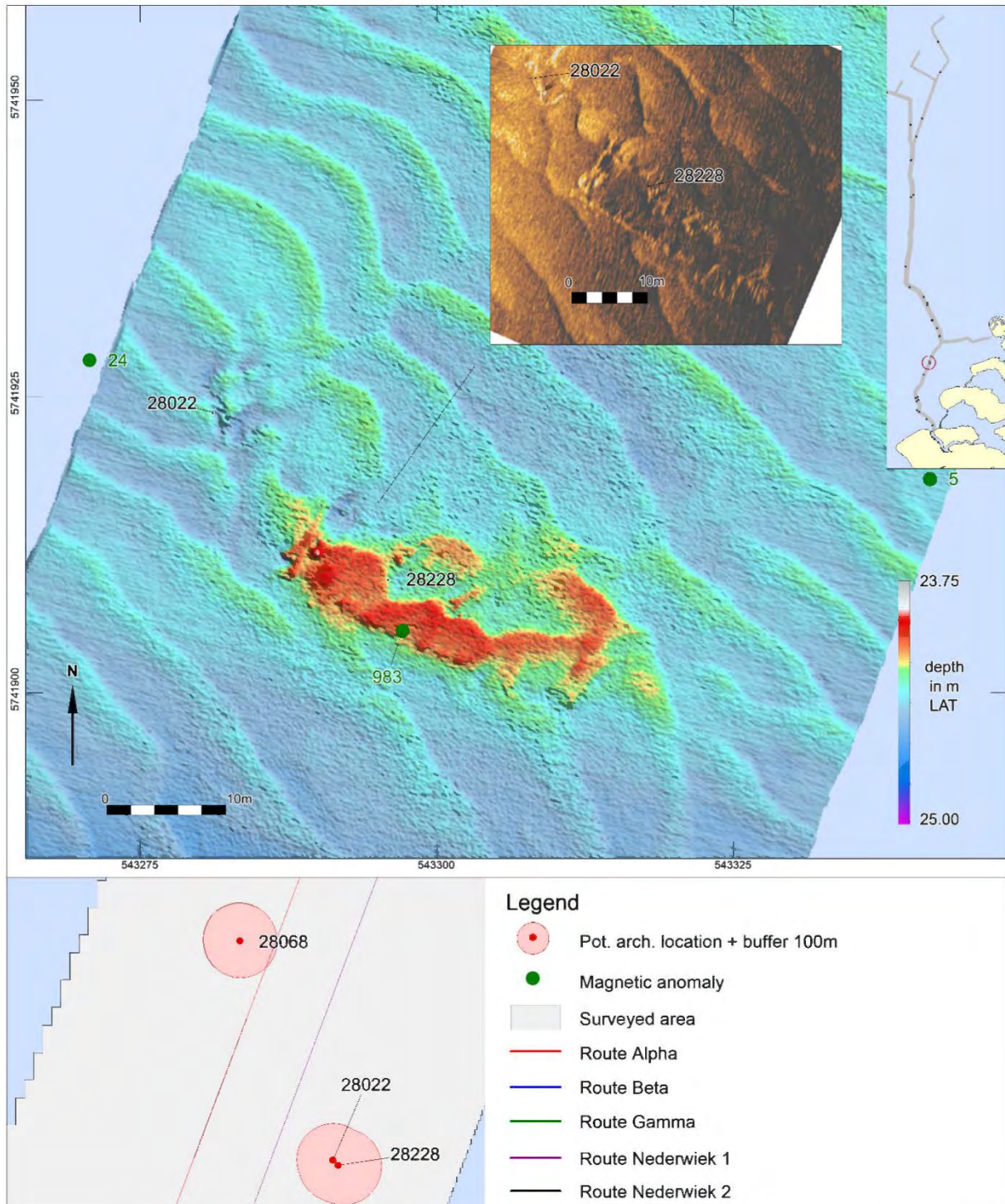
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
10078	Debris other	9.9	6.3	0.8	535768	5834877	-27.9
10083	Wreck	56.3	6.7	2	535656	5834718	-24.8

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Square structure with internal reflectors	Possible wreck remains	1
2081	Wreck <i>Anna Graebe</i> , iron freighter sunk 1978 / RCE 4028335100	Wreck	1



ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
27085	Debris linear	15	5	1	540790	5737641	-22.2

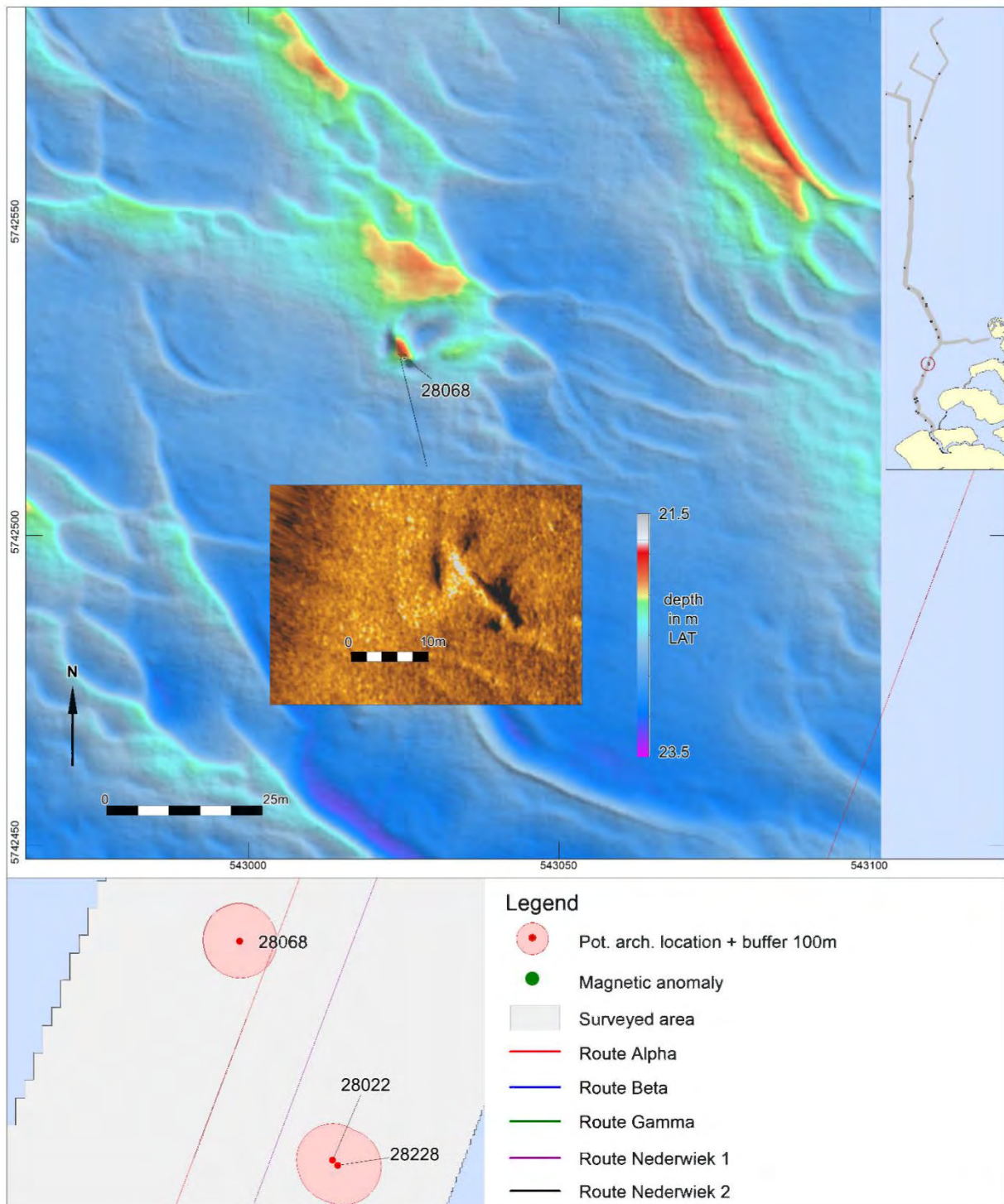
NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Rectangular structure, relatively high	Possible wreck remains	1



ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
28022	Debris linear	4.4	0.5	0.4	543281	5741924	-24.4
28228	Wreck	44.4	9.4	0.3	543296	5741910	-24.3

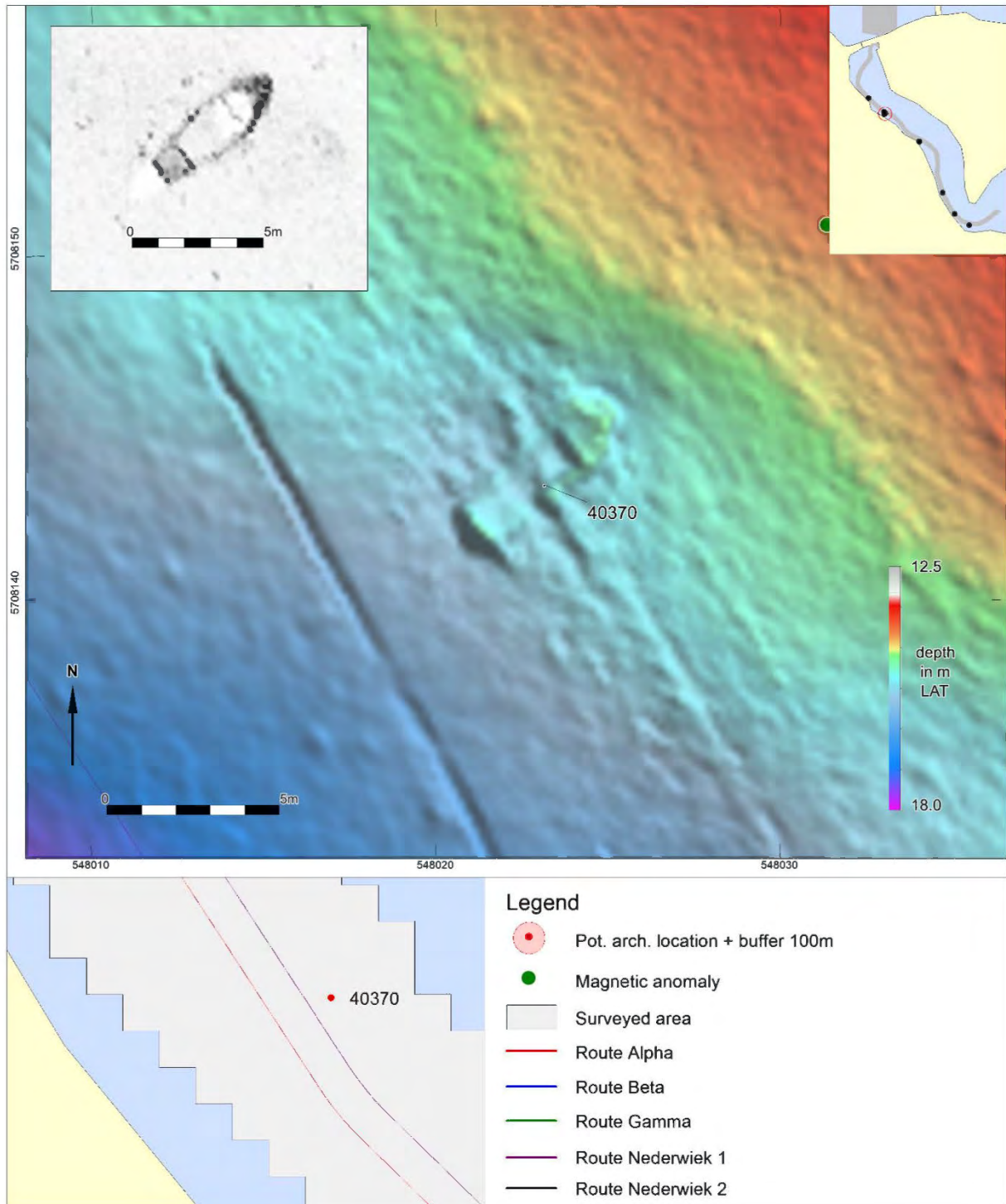
NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Object 2 x 2 m 10m NW of wreck	Wreck remains	1
-	Large structure 28 x 10m, probably wreck. Mag anomaly 983 nT	Wreck	2





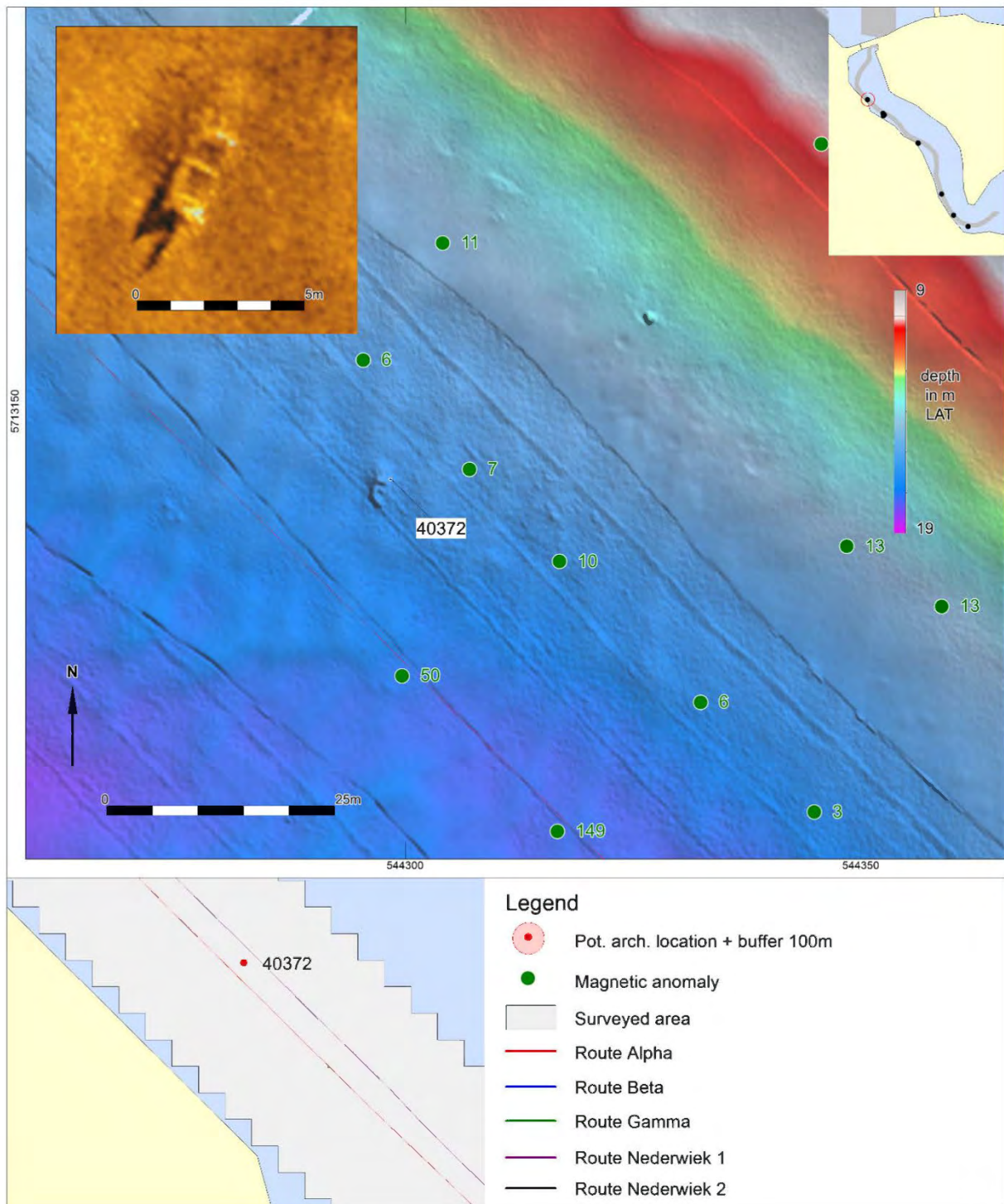
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Alpha
28068	Debris linear	13.4	1.6	0.9	543025	5742529	-22.1	43.811

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Elongated structure with scouring	Possible wreck remains	1



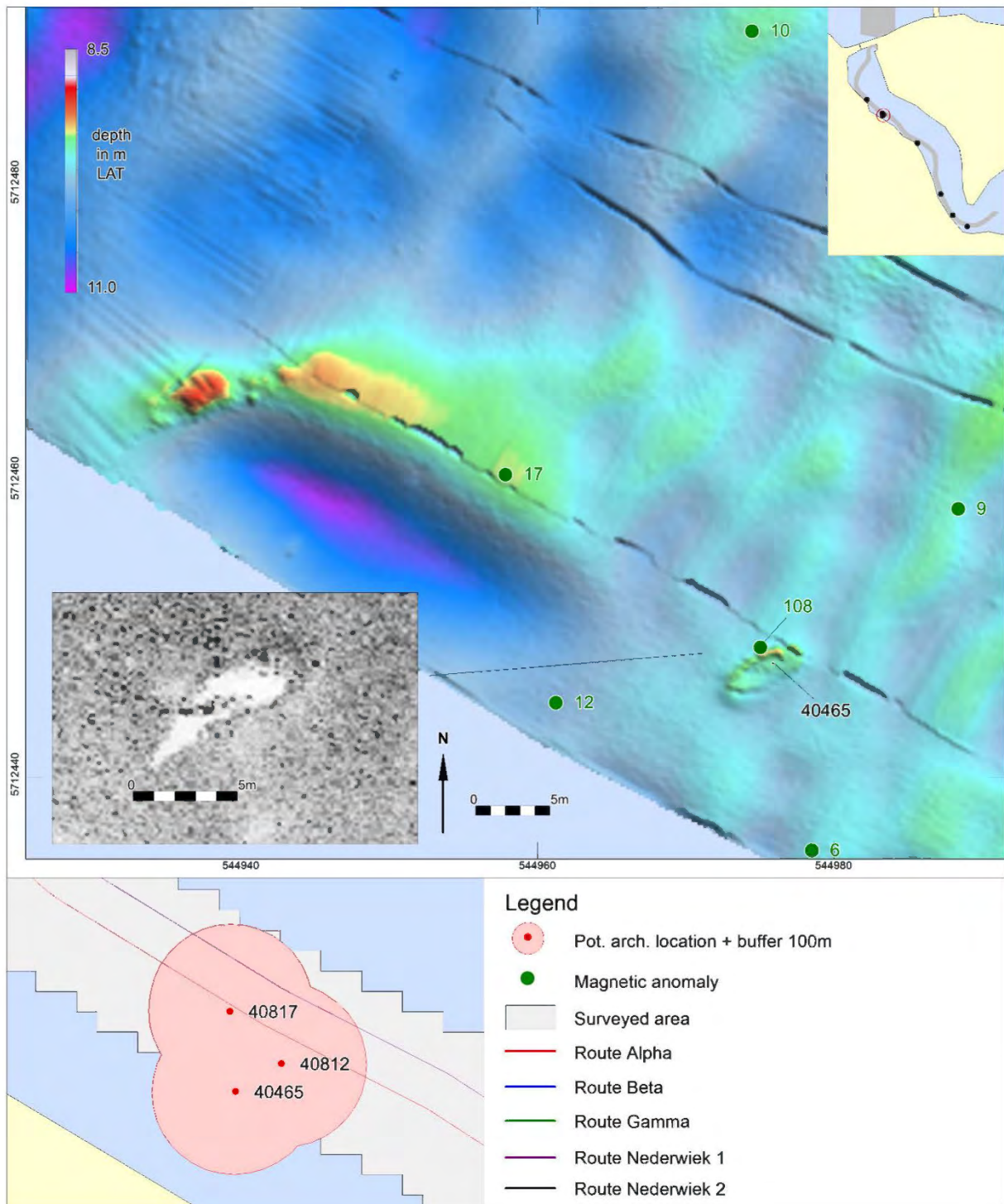
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
40370	Wreck	5.5	2.1	0.5	548023	5708143	-15.1

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Small wreck, probably recent sloop	Wreck, recent	1



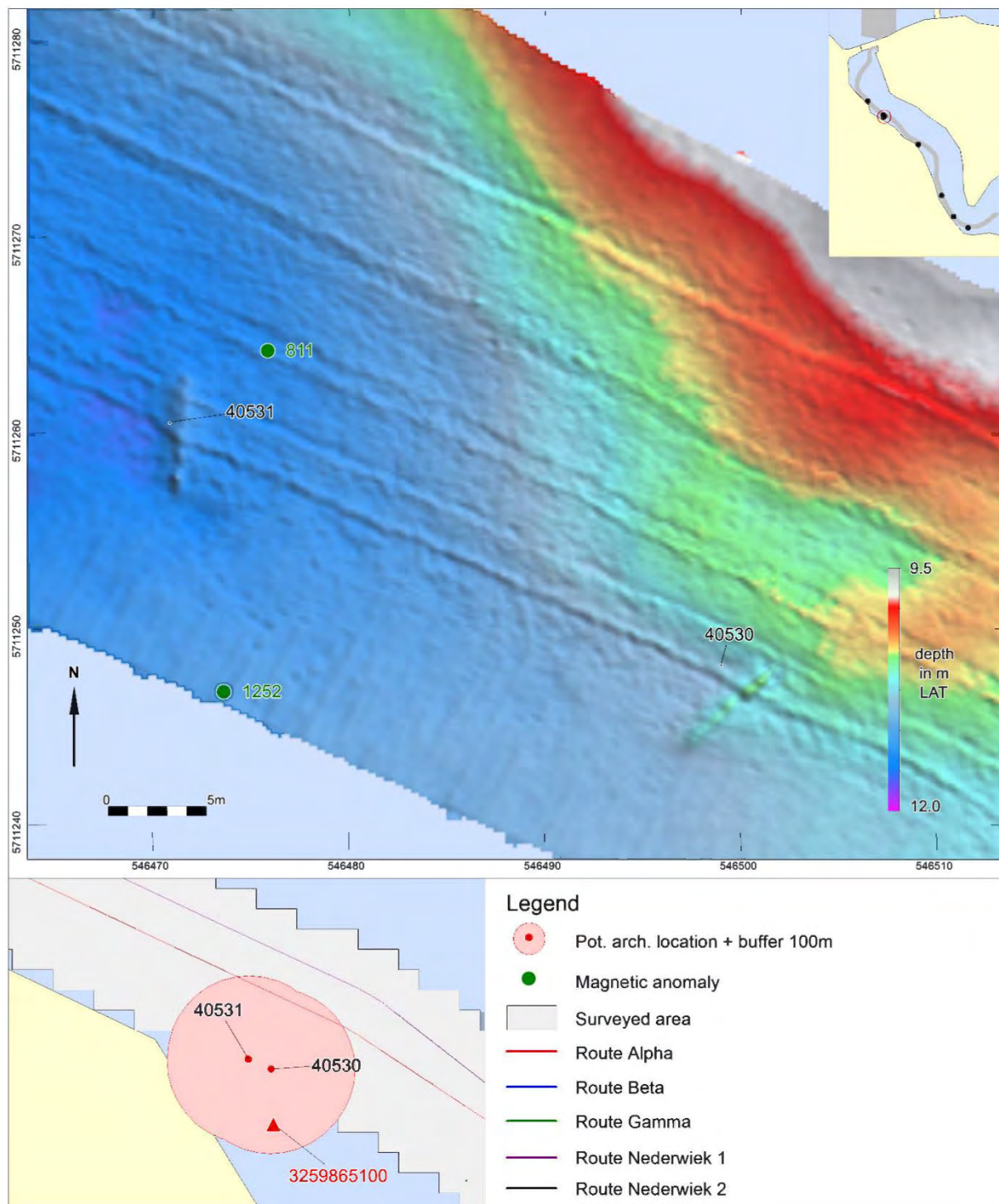
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Alpha
40372	Wreck	4	1.9	0.4	544298	5713143	-16.3	8.925

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Small wreck, probably recent sloop	Wreck, recent	1



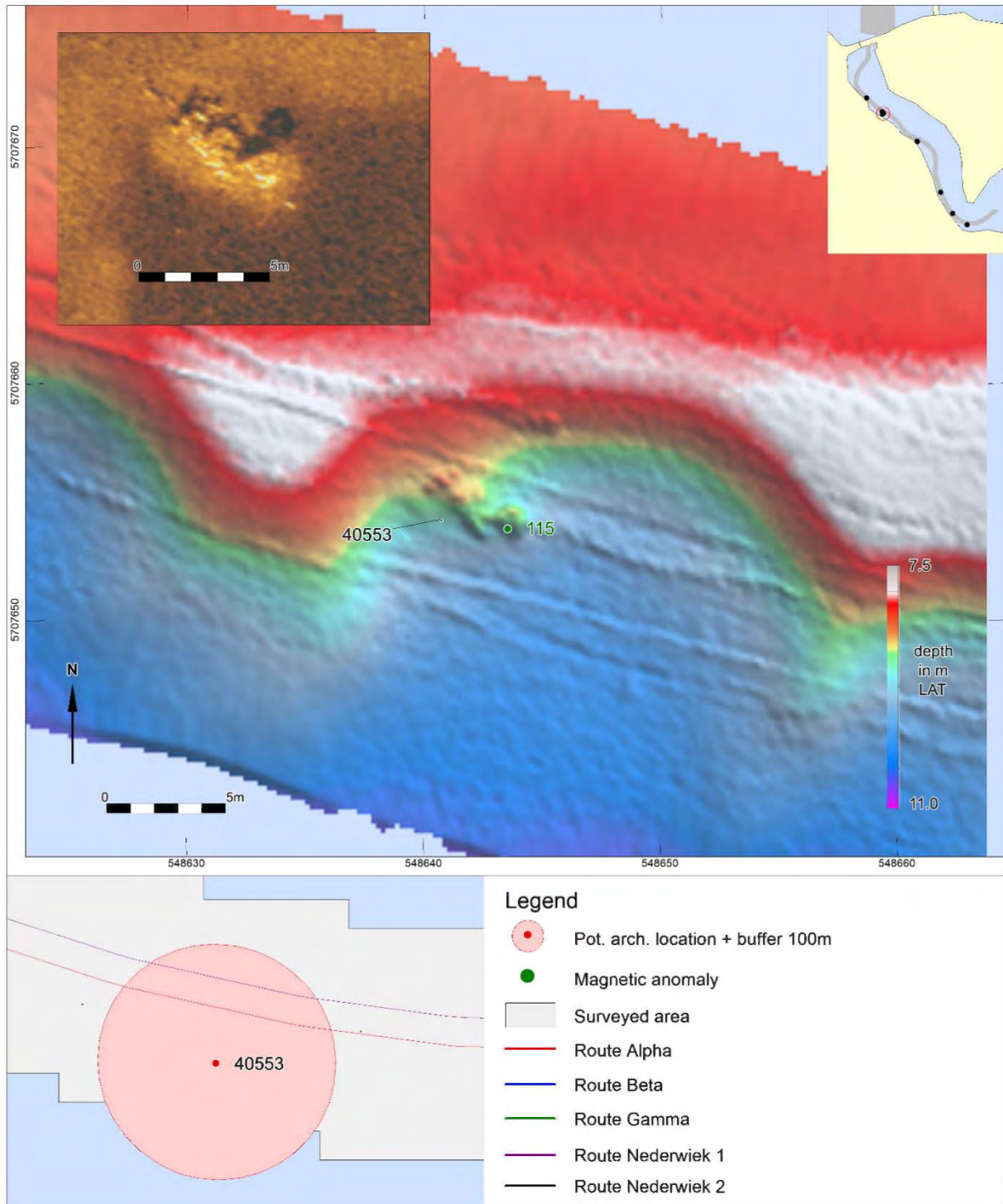
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Alpha
40465	Wreck	5.5	3.1	0.9	544976	5712448	-9.5	7.972

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Small wreck, probably recent sloop	Wreck, recent	1



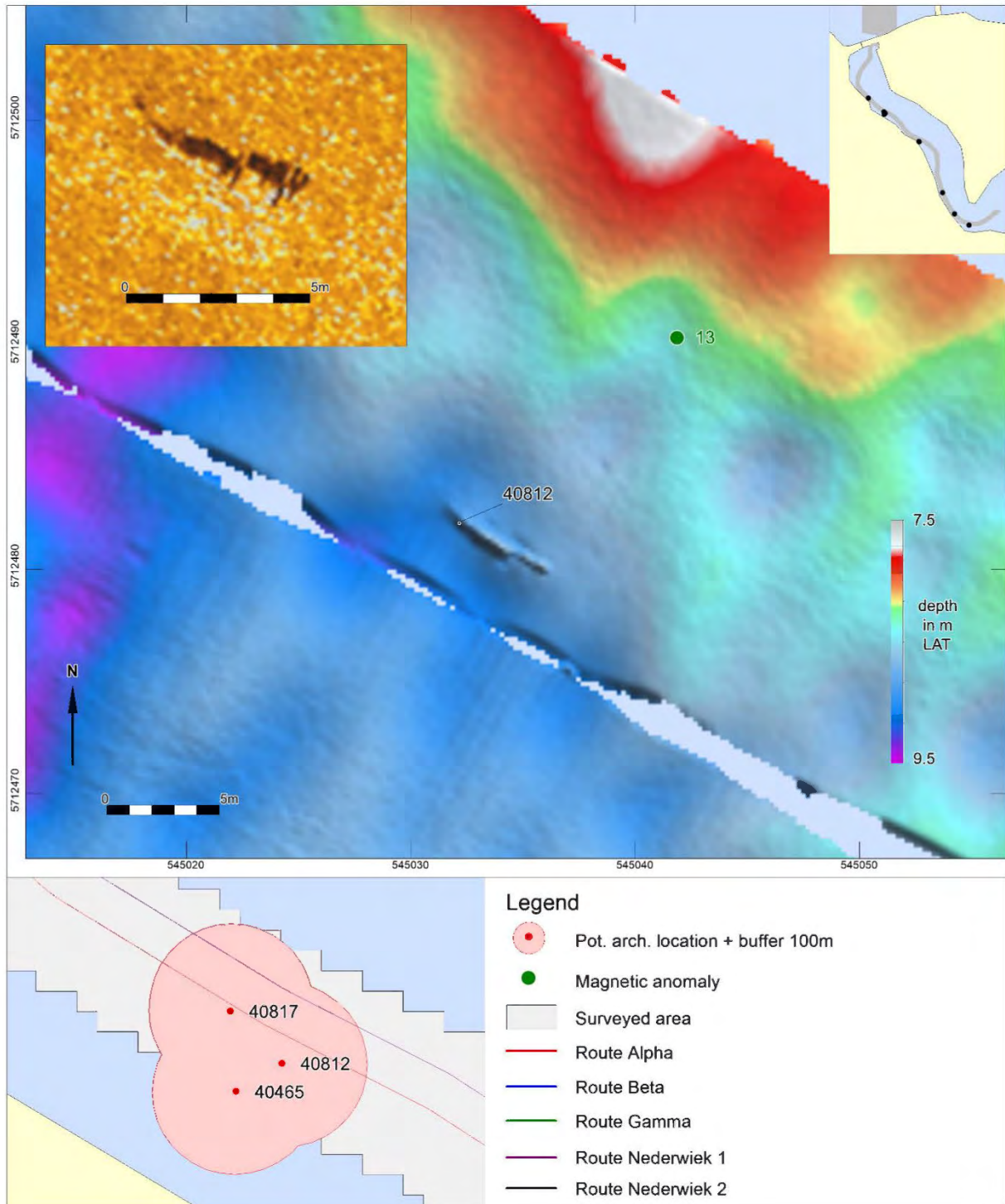
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Alpha
40530	Debris linear	5	0.8	0.3	546499	5711248	-10.6	6.001
40531	Debris linear	8.5	0.7	0.2	546471	5711261	-11.4	6.031

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Elongated structure, irregular - possibly related to RCE 3259865100	Wreck remains	2
-	Elongate structure or lineation of objects, l 5.5 m, mag anomalies, possibly related to RCE 3259865100	Wreck remains	2



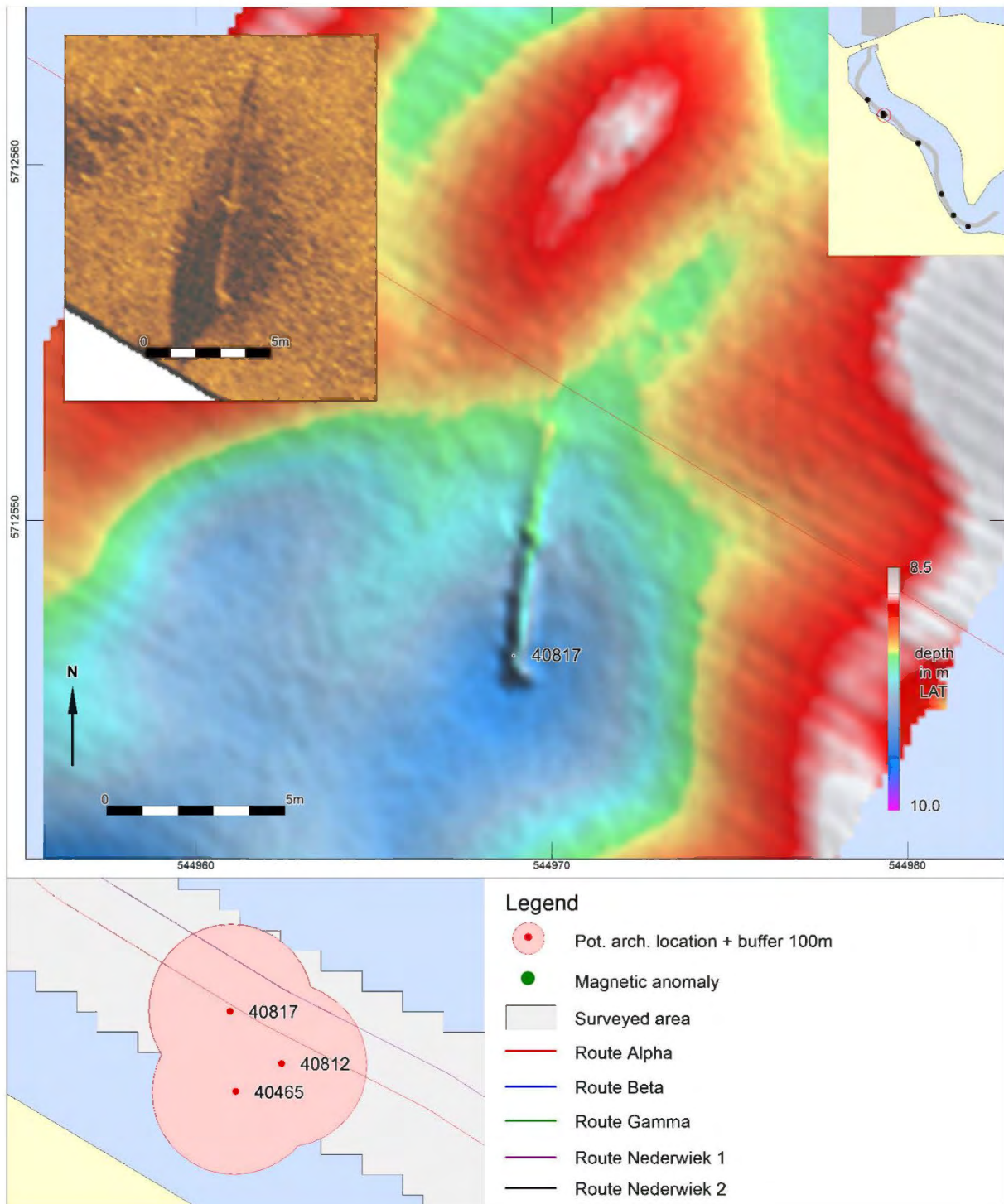
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP 1.493
40553	Debris other	6.3	3.5	0.7	548641	5707654	-8.7	

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class	Buffer
-	Irregular object 7 x 2.5, possible wreck remains	Wreck remains	1	Yes



ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Alpha
40812	Debris linear	5.2	0.2	0.7	545032	5712482	-8.8	7.938

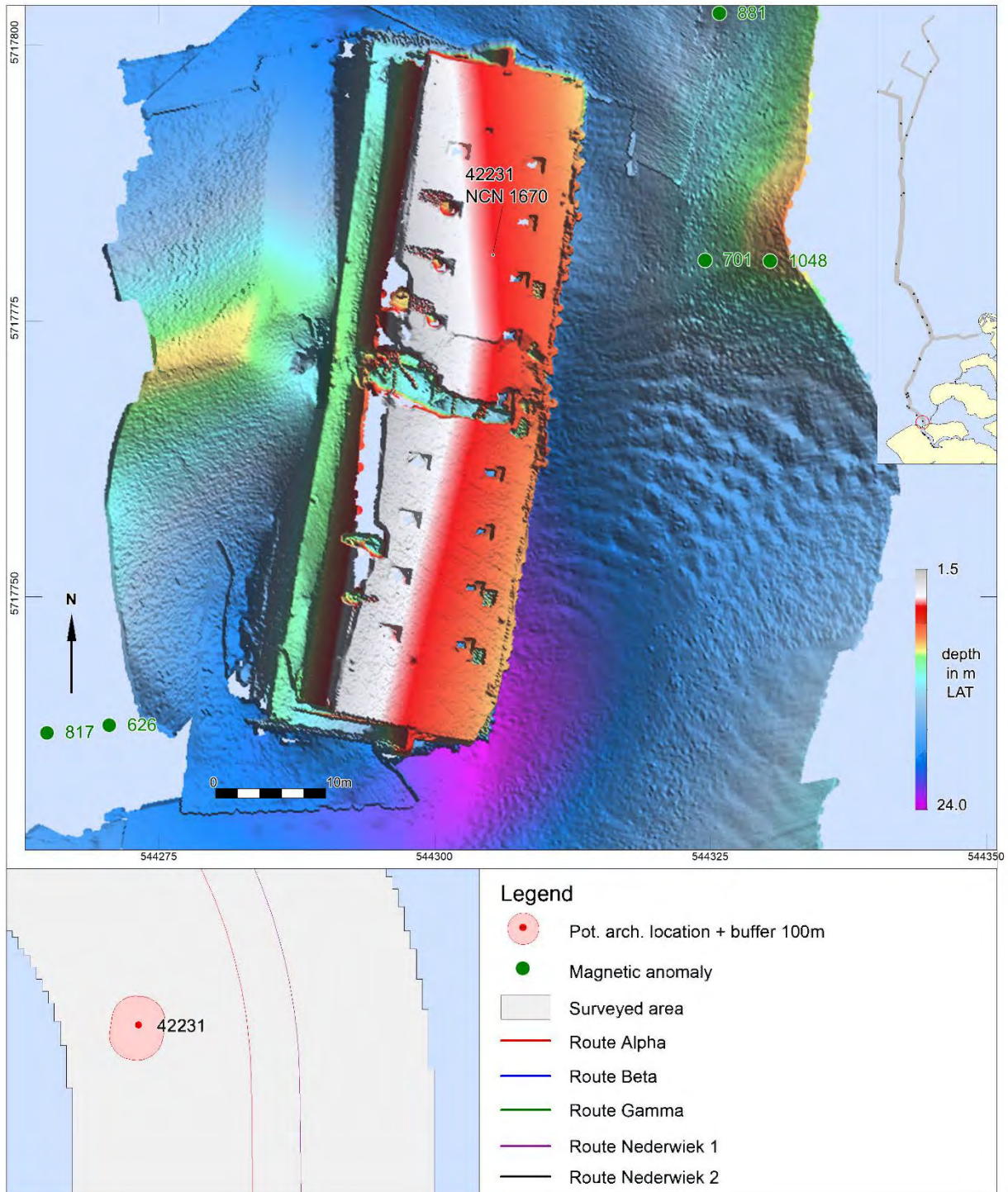
NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Irregular elongated object, slightly bended	Wreck remains	1



ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Alpha
40817	-	1.2	1.7	0.9	544969	5712546	-9.4	8.023

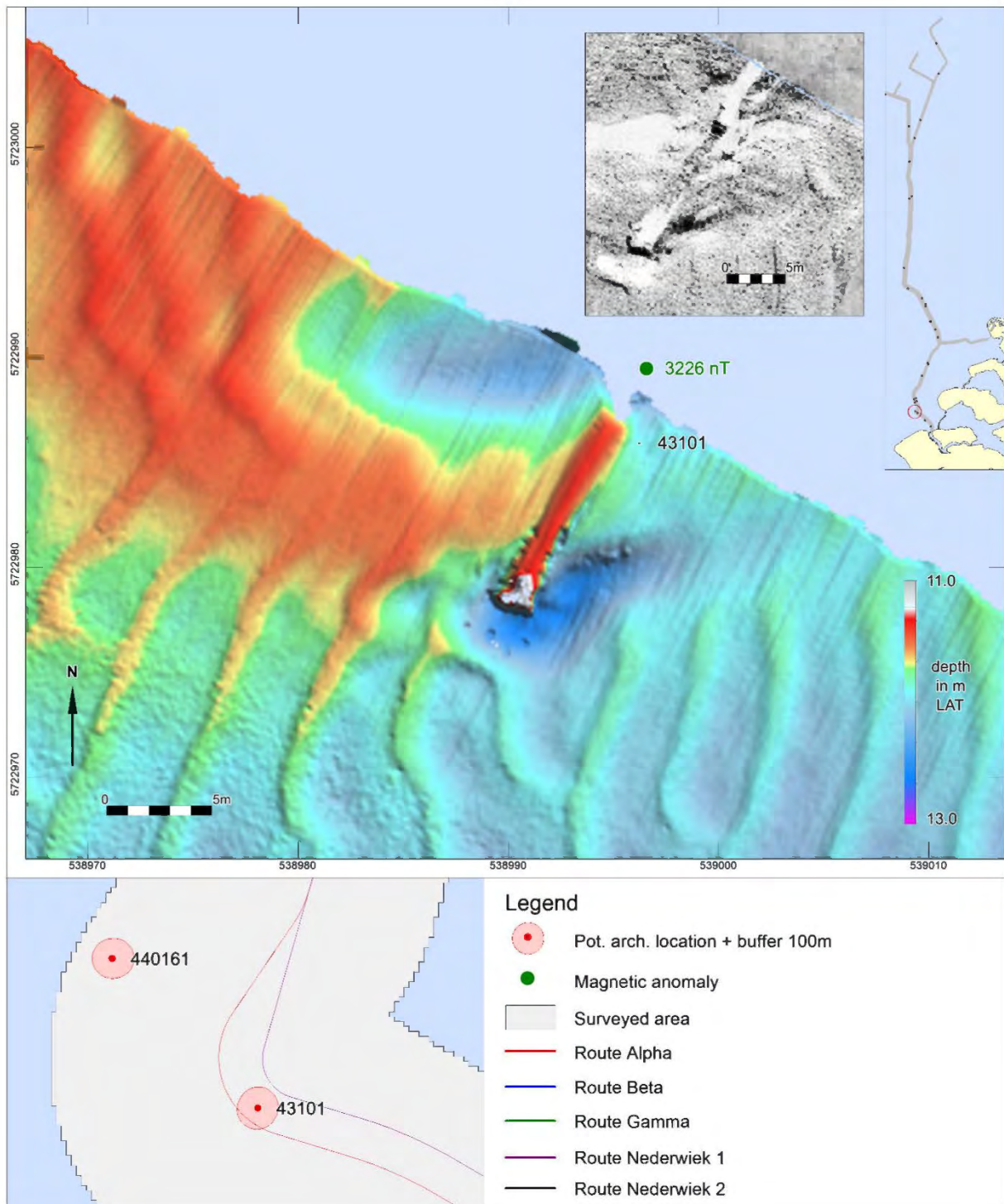
NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Elongated object 9.8 x 1.4 m, bended at southern end, no mag., possible part of wreck	Wreck remains	1





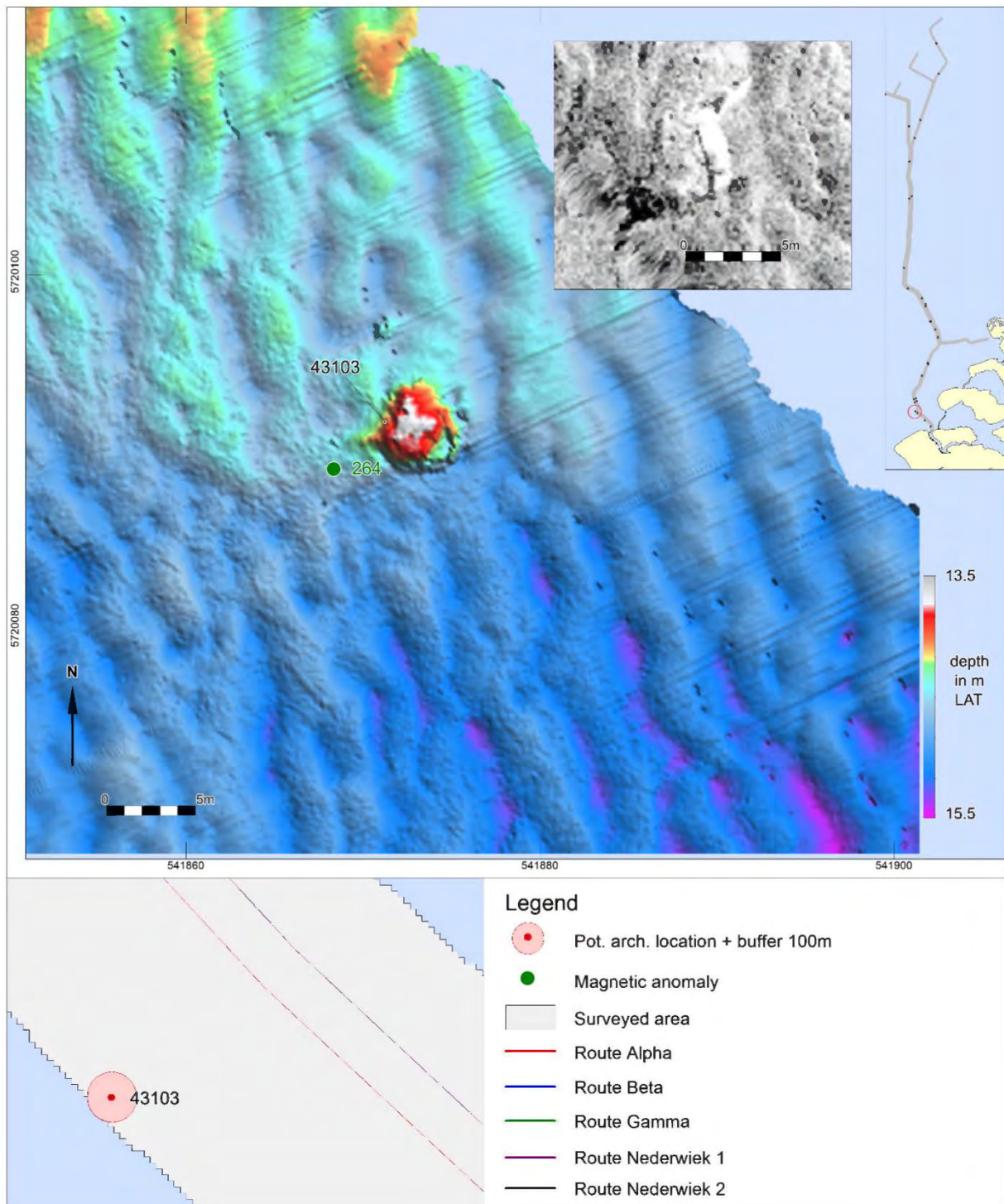
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
42231	Wreck	63.9	23.5	1.8	544305	5717781	-4.9

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
1670	Caisson, concrete, sunk 15-09-1953. wreck NCN 1670	Wreck	2



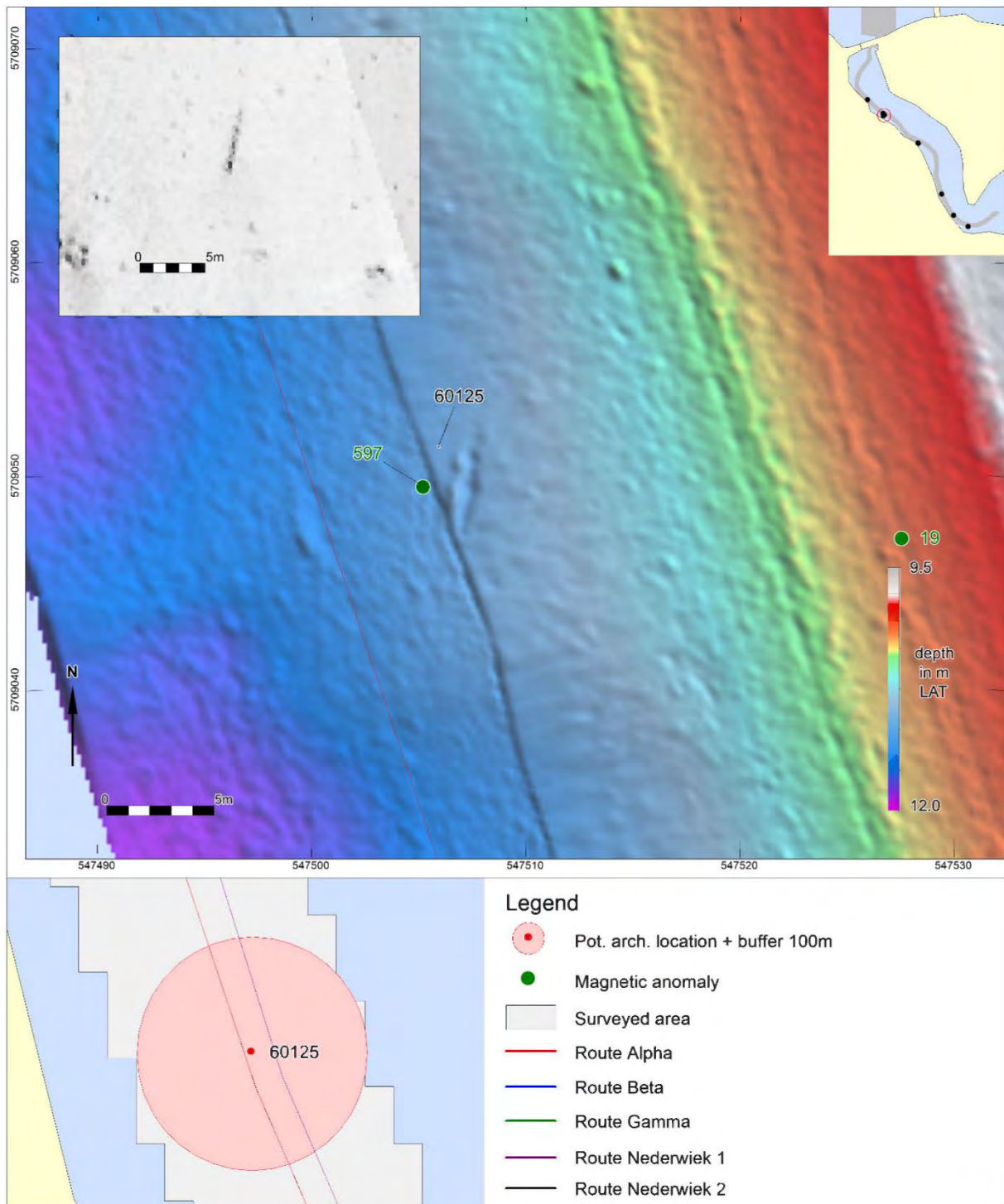
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Alpha
43101	Wreck	19.4	2.5	0	538996	5722986	-11.9	22.311

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Large object 15 x 2.5 m, probably wreck, large anomaly 3225 nT	Wreck	2



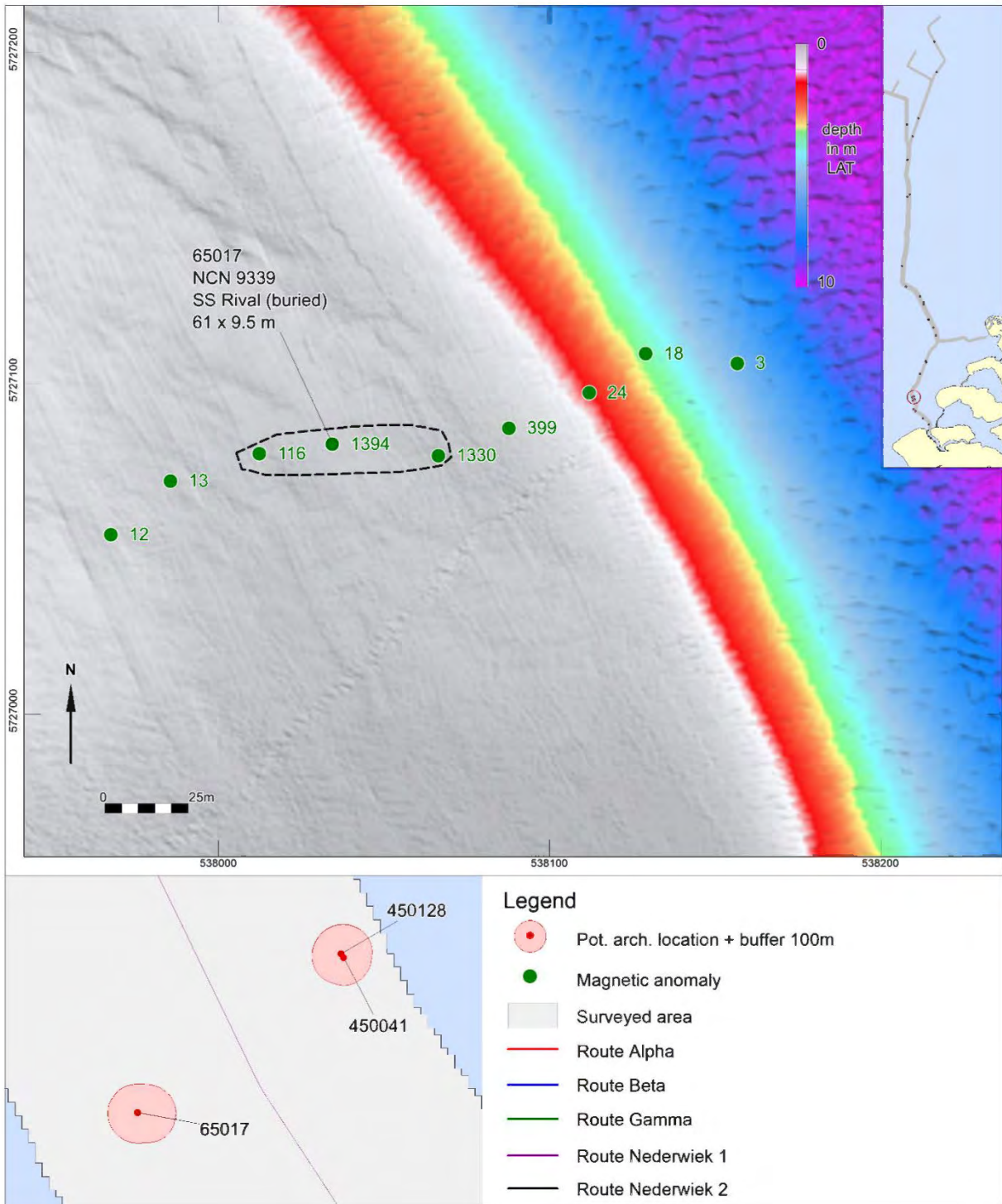
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
43103	Wreck	5.1	3.1	2.4	541871	5720092	-13.9

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Partly buried structure 9 x 5 m, probably wreck	Wreck	2



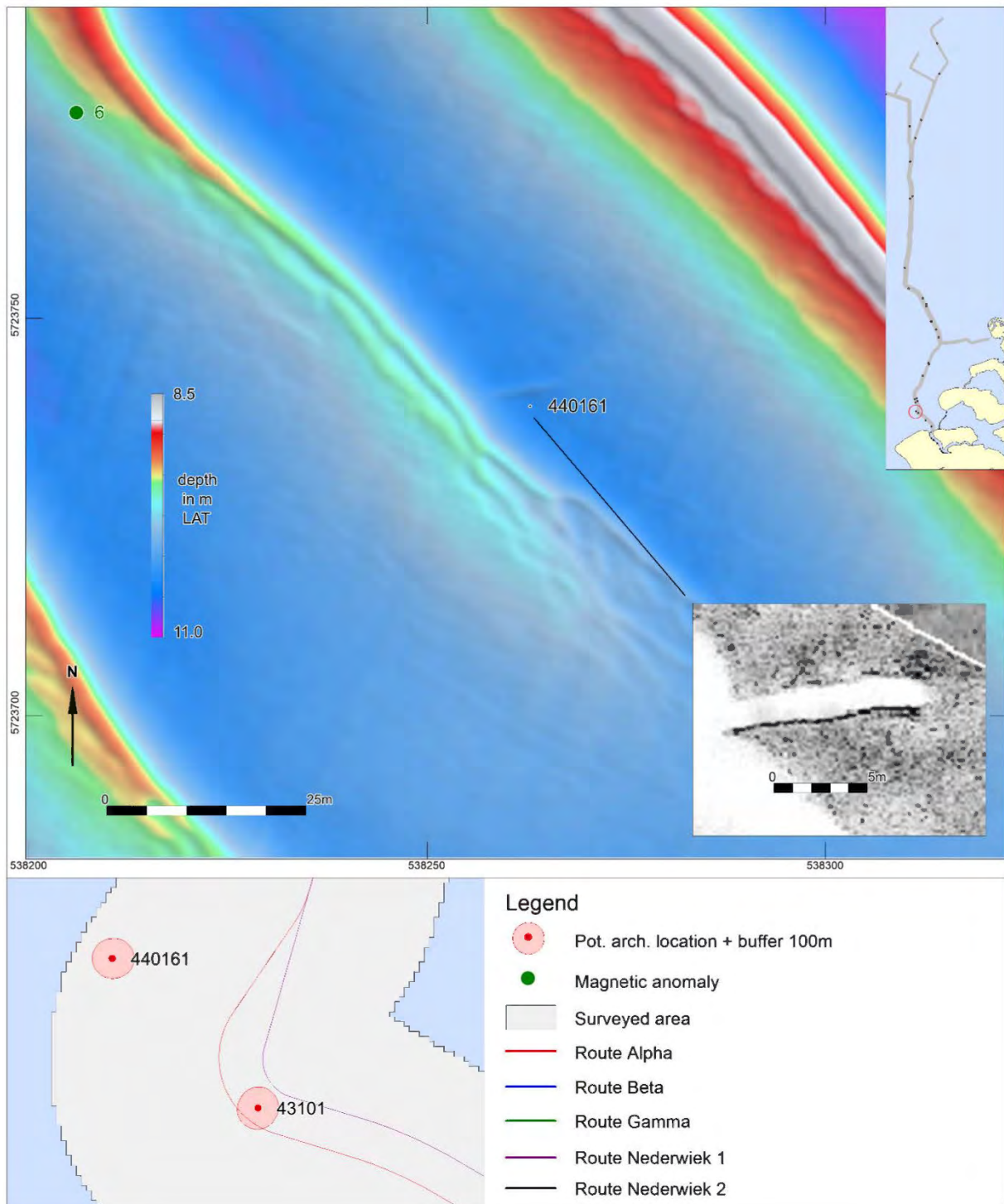
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Alpha
60125	Debris linear	6.7	0.4	0	547506	5709051	-13.8	3.353

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Elongate object, large MAG 597 nT	Possible wreck remains	1



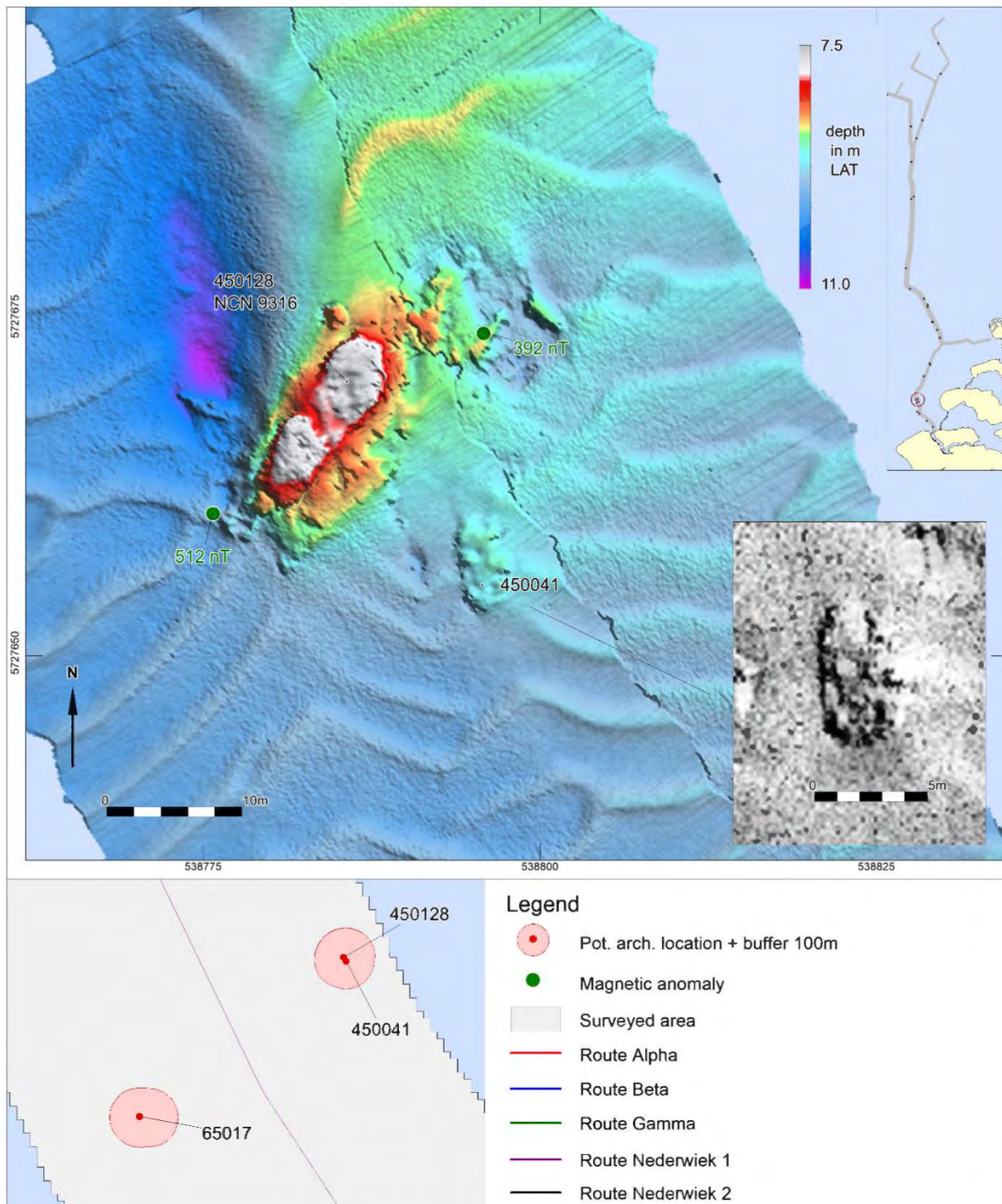
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
65017	Wreck				538034	5727082	-0.4

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
9339	Location NCN 9339, buried remains SS Rival, sunk 31-12-1944, covered with >2m sediment. RCE 3175138100	Wreck	2



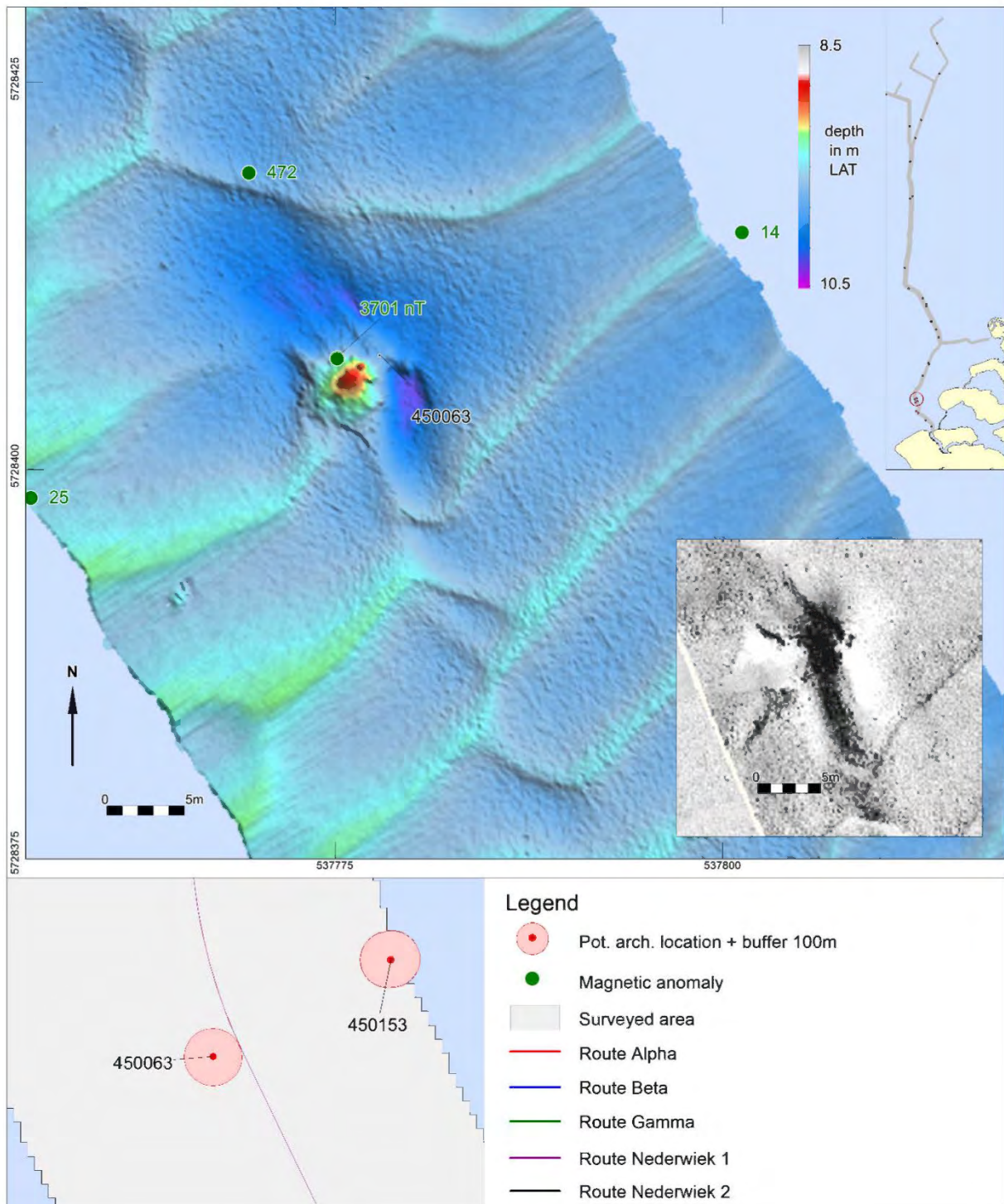
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
440161	Debris linear	10.4	0.2	0.3	538263	5723739	-10.4

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Elongated structure perpendicular to sand ripples	Possible wreck remains	1



ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
450041	Wreck	6.9	3.7	0.8	538796	5727655	-9.1
450128	Wreck	13.5	12.5	2.3	538786	5727670	-7.7

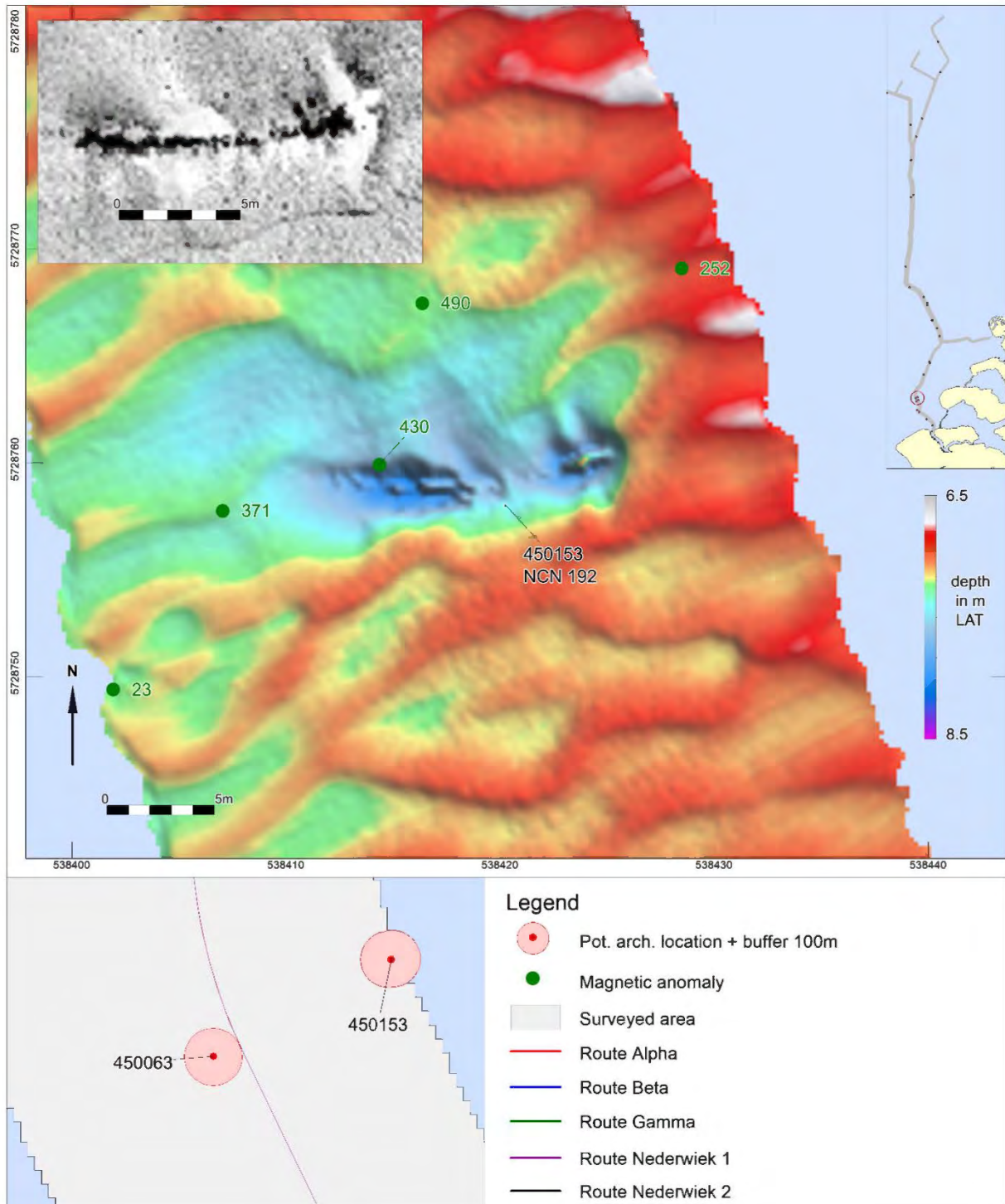
NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Structure 7 x 3 30m SE of NCN 9316, small wreck? Or remains of NCN 9316	Wreck	2
9316	Unidentified wreck, NCN 9316 / RCE 2910065100, cargo iron ingots	Wreck	2



ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
450063	Wreck	5.5	4.9	1.1	537778	5728407	-9.0

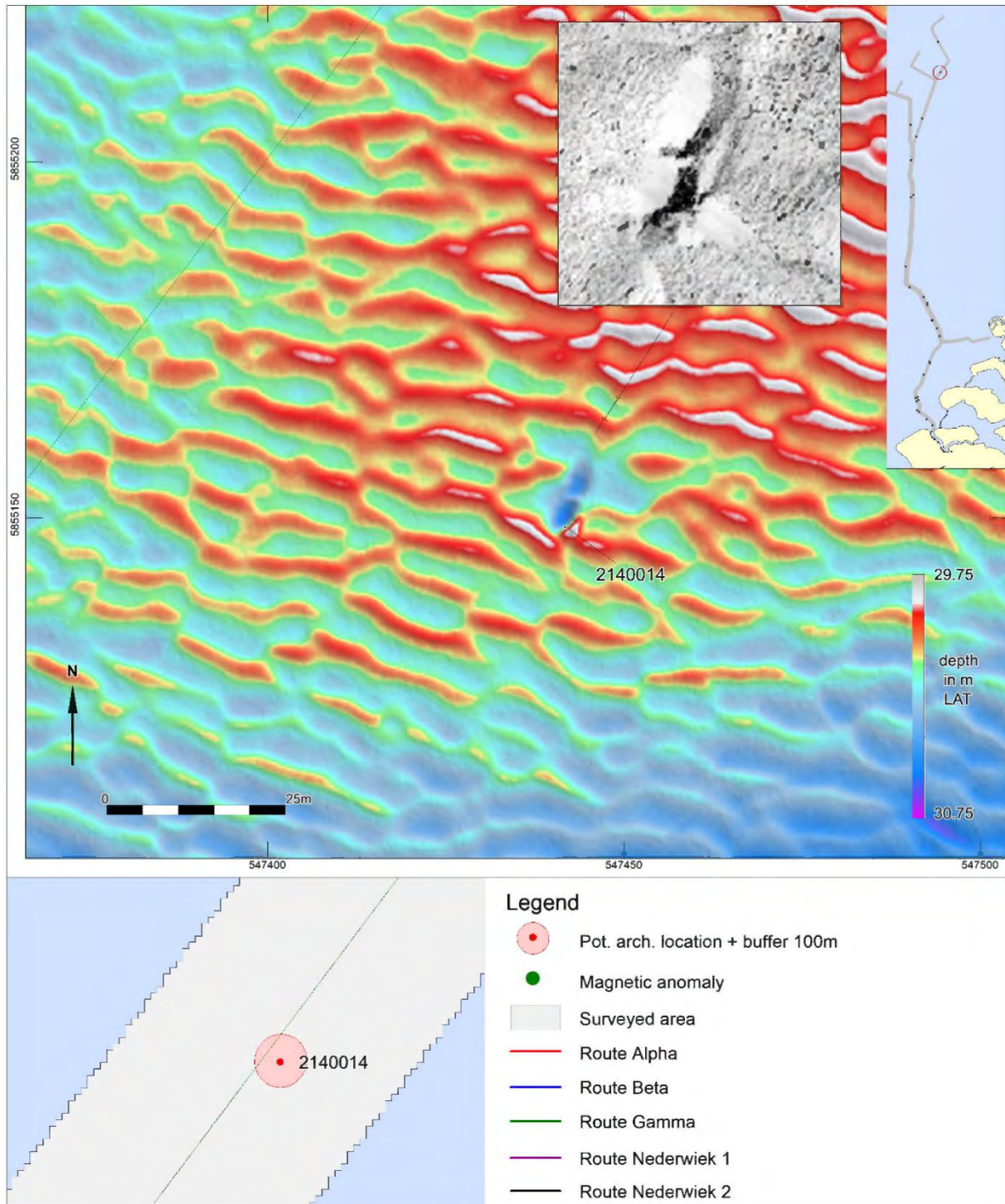
NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Partly buried structure 9 x 5 m, probably wreck, large MAG anomaly 3702 nT	Wreck	2





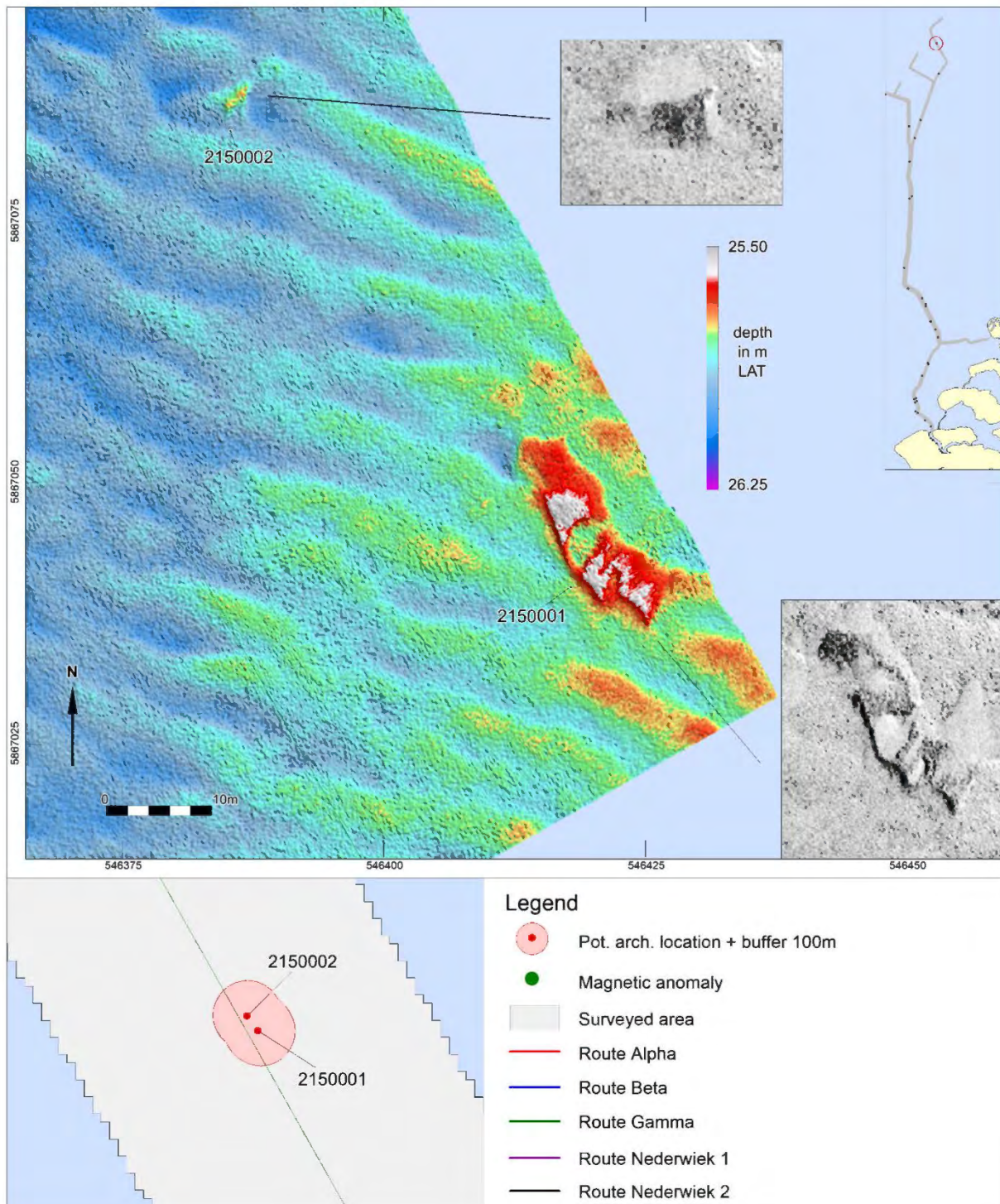
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth
450153	Wreck	12.1	0.8	0.5	538420	5728758	-7.4

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
192	Unidentified wreck remains, NCN 192 / RCE 3045019100	Wreck	2



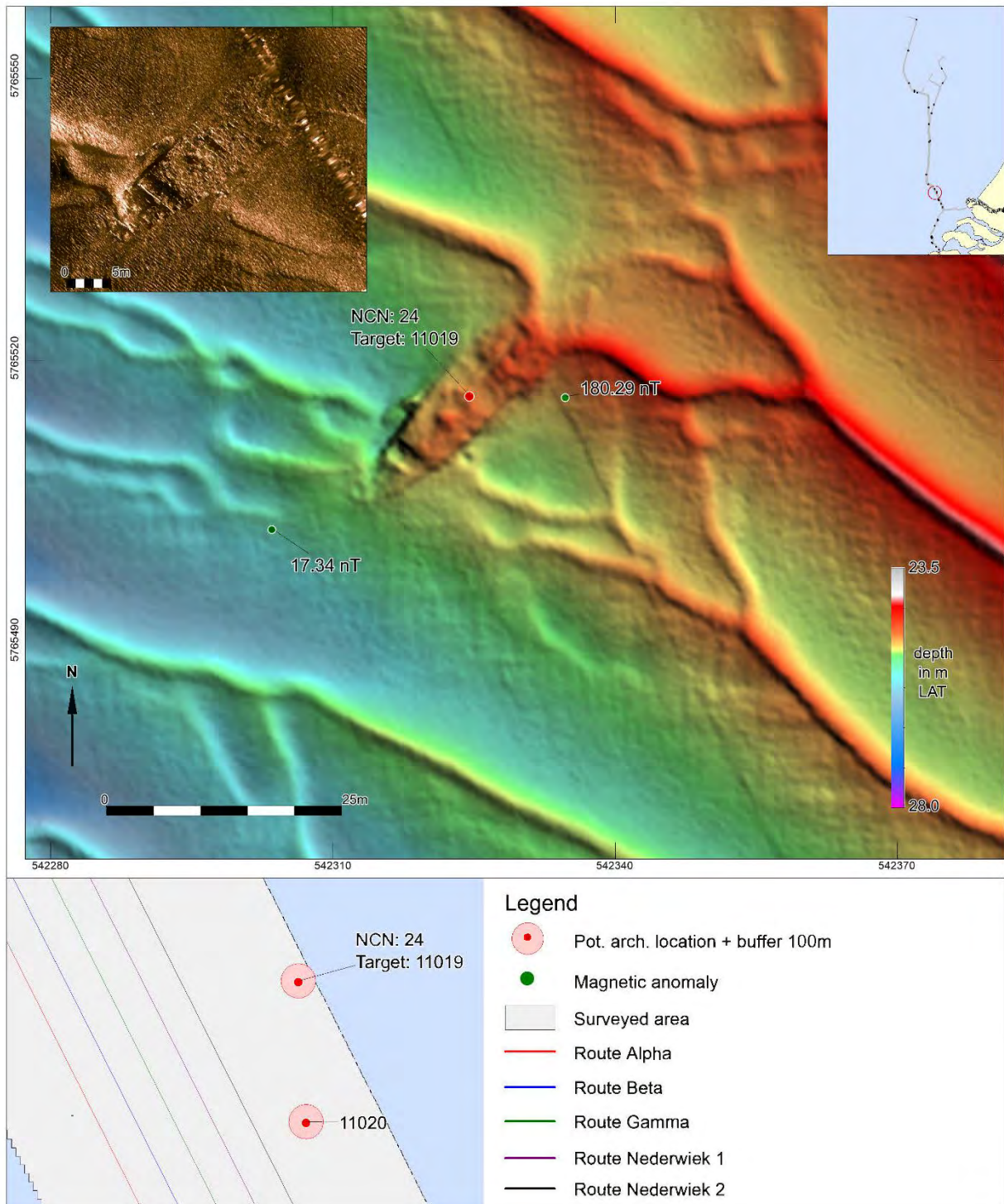
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Gamma
2140014	Debris other	7.5	1.3	0.7	547442	5855149	-30.5	132.850

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Cluster of irregular objects, relative high	Possible wreck remains	1



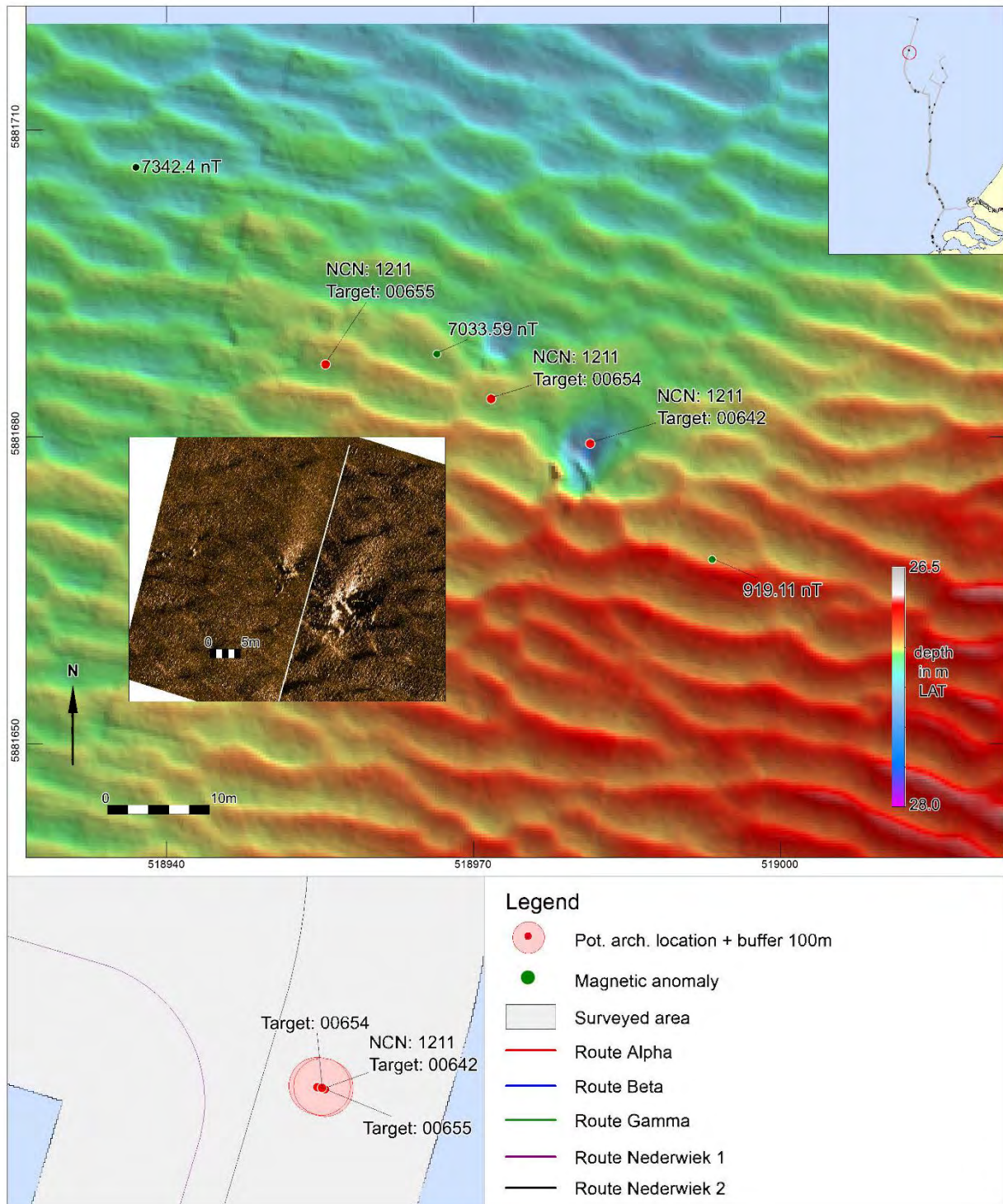
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Gamma
2150001	Wreck	20.9	1.1	0.7	546418	5867040	-25.8	146.801
2150002	Wreck	4.9	4.2	0.3	546385	5867084	-25.9	146.855

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Large structure 20 x 6m, possible wreck, may be geology	Possible wreck remains	1
-	Elongated object 3.2 x 2m 40m N of possible wreck remains	Possible wreck remains	1



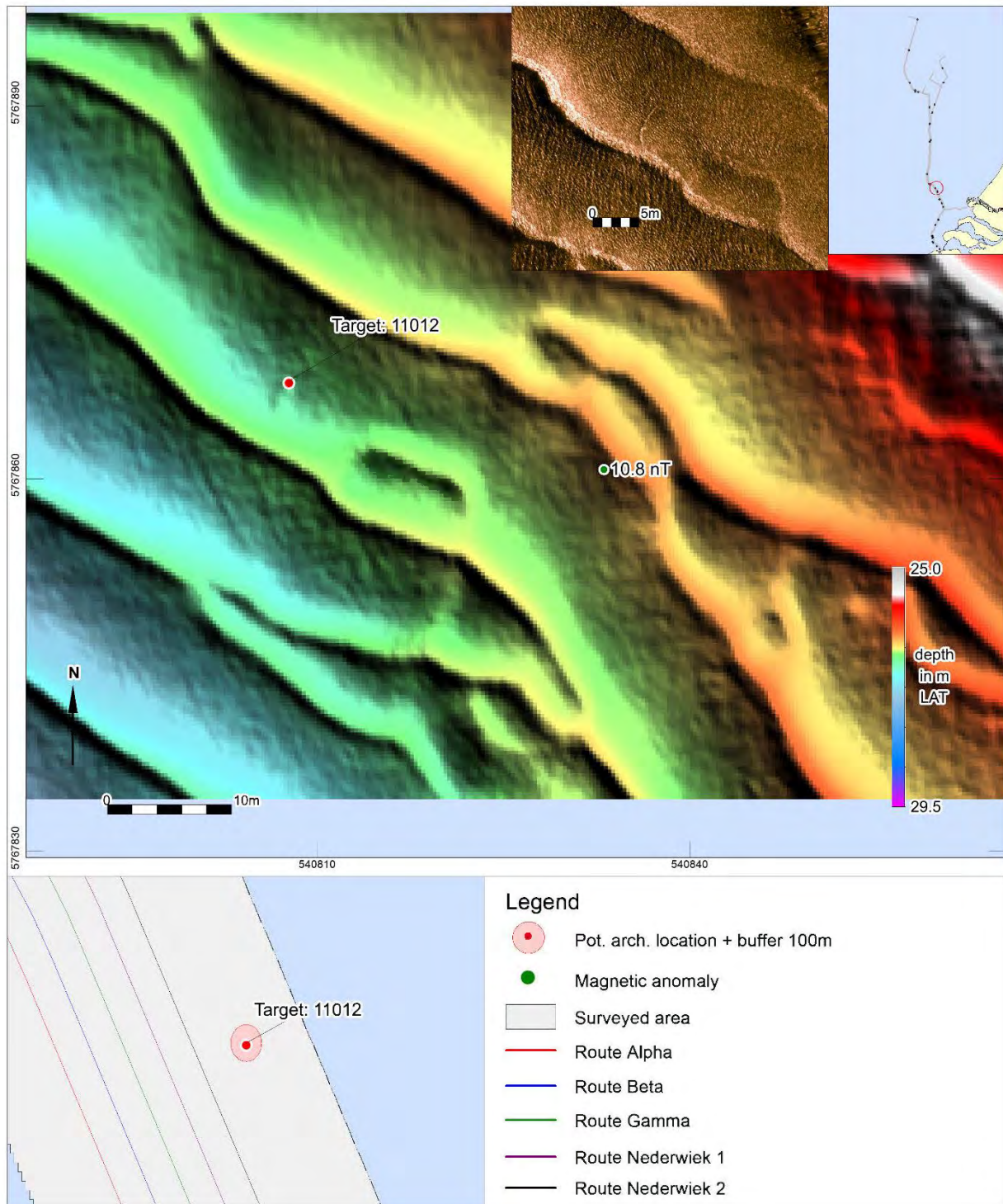
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP Gamma
11019	Wreck	27.1	7.5	0.7	542324	5765516	-25.1	37.179

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
24	Unidentified wreck, wood. NCN 24	Wreck	2



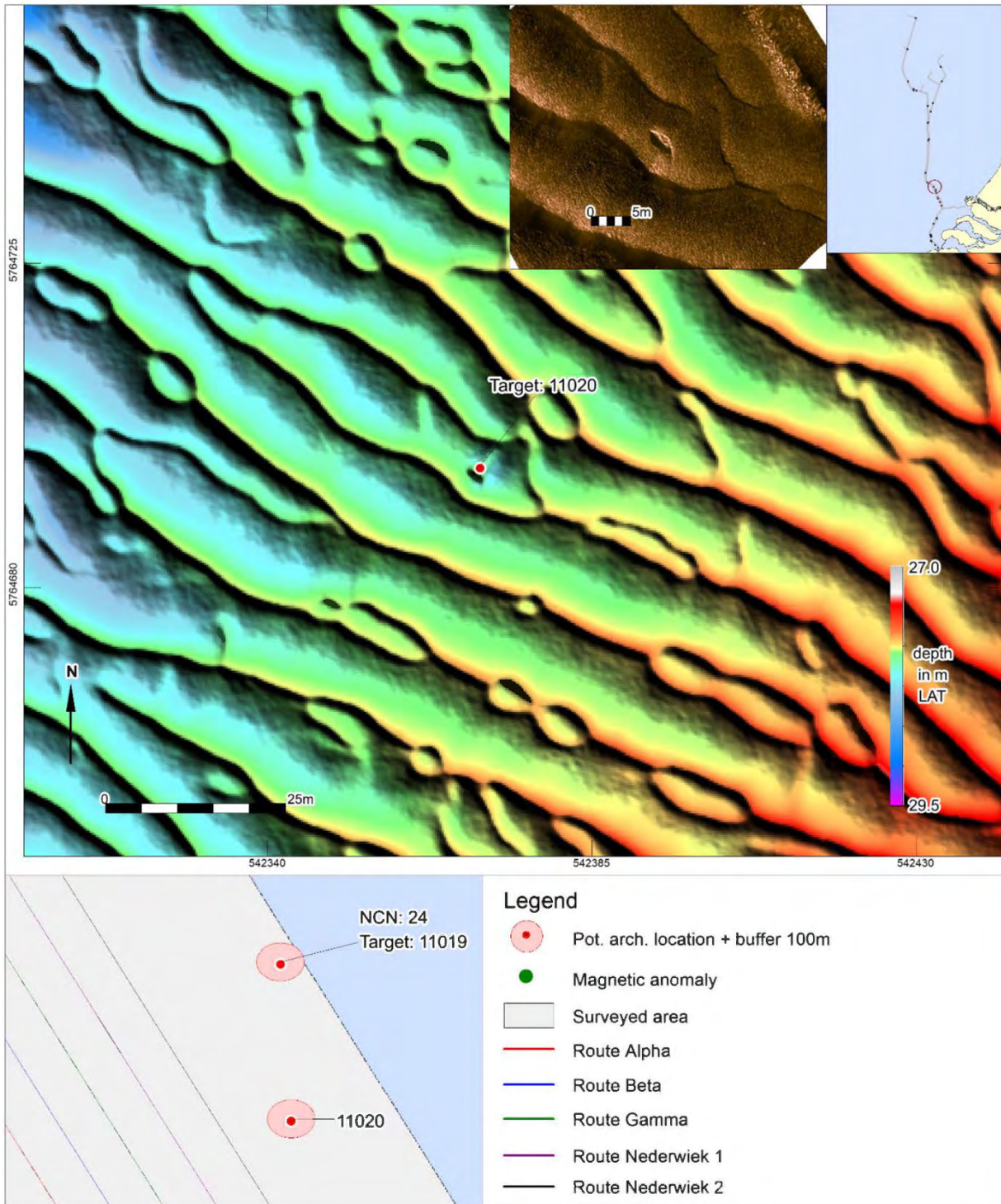
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP NW 2
00642	Wreck	10.7	4.5	0.4	518981	5881679	-27.7	170.013
00655	Wreck	2.9	0.8	0.1	518956	5881687	-27.2	170.013
00654	Wreck	4.7	2.0	0.3	518972	5881684	-27.2	170.014

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
1211	Unidentified wreck, NCN 1211; partially buried by a sand wave	Wreck	2



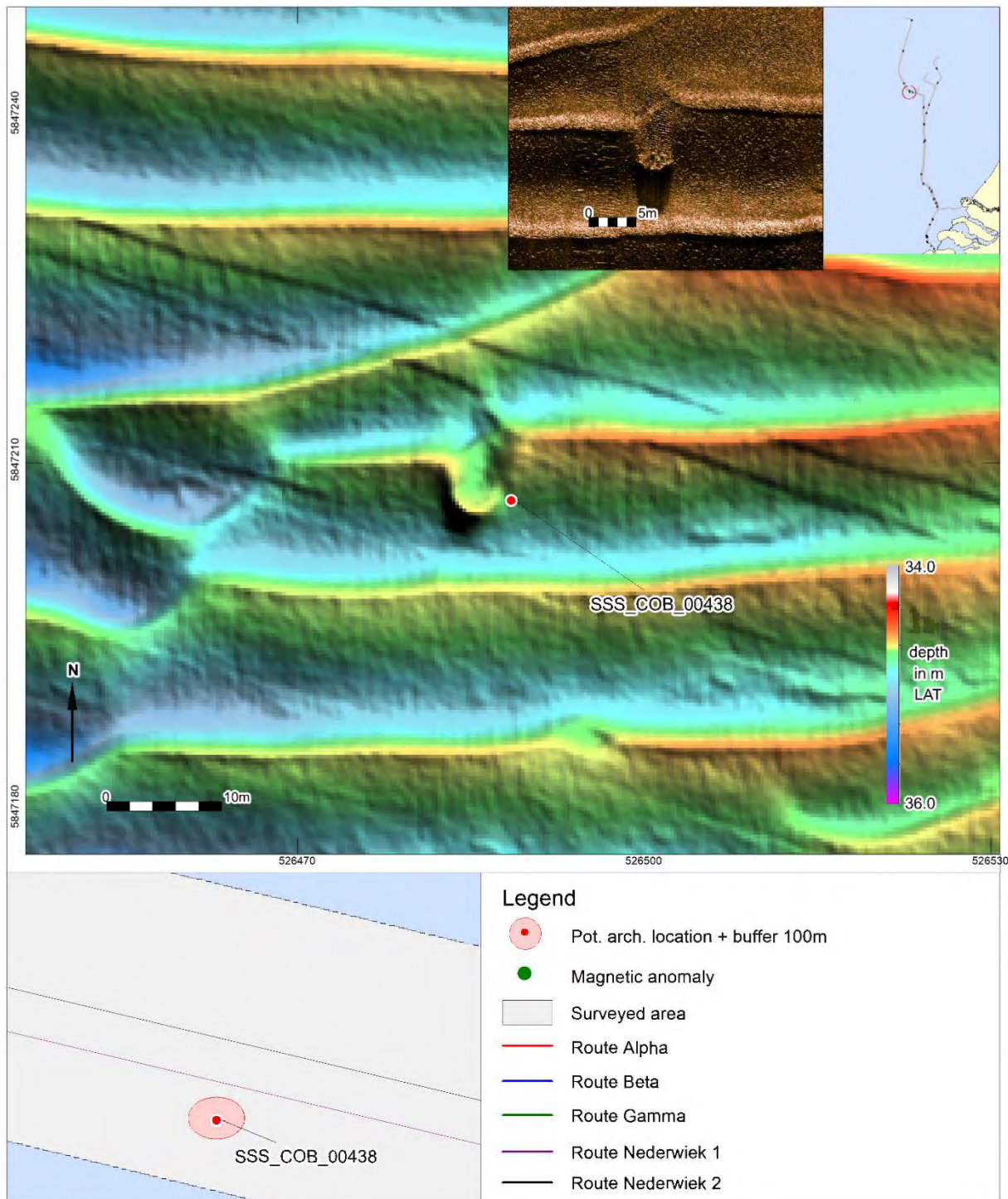
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP NW 2
11012	Debris Linear	5.0	0.2	0.0	540808	5767868	-27.7	39.962

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Partially buried structure, 17.3 x 5.4 m, possible wreck	Possible wreck remains	1



ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP NW 2
11020	Debris Other	4.7	0.9	0.3	542369	5764697	-28.5	36.427

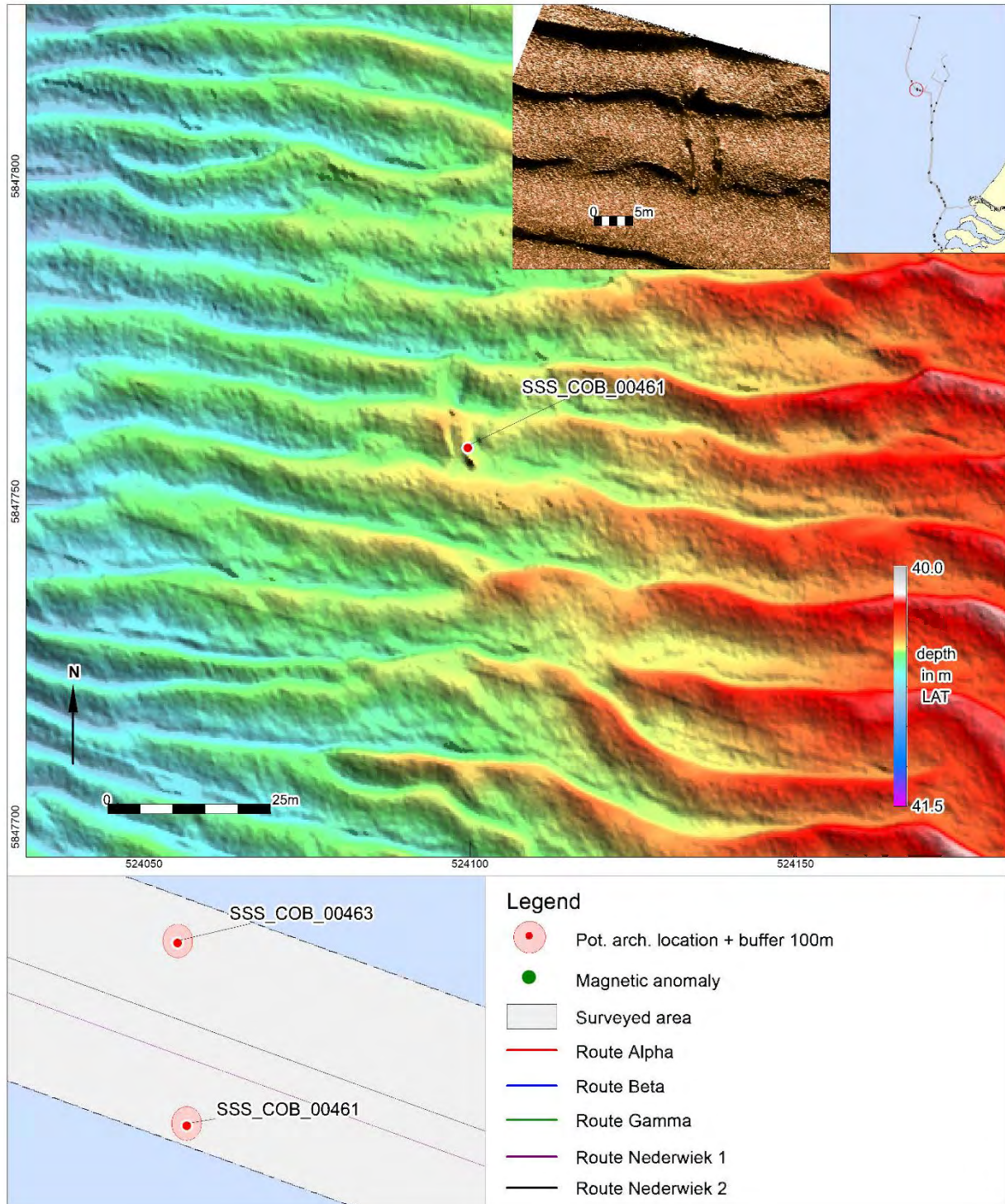
NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Oval contact, 4.7 x 0.9 x 0.3. possible wreck remains	Possible wreck remains	1



ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP NW 2
438	Debris Other	4.1	2.6	0.7	526488	5847207	-35.1	130.014

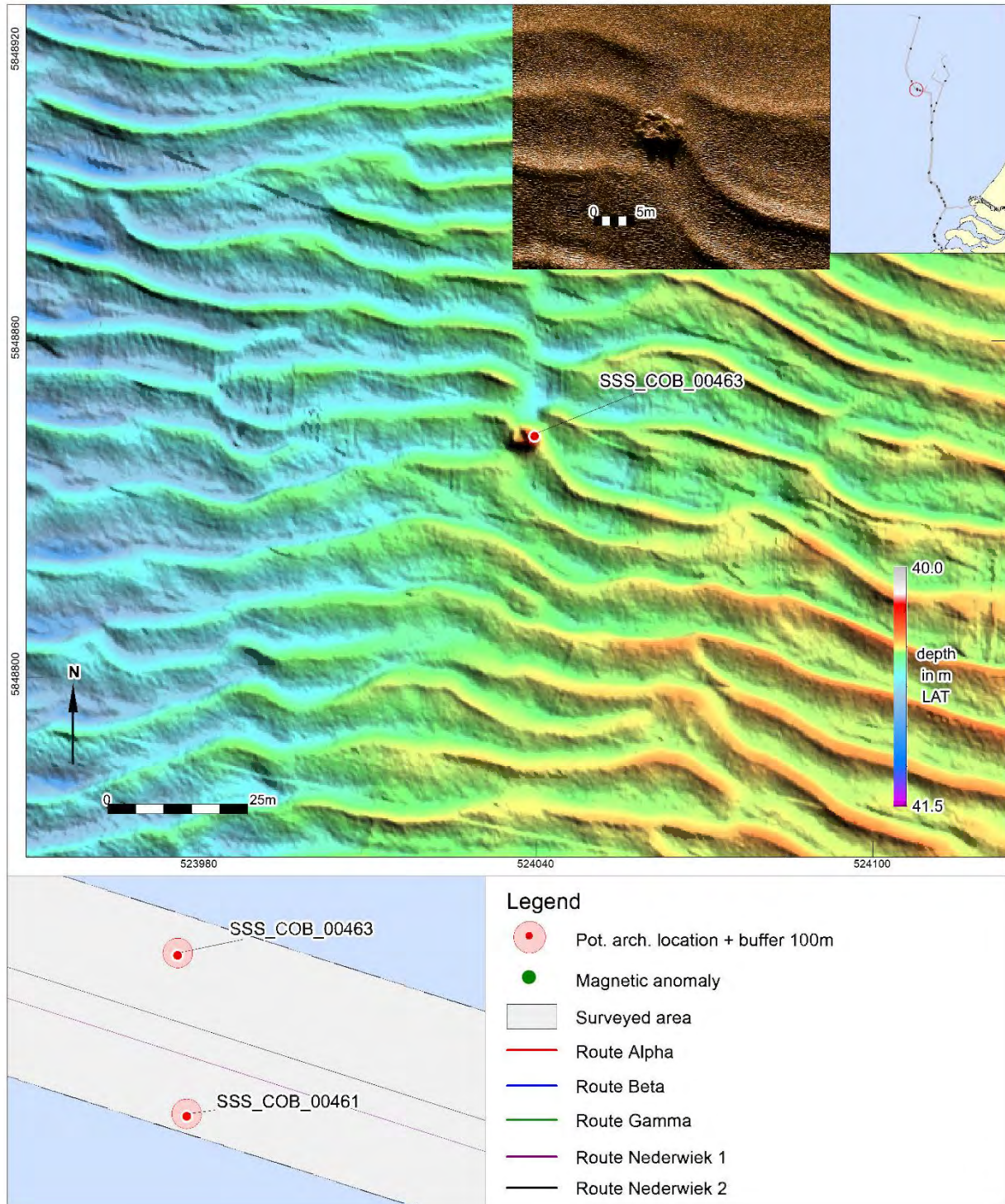
NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Oval contact, 4.1 x 2.6 x 0.7, which 'breaks' a sand wave.	Possible wreck remains	1





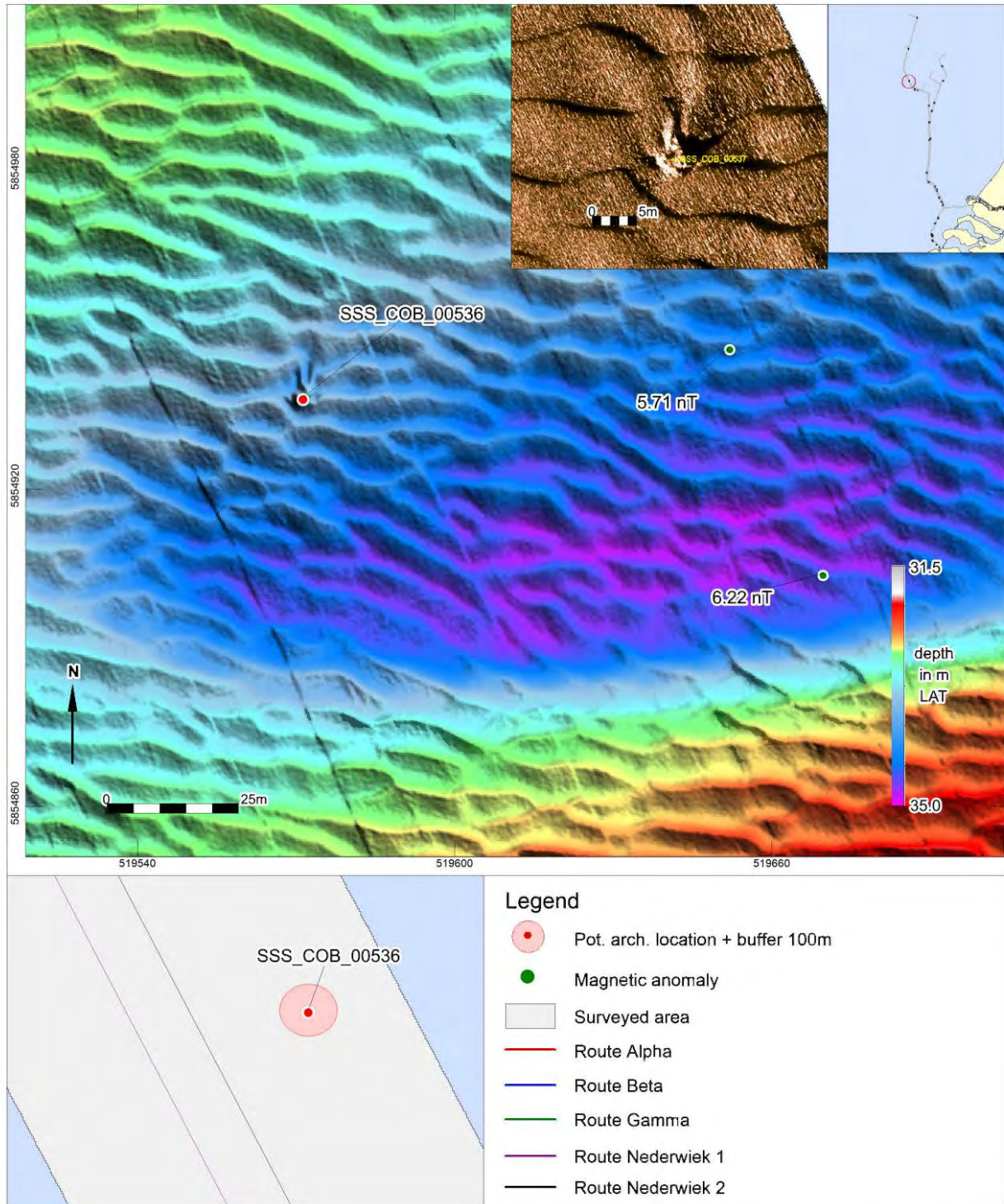
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP NW 2
00461	Debris Linear	11.9	0.0	0.0	524100	5847759	-40.7	132.458

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Oval contact, 12.5 x 3.8m possibly partially buried wreck	Possible wreck remains	1



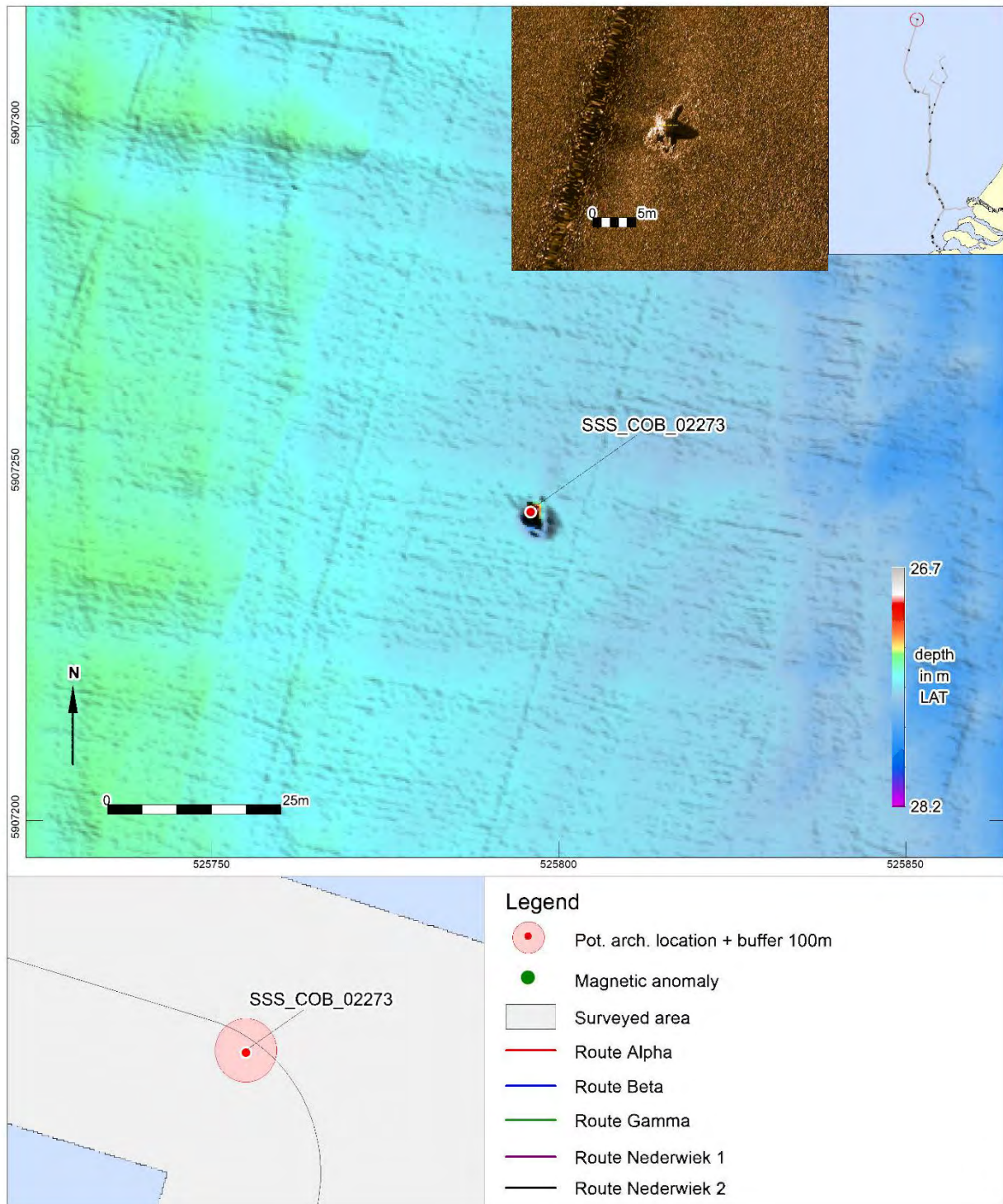
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP NW 2
00463	Debris Other	6.1	3.5	0.8	524040	5848843	-40.5	132.846

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Irregular shaped object, possible wreck remains	Possible wreck remains	1



ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP NW 2
00536	Debris Other	6.2	3.6	0.8	519571	5854937	-34.0	141.204

NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Irregular shaped contact with a sharp shadow, possible wreck remains.	Possible wreck remains	1



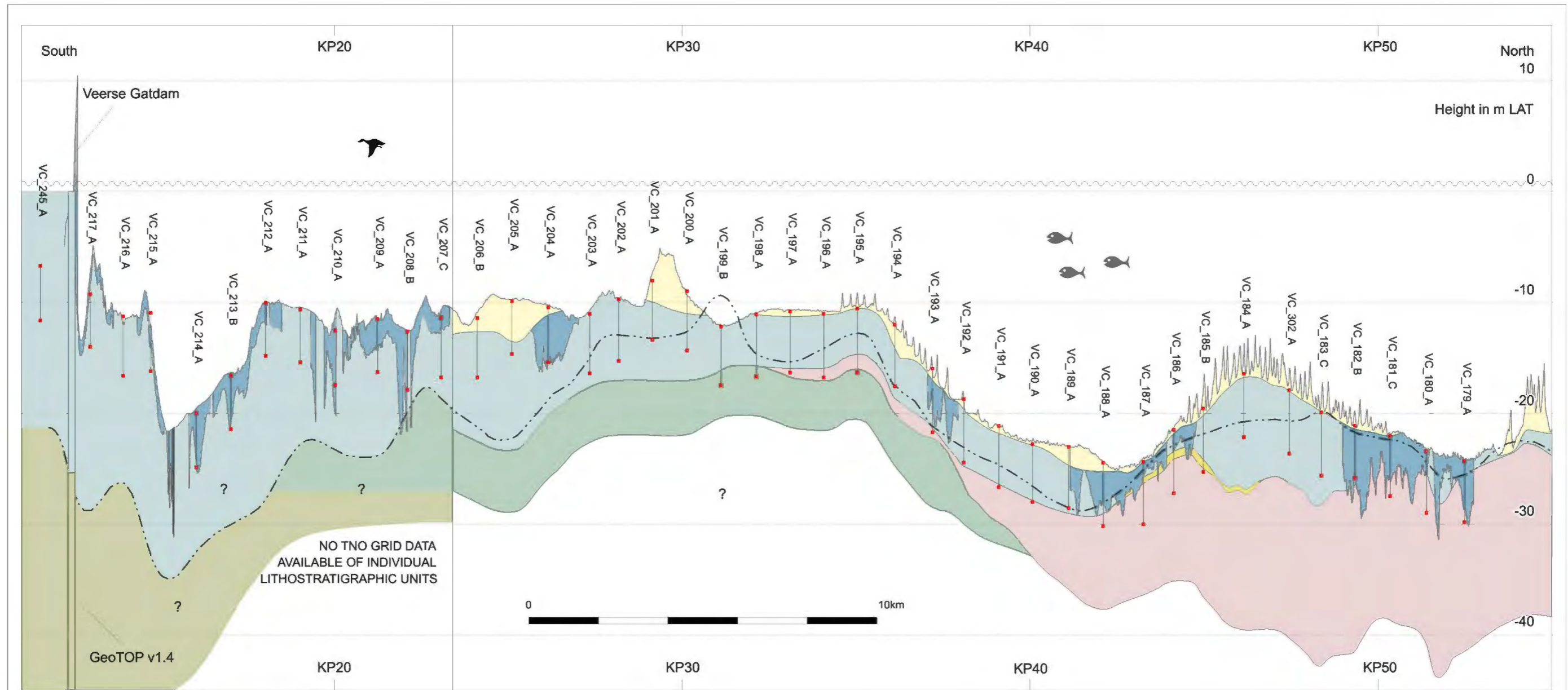
ID	Feature Next	Length	Width	Height	Easting	Northing	Depth	KP NW 2
02273	Debris Fish Net	1.4	1.8	5.5	525796	5907245	-27.8	196.79

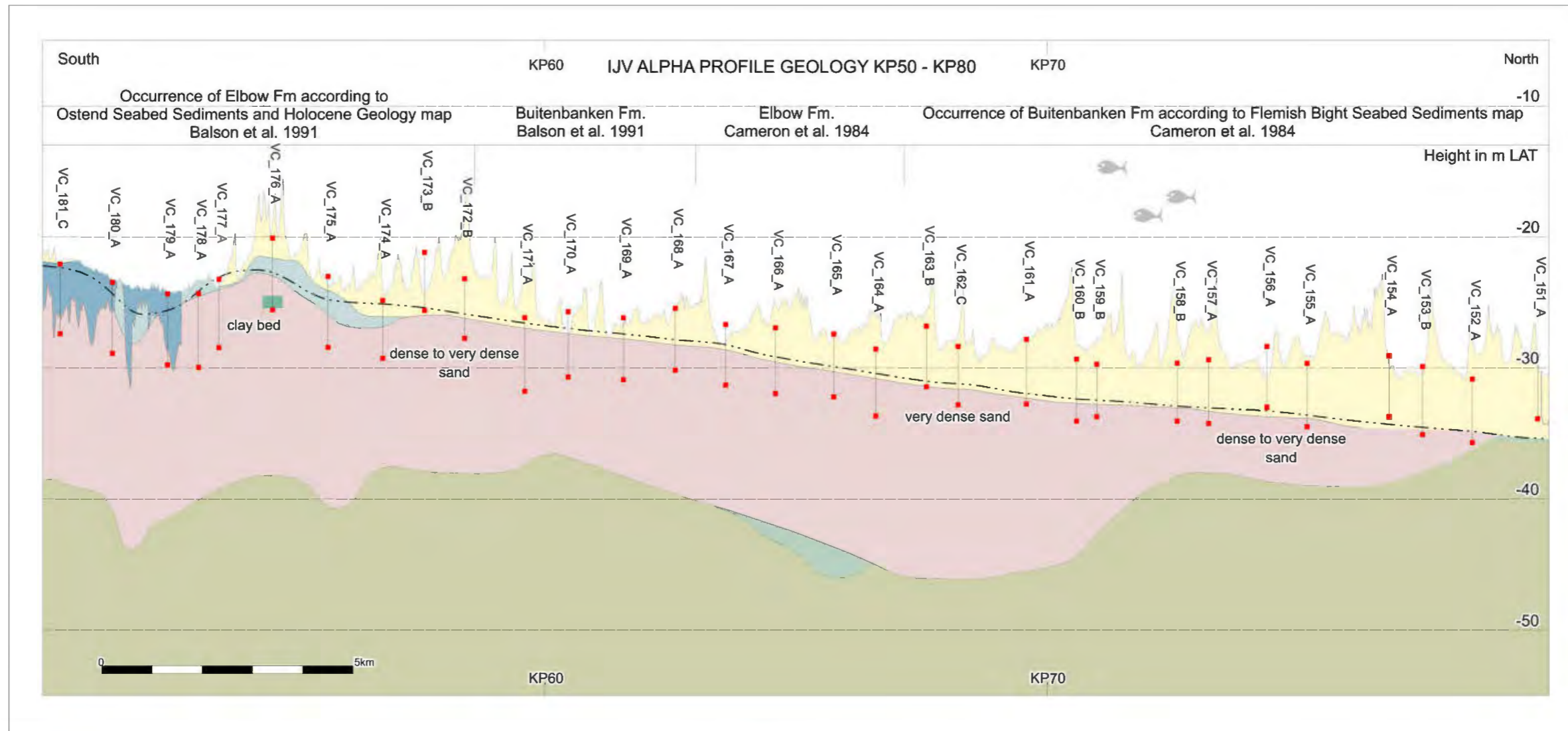
NCN	Description PPA	Classification PPA	Class
-	Irregular shaped contact, possible wreck remains.	Possible wreck remains	1

## **Appendix 2. Geological cross-sections along the Nederwiek 1 route trajectory**

**Note:**

Apart from the last cross-section from KP 158.00 – KP 205.27 the included cross-sections have been obtained from Periplus Archeomare Report 21A001-02 (v2.0), Appendix 2: ‘Net op Zee IJmuiden Ver (Alpha) – An archaeological assessment of geophysical & geotechnical survey results.’



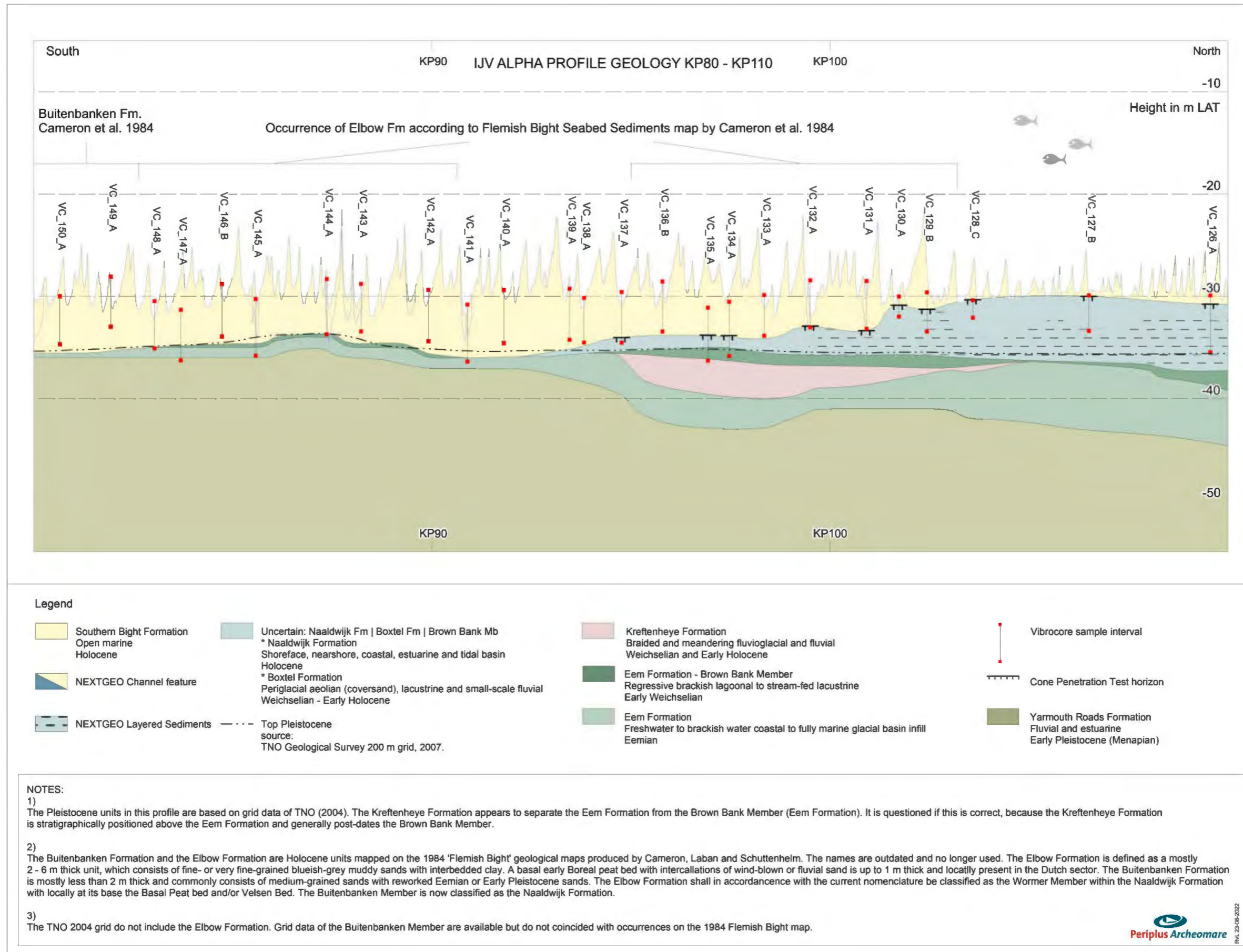


**Legend**

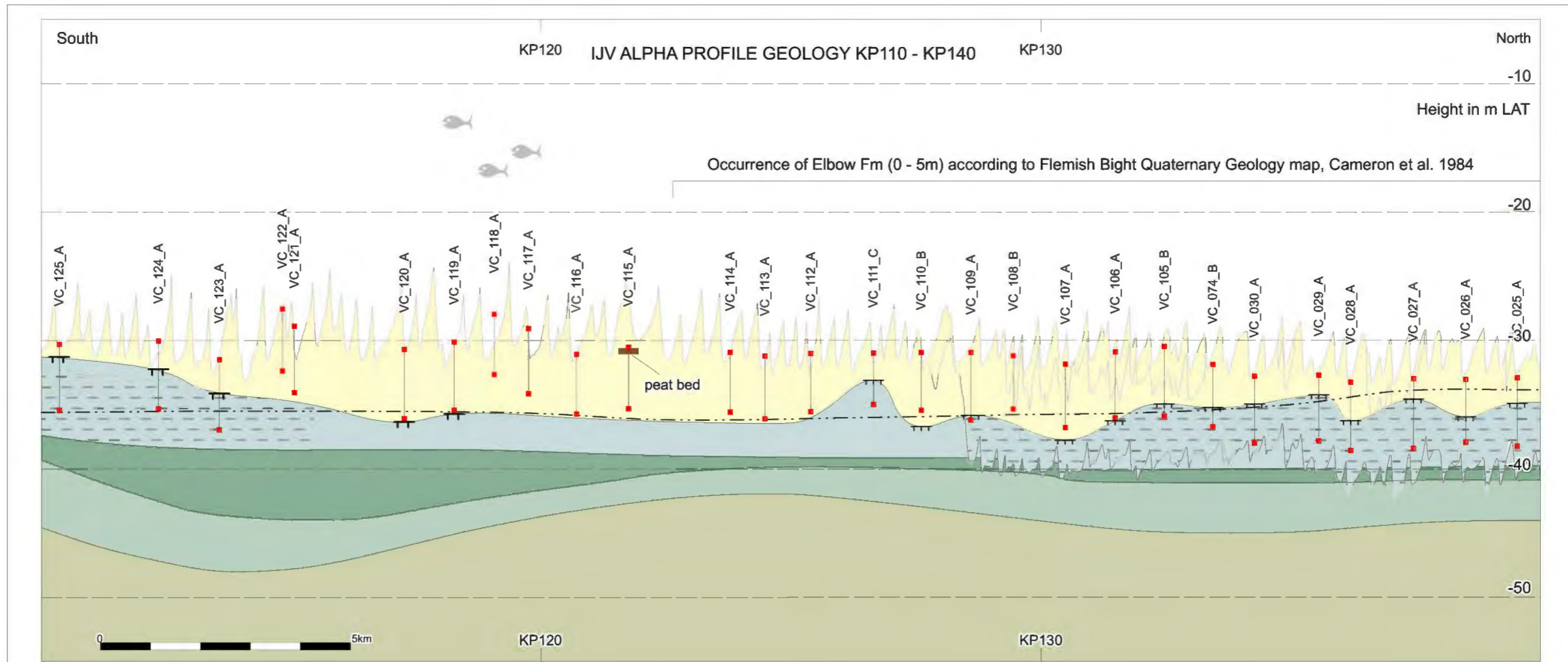
- |   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| Southern Bight Formation<br>Open marine<br>Holocene | Uncertain: Naaldwijk Fm   Boxtel Fm   Brown Bank Mb<br>* Naaldwijk Formation<br>Shoreface, nearshore, coastal, estuarine and tidal basin<br>Holocene | Kreftenheye Formation<br>Braided and meandering fluvio-glacial and fluvial<br>Weichselian and Early Holocene    | Vibrocore sample interval   |
| NEXTGEO Channel feature                             | * Boxtel Formation<br>Periglacial aeolian (coversand), lacustrine and small-scale fluvial<br>Weichselian - Early Holocene                            | Eem Formation - Brown Bank Member<br>Regressive brackish lagoonal to stream-fed lacustrine<br>Early Weichselian | Cone Penetration Test horizon   |
| NEXTGEO Layered Sediments                           | Top Pleistocene<br>source:<br>TNO Geological Survey 200 m grid, 2007.  | Eem Formation<br>Freshwater to brackish water coastal to fully marine glacial basin infill<br>Eemian            | Yarmouth Roads Formation<br>Fluvial and estuarine<br>Early Pleistocene (Menapian) |

**NOTES:**

- 1)  
The Pleistocene units in this profile are based on grid data of TNO (2004). The Kreftenheye Formation appears to separate the Eem Formation from the Brown Bank Member (Eem Formation). It is questioned if this is correct, because the Kreftenheye Formation is stratigraphically positioned above the Eem Formation and generally post-dates the Brown Bank Member.
- 2)  
The Buitenbanken Formation and the Elbow Formation are Holocene units mapped on the 'Flemish Bight' geological maps produced by Cameron et al. (1984) and the 'Ostend' geological maps produced by Balson et al. (1991). The names are outdated and no longer used. The Elbow Formation is defined as a mostly 2 - 6 m thick unit, which consists of fine- or very fine-grained blueish-grey muddy sands with interbedded clay. A basal early Boreal peat bed with intercallations of wind-blown or fluvial sand is up to 1 m thick and locally present in the Dutch sector. The Buitenbanken Formation is mostly less than 2 m thick and commonly consists of medium-grained sands with reworked Eemian or Early Pleistocene sands. The Elbow Formation shall in accordance with the current nomenclature be classified as the Wormer Member within the Naaldwijk Formation with locally at its base the Basal Peat bed and/or Velsen Bed. The Buitenbanken Member is now part of the Naaldwijk Formation.
- 3)  
The TNO 2004 grid do not include the Elbow Formation. Grid data of the Buitenbanken Member are available but do not coincided with occurrences on the 1984 Flemish Bight map.





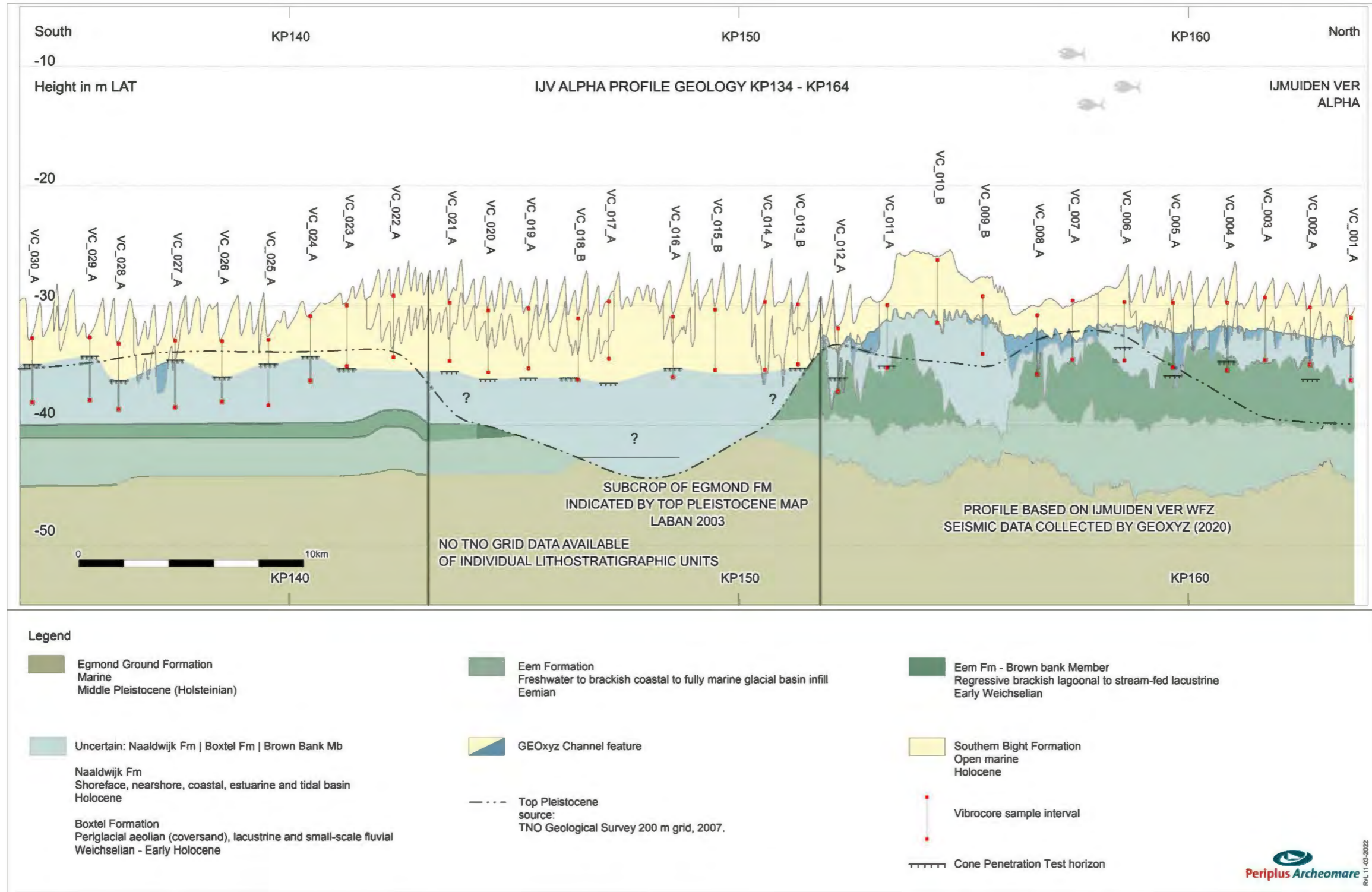


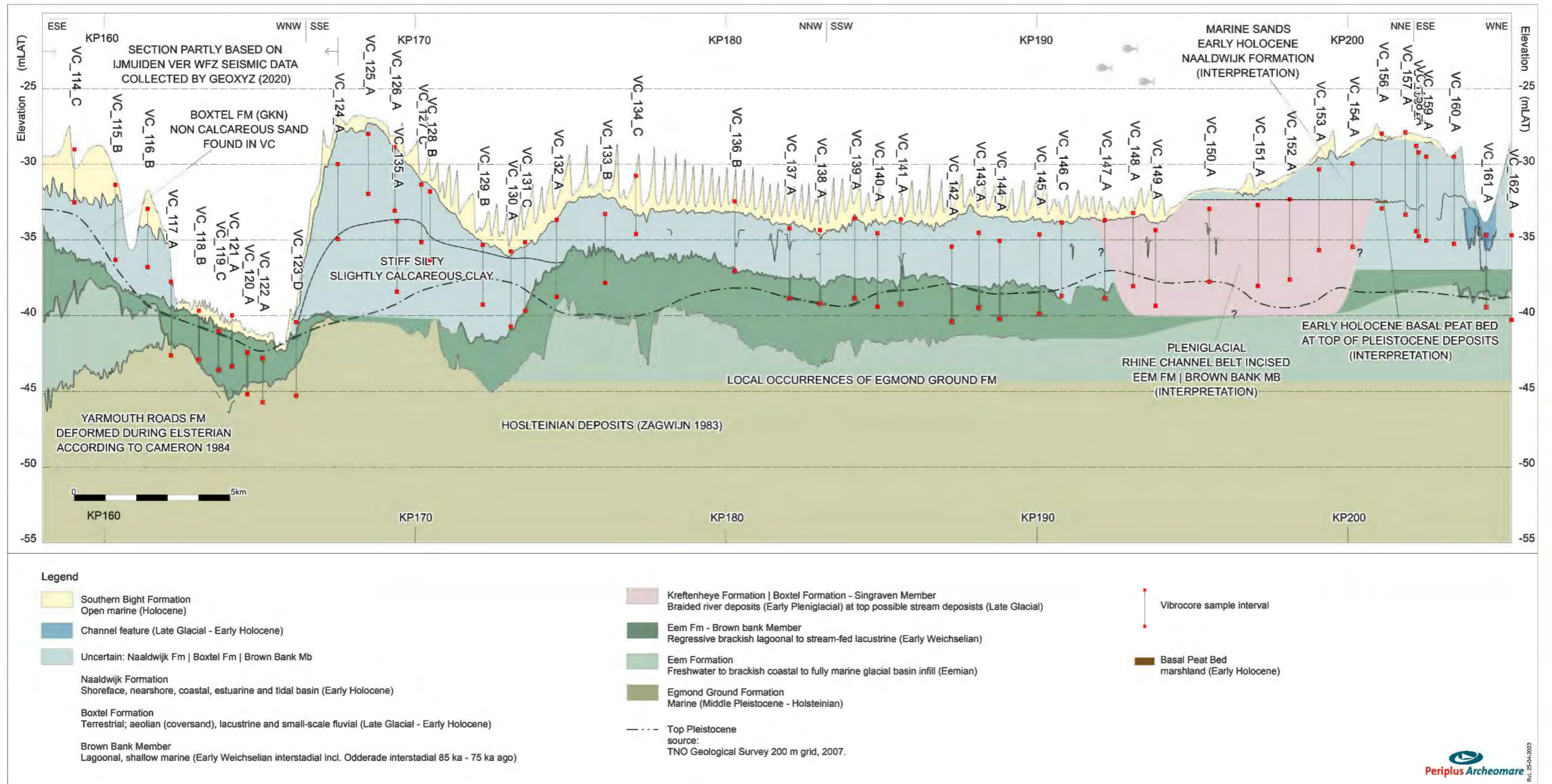
**Legend**

- |   |  |  |                               |
|---|--|--|-------------------------------|
| Southern Bight Formation<br>Open marine<br>Holocene | Uncertain: Naaldwijk Fm   Bostel Fm   Brown Bank Mb<br>* Naaldwijk Formation<br>Shoreface, nearshore, coastal, estuarine and tidal basin<br>Holocene | Eem Formation - Brown Bank Member<br>Regressive brackish lagoonal to stream-fed lacustrine<br>Early Weichselian          | Vibrocore sample interval     |
| NEXTGEO Channel feature                             | * Bostel Formation<br>Periglacial aeolian (coversand), lacustrine and small-scale fluvial<br>Weichselian - Early Holocene                            | Eem Formation<br>Freshwater to brackish water coastal to fully marine glacial basin infill<br>Eemian                     | Cone Penetration Test horizon |
| NEXTGEO Layered Sediments                           | Top Pleistocene<br>source:<br>TNO Geological Survey 200 m grid, 2007.  | Yarmouth Roads Formation (offshore equivalent Waalre Formation)<br>Fluvial and estuarine<br>Early Pleistocene (Menapian) |                               |

**NOTES:**

- 1)  
 The Buitenbanken Formation and the Elbow Formation are Holocene units mapped on the 1984 'Flemish Bight' geological maps produced by Cameron, Laban and Schuttenhelm. The names are outdated and no longer used. The Elbow Formation is defined as a mostly 2 - 6 m thick unit, which consists of fine- or very fine-grained blueish-grey muddy sands with interbedded clay. A basal early Boreal peat bed with intercallations of wind-blown or fluvial sand is up to 1 m thick and locally present in the Dutch sector. The Buitenbanken Formation is mostly less than 2 m thick and commonly consists of medium-grained sands with reworked Eemian or Early Pleistocene sands. The Elbow Formation shall in accordance with the current nomenclature be classified as the Wormer Member within the Naaldwijk Formation with locally at its base the Basal Peat bed and/or Velsen Bed. The Buitenbanken Member is now classified as the Naaldwijk Formation.
- 2)  
 The TNO 2004 grid do not include the Elbow Formation. Grid data of the Buitenbanken Member are available but do not coincided with occurrences on the 1984 Flemish Bight map.

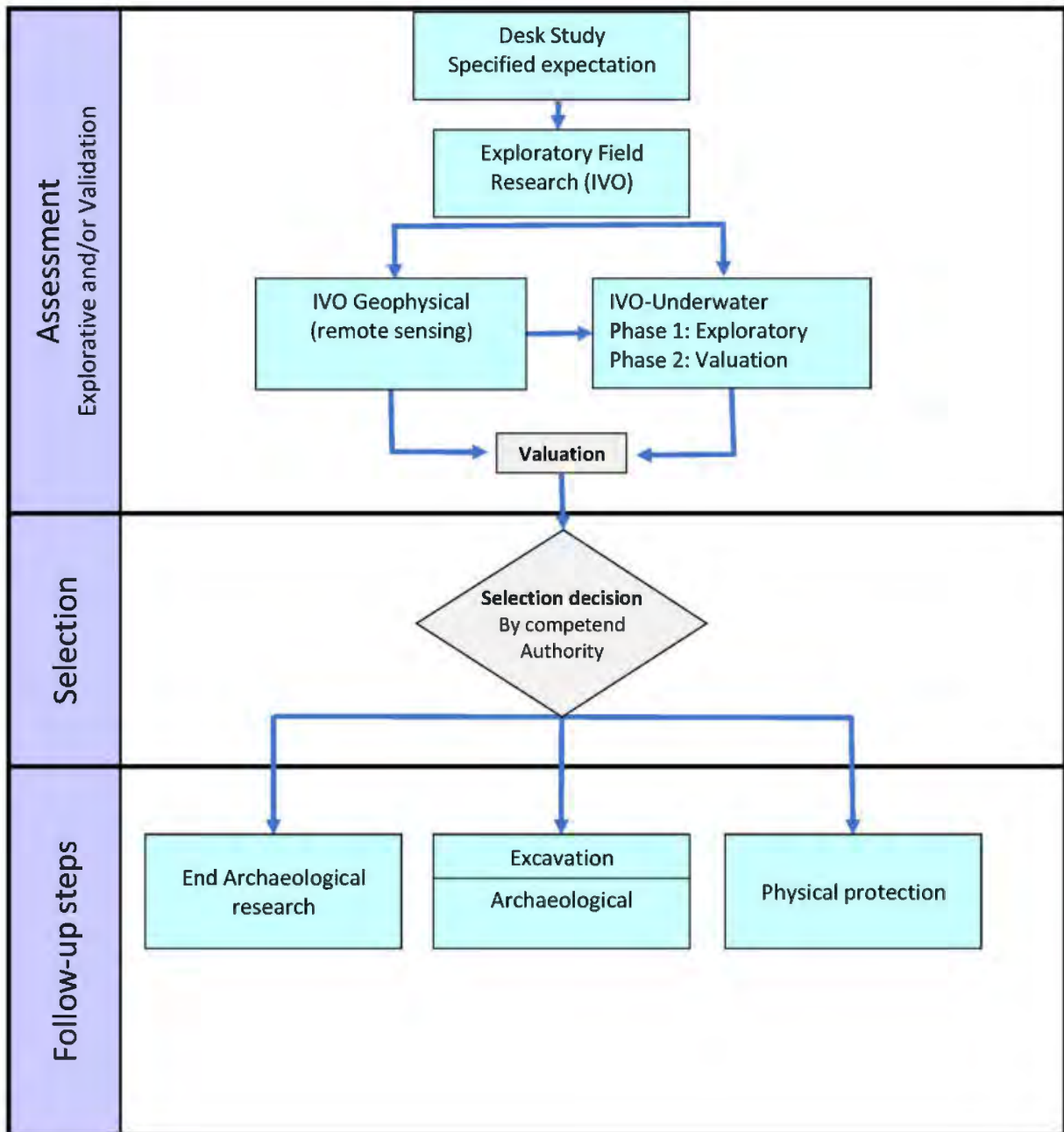




### Appendix 3. Geological and archaeological timetable

CHRONOSTRATIGRAFIE			ARCHEOLOGISCHE PERIODE																																															
SERIE	ETAGE - CHRONOZONE	T.IJD	TIJDPERK		DATERING																																													
Holocene	Laat Subatlanticum	1150 n. Chr	Nieuwe tijd	C	1850																																													
				B	1650																																													
				A	1500																																													
	Vroeg Subatlanticum	0	Middeleeuwen	Laat	B	1250																																												
					A	1050																																												
				Vroeg	D	900																																												
					C	725																																												
					B	525																																												
					A	450																																												
	Subboreaal	450 v. Chr	Romeinse tijd	Laat	270																																													
Midden				70 n. Chr.																																														
Vroeg				15 v. Chr.																																														
Pleistocene	Atlanticum	7300	Metaaltijden	IJzertijd	Laat	250																																												
					Midden	500																																												
					Vroeg	800																																												
				Boreaal	8700	Bronstijd	Laat	1100																																										
								Midden	1800																																									
								Vroeg	2000																																									
				Preboreaal	9700	Neolithicum	Laat	2850																																										
								Midden	4200																																									
								Vroeg	4900/5300																																									
							Mesolithicum	9700	Mesolithicum	Laat	6450																																							
Midden	8640																																																	
Vroeg	9700																																																	
	Weichselien	114.000	Prehistorie							Steentijd	Paleolithicum	Laat	B	12.500																																				
Jong				A	16.000																																													
					Midden	35.000																																												
Oud				250.000																																														
				Vroeg Glaciaal		114.000	Prehistorie	Steentijd	Paleolithicum			Midden	A	35.000																																				
Eemien														126.000	Saalien	236.000	Oostern eer	241.000	onbenoemd	322.000	Belvédère	336.000	onbenoemd	384.000	Holsteinien	416.000	Elsterien	463.000																						
																													Jonge Dryas	11.000	Allerød	12.000	Oude Dryas	12.100	Bølling	13.000	Late Glacial Max	17.000	Denekamp	31.500	Hengelo	40.000	Moershoofd	45.000	71.000	Odderade	74.000			
					Brørup																																												Amersfoort	

### Appendix 4. Schematic overview KNA Waterbodems version 4.1



## Appendix 5. Geophysical and geotechnical survey report

- NextGEO, 2023. OFFSHORE GRID NL - Offshore Route Survey Activities (non-UXO) Nederwiek 1,2 and 3. Final Report - Integrated Geophysical & Geotechnical Report.