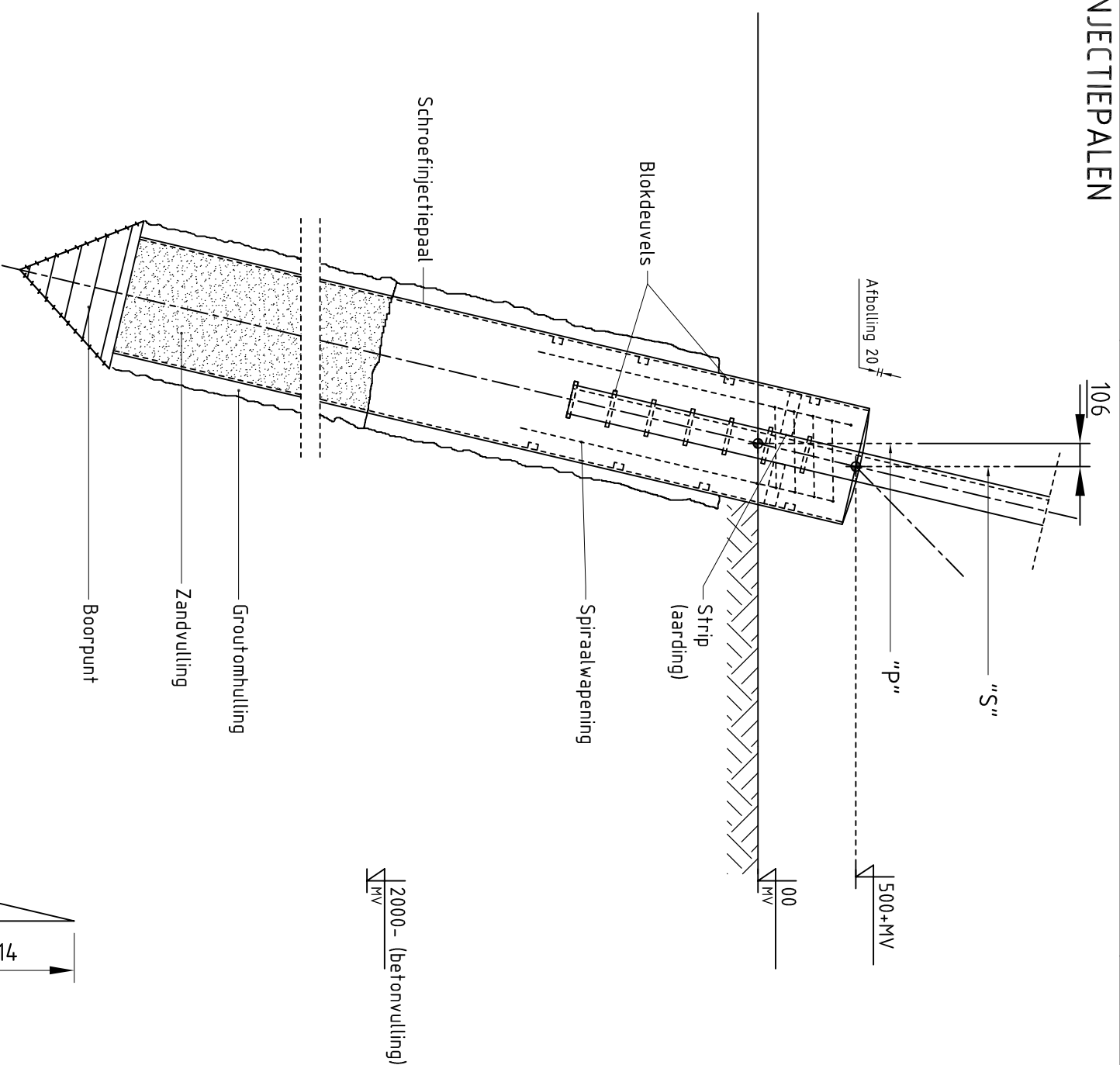


C.1 Fundatietekening steunmast

SCHROEFINJECTIEPALEN

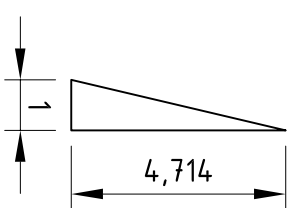
Ø 610/850
Ø 762/950



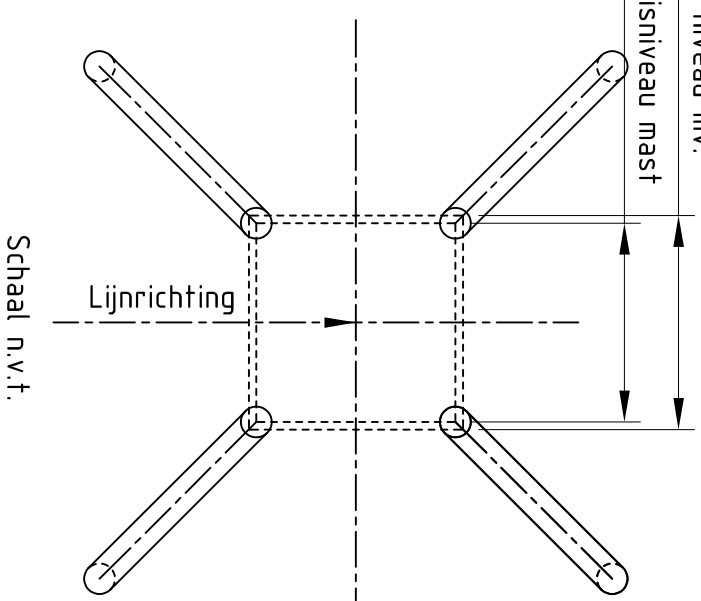
DATUM: 24-06-2022
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

SI Ø	MASTTYPE	MASTR:	Paaltype "S" (m)
S-0/c-----	1028, 1031, 1034, 1035, 1038, 1041, 1042, 1045, 1046, 1047, 1048, 1049, 1050, 1084, 1085, 1090, 1106, 1107, 1108, 1109, 1112, 1113, 1122, 1124, 1125, 1126, 1127, 1129, 1132, 1134, 1135, 1136, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144, 1145, 1146, 1161, 1162, 1164, 1170, 1171, 1173, 1174, 1175, 1176, 1182, 1183, 1186, 1189, 1190, 1195, 1201, 1202		9,956
S-0/s-----	1006, 1008, 1009, 1010, 1061, 1064, 1065		9,733
S-3/c-----	1030, 1032, 1036, 1039, 1040, 1043, 1070, 1071, 1075, 1083, 1138, 1139, 1155, 1160, 1169, 1172, 1178, 1179, 1180, 1181, 1185, 1200, 1203		10,242
S-6/c-----	1029, 1074, 1080, 1082, 1087, 1156, 1157, 1165, 1166, 1198		11,142
S-6/s-----	1054, 1056, 1059		10,938
S-9/c-----	1072, 1073, 1088, 1193, 1197, 1197A		12,042
S-9/s-----	1057		11,838
S-3/c-----	1026, 1119, 1120, 1121, 1191		9,671
S-3/s-----	1011		9,428

Paalhelling (overhoeks)



Pootspreiding "P" op niveau mv.
Pootspreiding "S" basisniveau mast



UITGANGSPUNTEN
Betonskerfklasse C30/37
Milieuklasse XC4/ XF3
Wapeningstaal B500B, B220
Straalkwaliteit S355J2H
Gevolgklasse CC2
Ontwerp levensduur 100 jaar

Aarding:
- Koppelstrip lassen tussen randstijl en wand stalen buispaal

DO-RAPPORTAGE
002.678.00 0876917 21-0036 DNV Uitgangspunten DO Moldamasten
002.678.00 0950630 21-1249 DNV Rapportage fundatie steunmasten

DO-FASE
Afmetingen indicatief in DO-fase
Paalafmeting definitief in UD-fase
Paalpuntniveau definitief in UD-fase
Paallengte en paaltipe afhankelijk van sonderingen en locatie

4	14-06-2022	Mastfns. VKA2.0, bemating aangepast
3	24-12-2021	Mastfns aangepast.
2	16-12-2021	Mastfns aangepast
1	15-11-2021	RFA opmerkingen verwerkt

DNV
DNV Energy Systems
Utrechtseweg 310, 6817 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11

Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN
Status: DEFINITIEF
Datum: 15-10-2021
Tekenaar: DMR
Vrijgever: TBR

Schaal: 1:30
Units: mm
Projectnummer: 10124719
DNV document: 10124719-32-1000

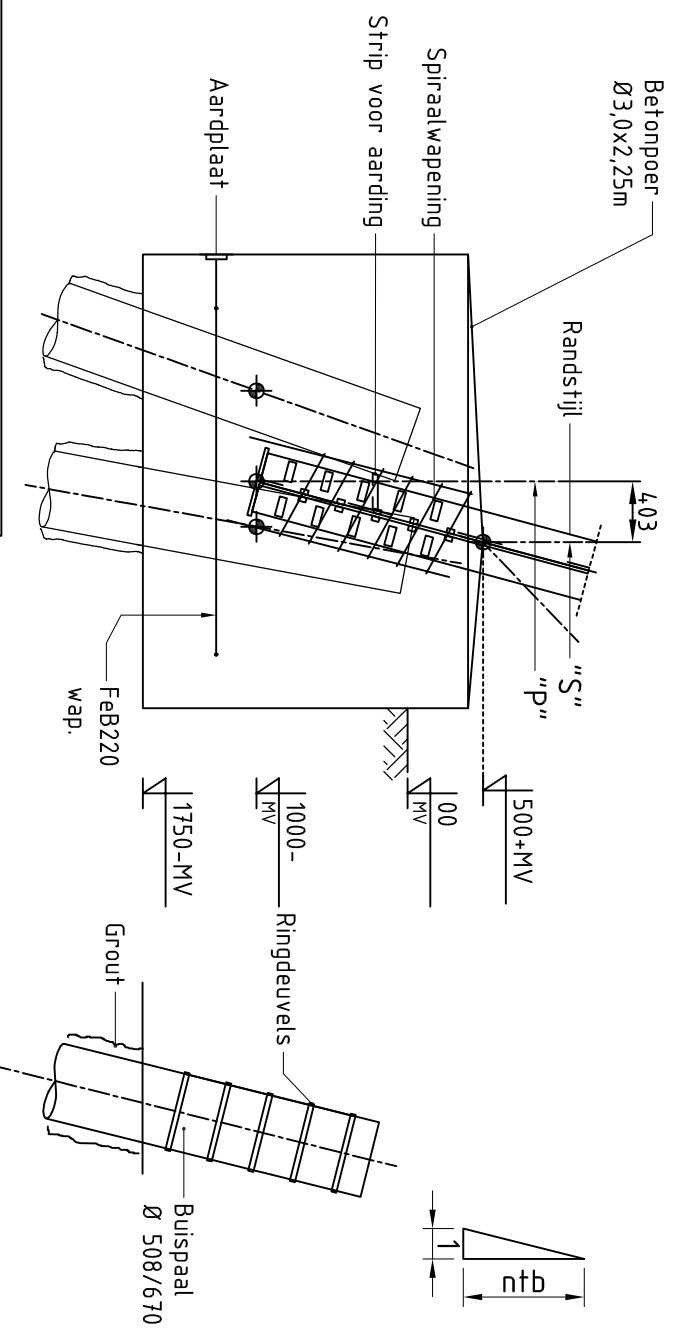
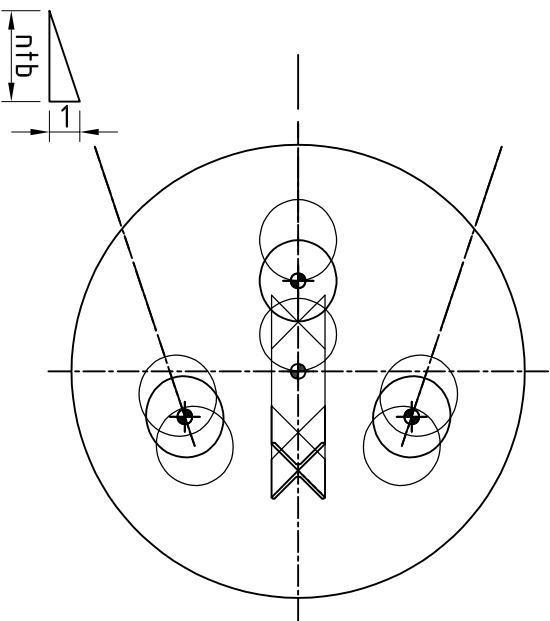
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat
			DNV		1:30	A3

Relatie	Thema

Tennet
Taking power further

Object ID: Steunmasten Moldau
Omschrijving: Fundatietekening enkelpaalsfundering steunmast Moldamasten
Tennet nummer: 002.678.00 0928594

C.2 Fundatietekening



MASTTYPE	MASTNR.	Pootsprei "S" (m)
HA+0/c	1086, 1123, 1130, 1196, 1199	11,762
HA+0/s	1002, 1005, 1007, 1060	11,275
HA+3/s	1062, 1063	12,415
HA+6/c	1067, 1068, 1069, 1194	14,042
HB+0/c	1027, 1037, 1184, 1188	11,762
HB+19/s	1148, 1151, 1152	16,000
HB+6/c	1079	14,042
HB+6/s	1055	13,555
HC+0/s	1052	11,275
WA+0/c	1044, 1089, 1128, 1137, 1158, 1163 11,762	11,275
WA+0/s	1053, 1150	11,275
WA+6/c	1078	14,042
WB+0/c	1177, 1192	11,762

UITGANGSPUNTEN
 Betonsierklasse C30/37
 Milieuklasse XC4/ XF3
 Wapeningstraal B500B, B220
 Staalkwaliteit S355J2H
 Gevolgklasse C27
 Ontwerplevensduur 100 jaar

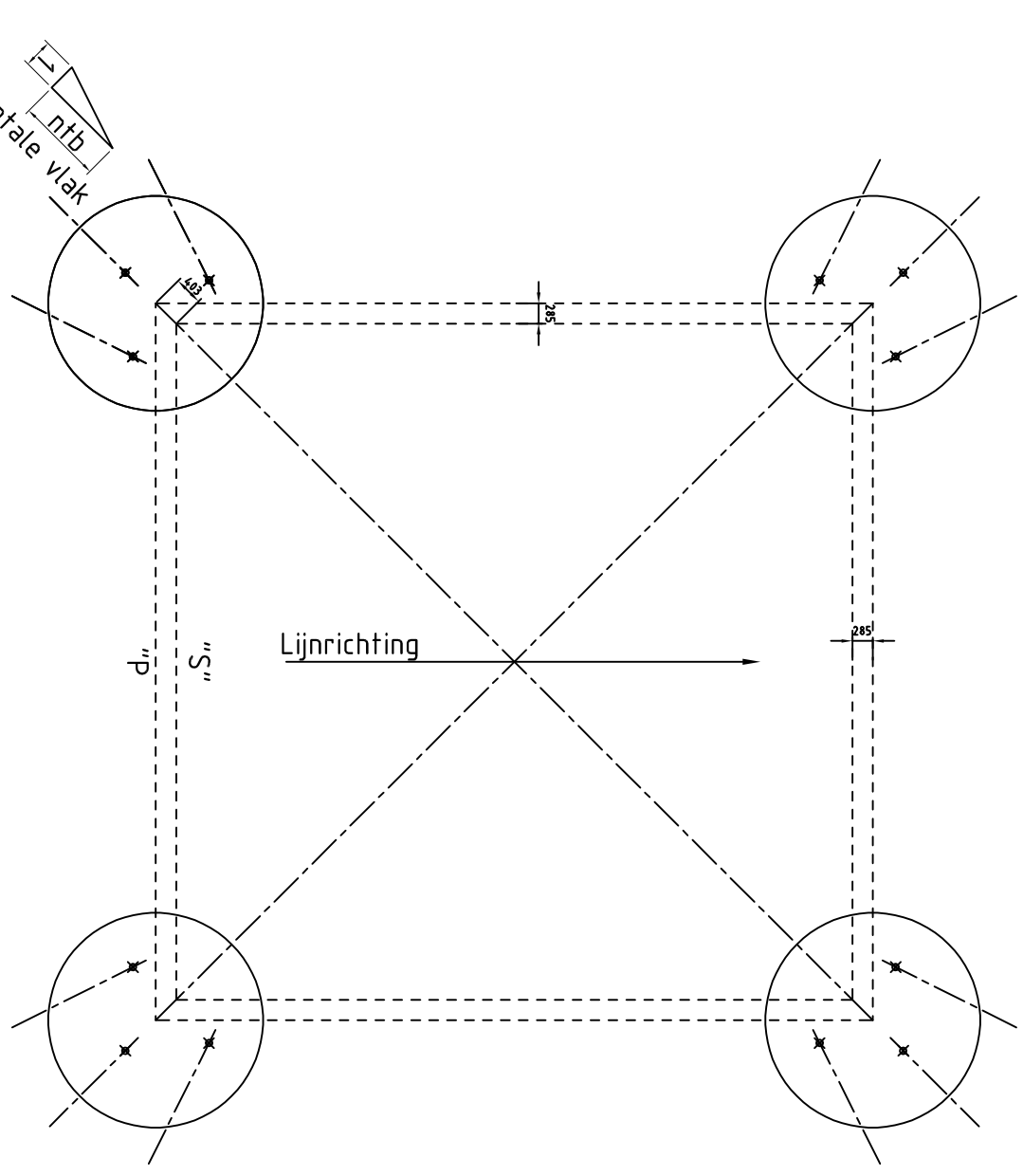
Aarding:
 - Koppelstrip lassen tussen randstijl en wand stralen buispaal
 - In poer aardnet opnemen van zachtstalen wapening, verbinden met wapeningskorf, randstijl, palen en aardplaat.
 - Aardplaat opnemen in poer.

DATUM: 24-06-2022
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

Alternatief voor de schroefinfectie-paal zijn de volgende paaltypes
 toepasbaar:
 Vibro-paal 557/610
 FGI-paal 54,0/660

DO-RAPPORTAGE
 002.678.00 0876917 21-0036 DNV Uitgangspunten DO Molda masten
 002.678.00 0950632 21-1250 DNV Rapportage fundatie hoekmasten

DO-FASE
 Afmetingen indicatief in DO-fase
 Paalafmeting definitief in UO-fase
 Paalpuntniveau definitief in UO-fase
 Paallengte en paaltipe afhankelijk van sonderingen en locatie



Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie
3	14-06-2022	Mastnrs. VKA2.0, bemating aangepast
2	16-12-2021	Mastnrs aangepast
1	15-11-2021	RFA opmerkingen verwerkt
Revisie	Datum	Omschrijving

DNV
 DNV Energy Systems
 Utrechtseweg 310, 6817 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11

Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN
Status: DEFINITIEF
Datum: 15-10-2021
Tekenaar: DMR
Vrijgever: TBR

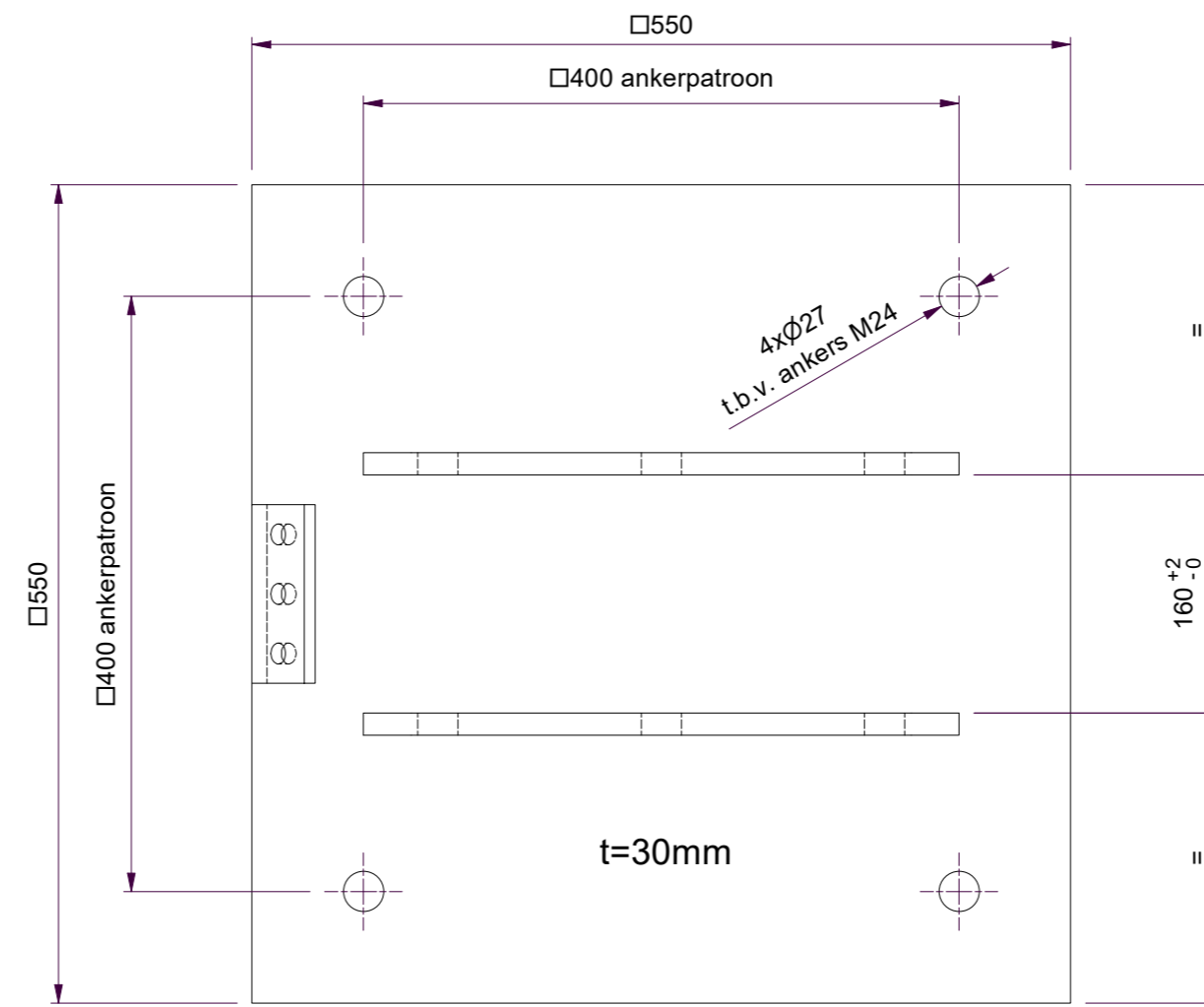
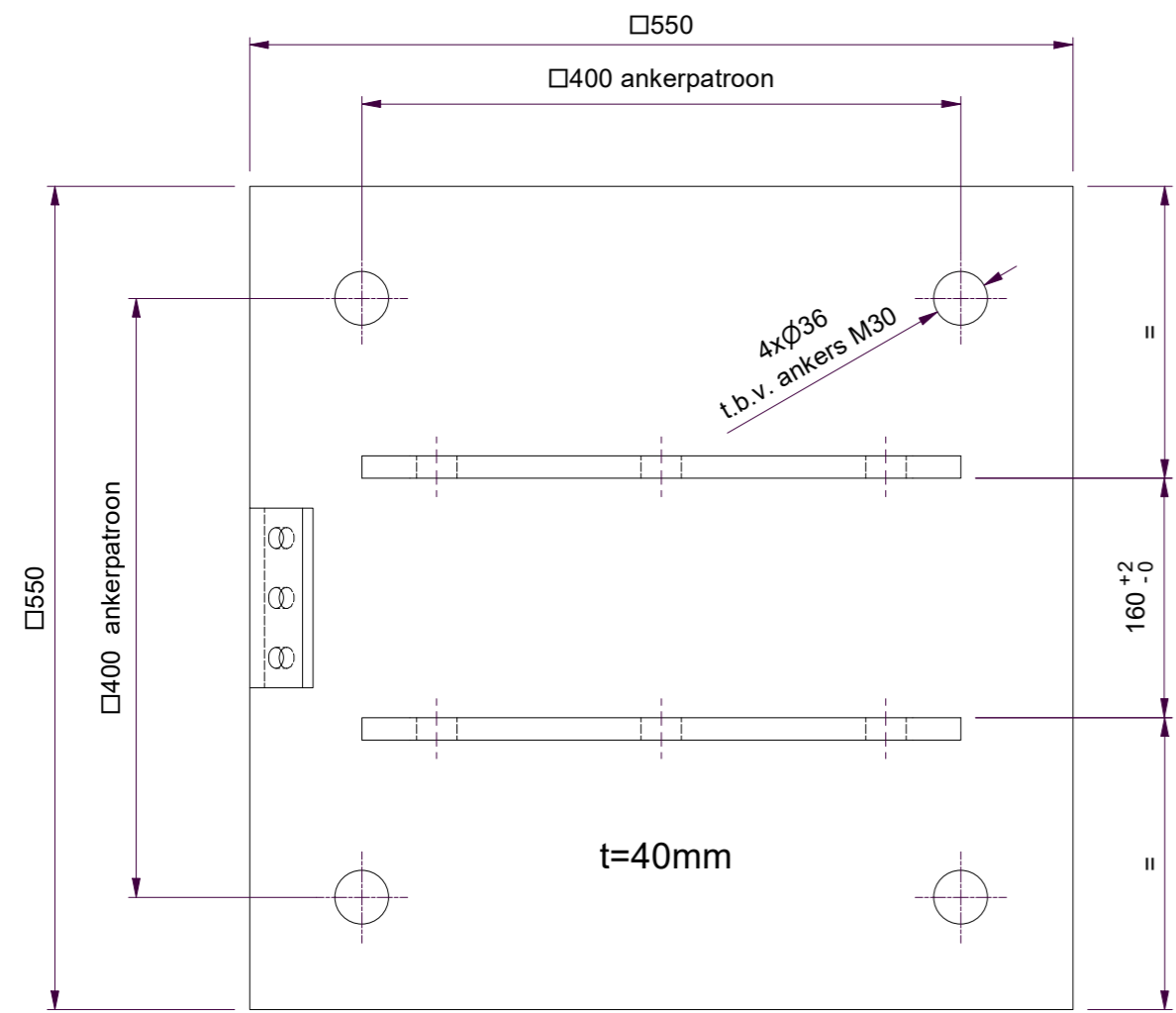
Schaal: 1:30
Units: mm
Projectnummer: 10124719
DNV document: 10124719-32-1003

Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat
			DNV		1:30	A3

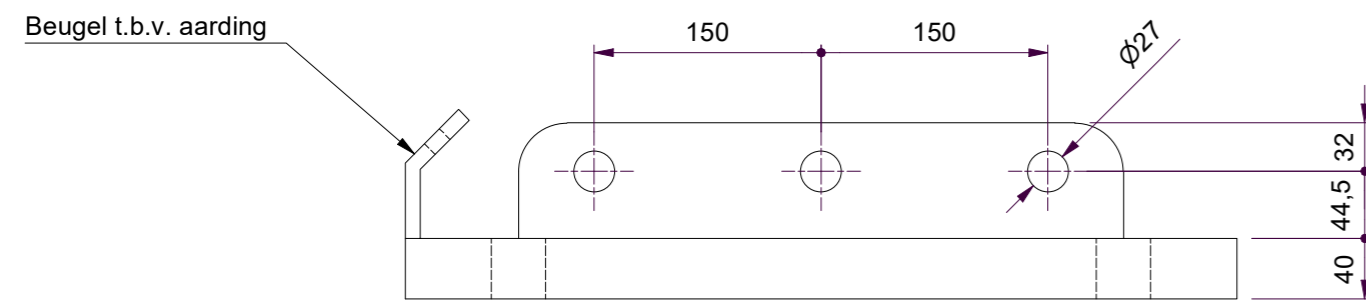
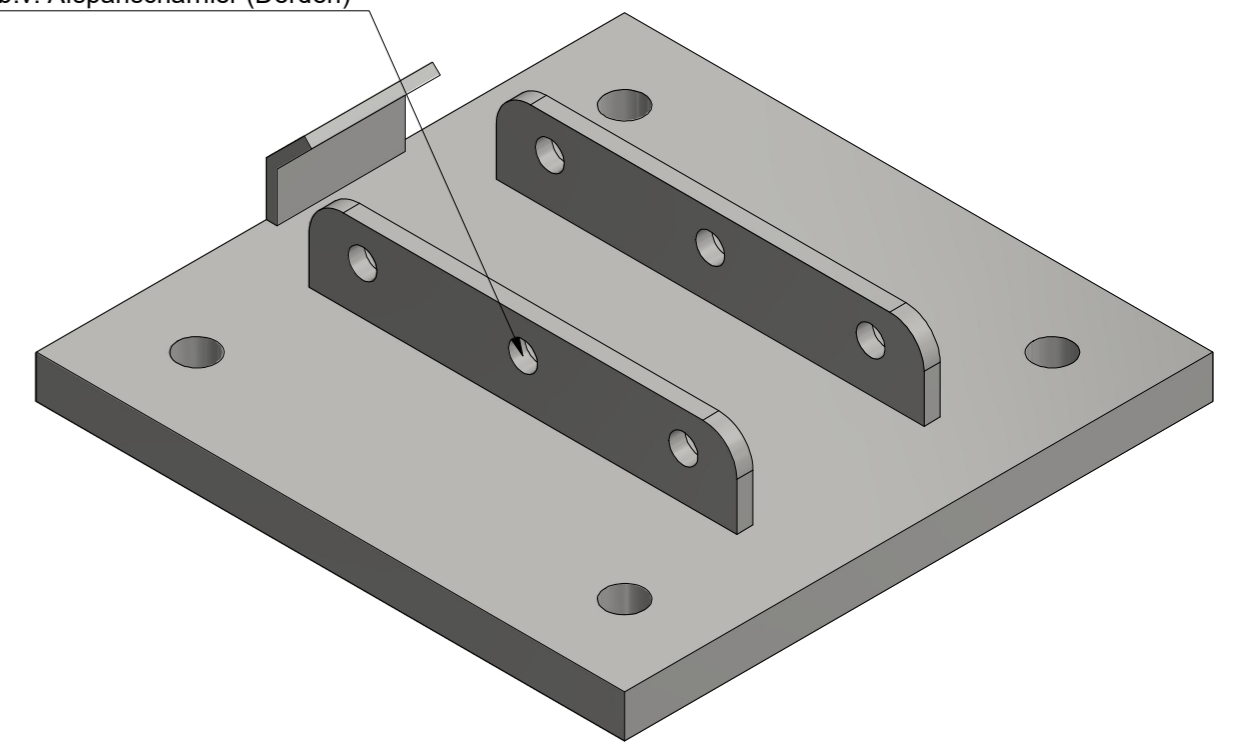
Tennet
 Taking power further

Object ID: Hoekmasten Moldau
Omschrijving: Fundatietekening driepaalsfundering hoekmast Molda masten
Tennet nummer: 002.678.00 0928597

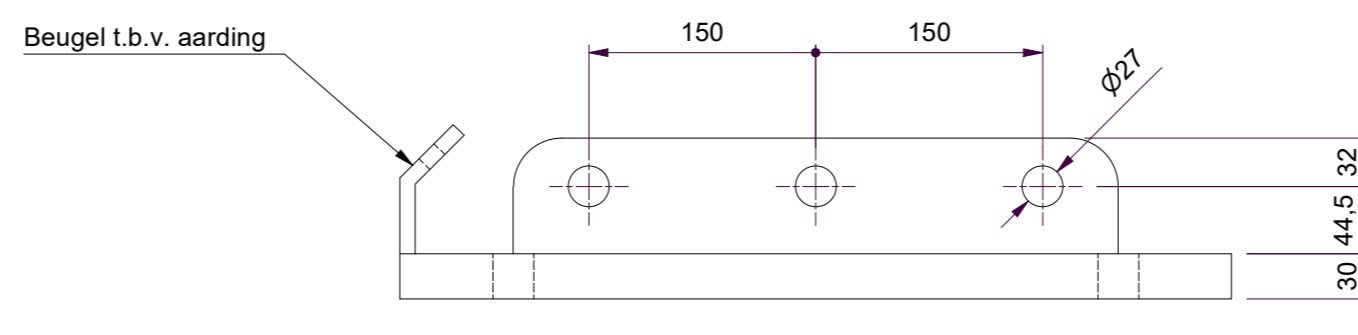
C.3 Voetplaat grondafspanning isolatoren



Gaten t.b.v. Afspanschamier (Derden)



380 kV variant
Gewicht ca 101 kg



150 kV variant
Gewicht ca 78 kg

DATUM: 20-12-2021
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

Rev.		Date	Description
2.0	3-11-2021	Update naar aanleiding RFA rapportage	
1.0	24-06-2021	First edition	

Project: TenneT Engineering ZW380 kV Oost	
Design State: WorkInProgress	Scale: 1 : 5
Date: 24-6-2021	Units: mm
Author: EKA	Projectno: 10124.719
Approved: EPL	DNV Doc.no: 10124.719-12-1005

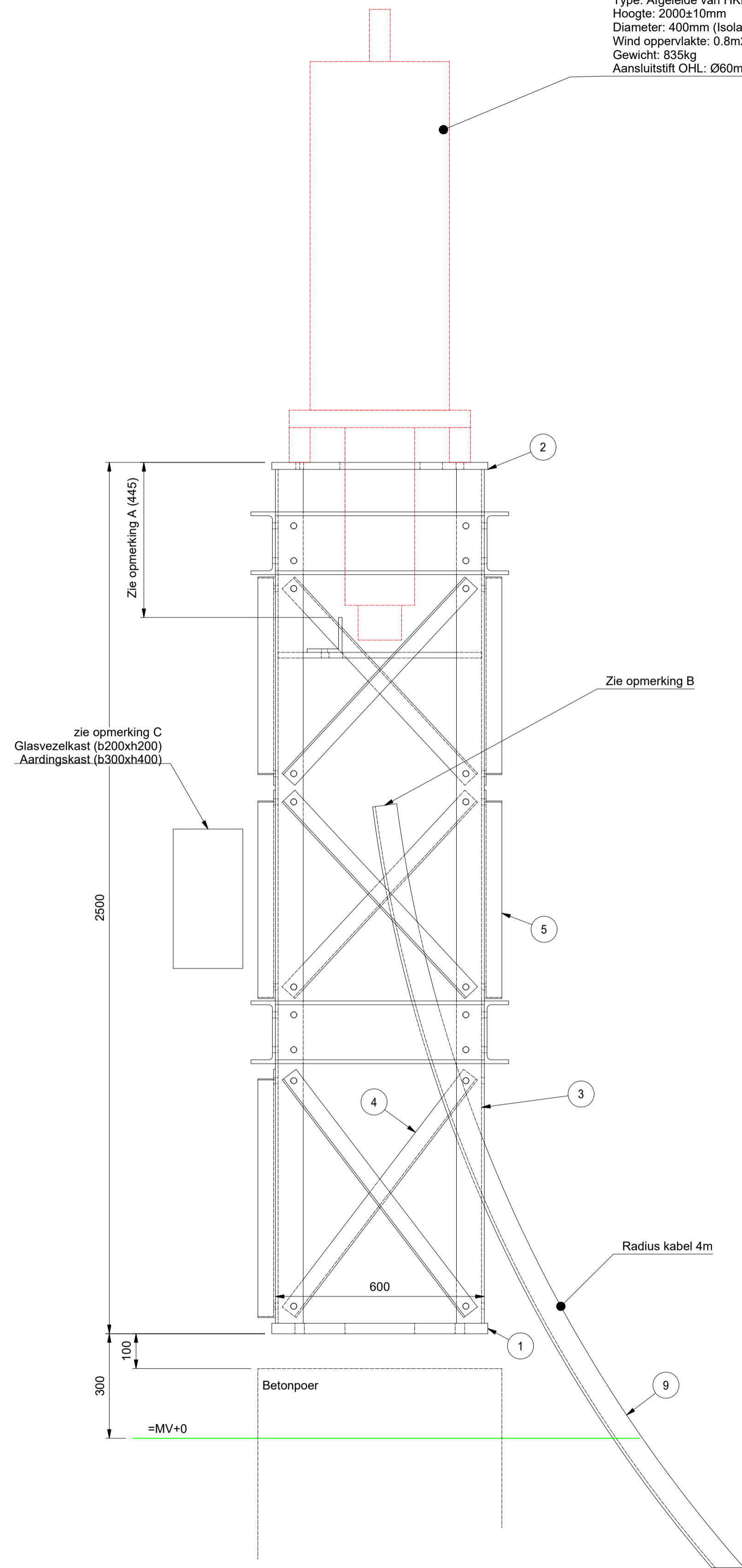
Title: 150/380kV Verbinding ZW 380kV Oost		Design State: DO Fase	
Rev.No.	Date revision	Author:	Date As-Built
		DNV	
		Scale:	Format:
		1 : 5	A2

Relationship to other drawings	Theme
	Category
	Documenttype
Drawing no. (old or new)	Object ID
	Description
	TenneT number:
	002.678.00 0935073

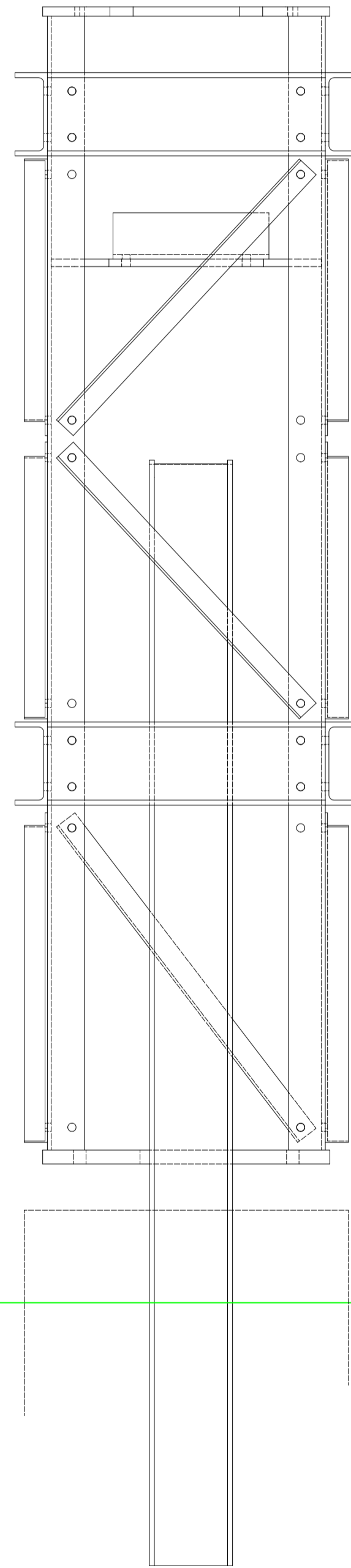


C.4 Staalwerk KES

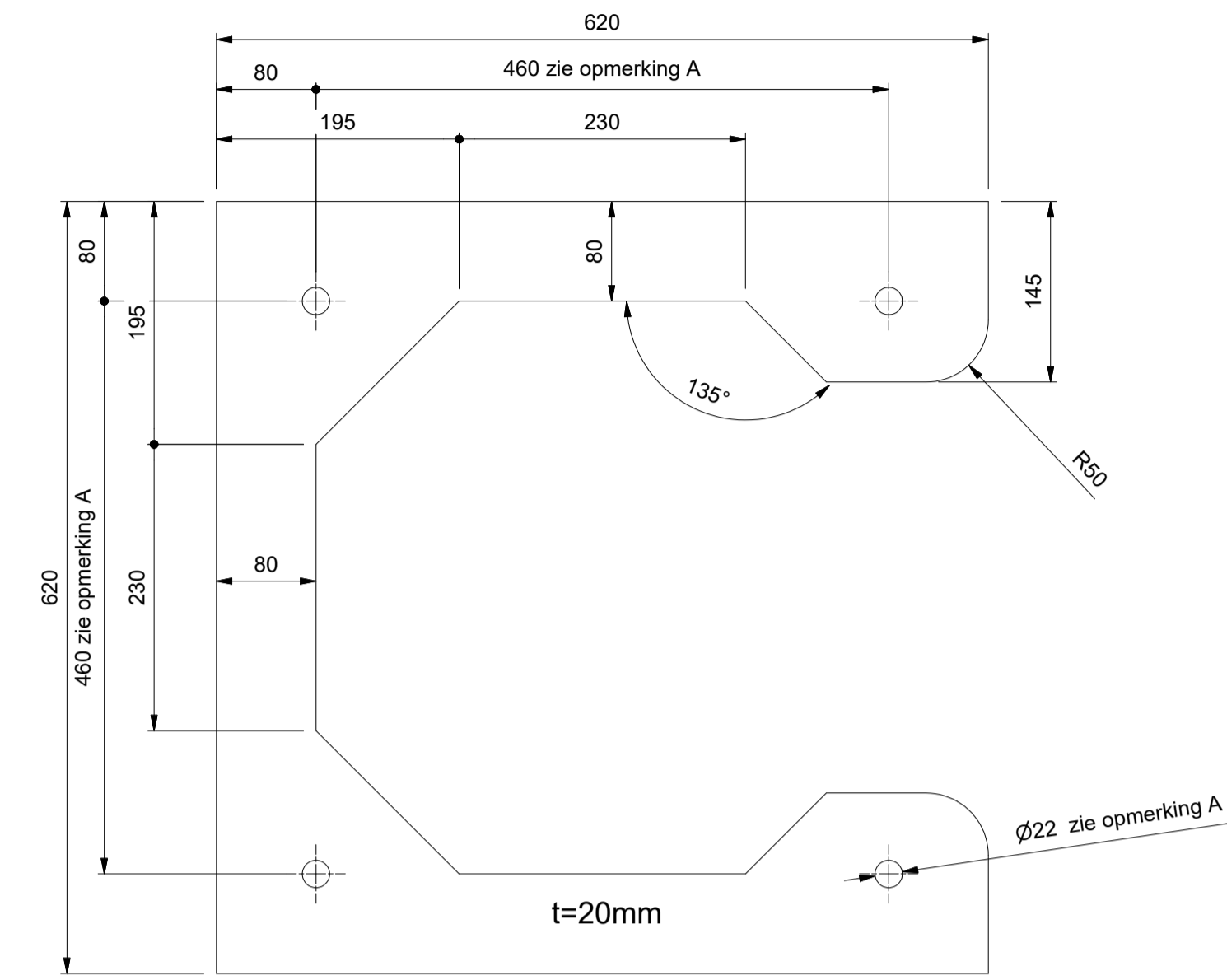
Type: Afgeleide van HKN-TAI-00005 (Taihan)
 Hoogte: 2000±10mm
 Diameter: 400mm (Isolator)
 Wind oppervlakte: 0.8m²
 Gewicht: 835kg
 Aansluitstift OHL: Ø60mm



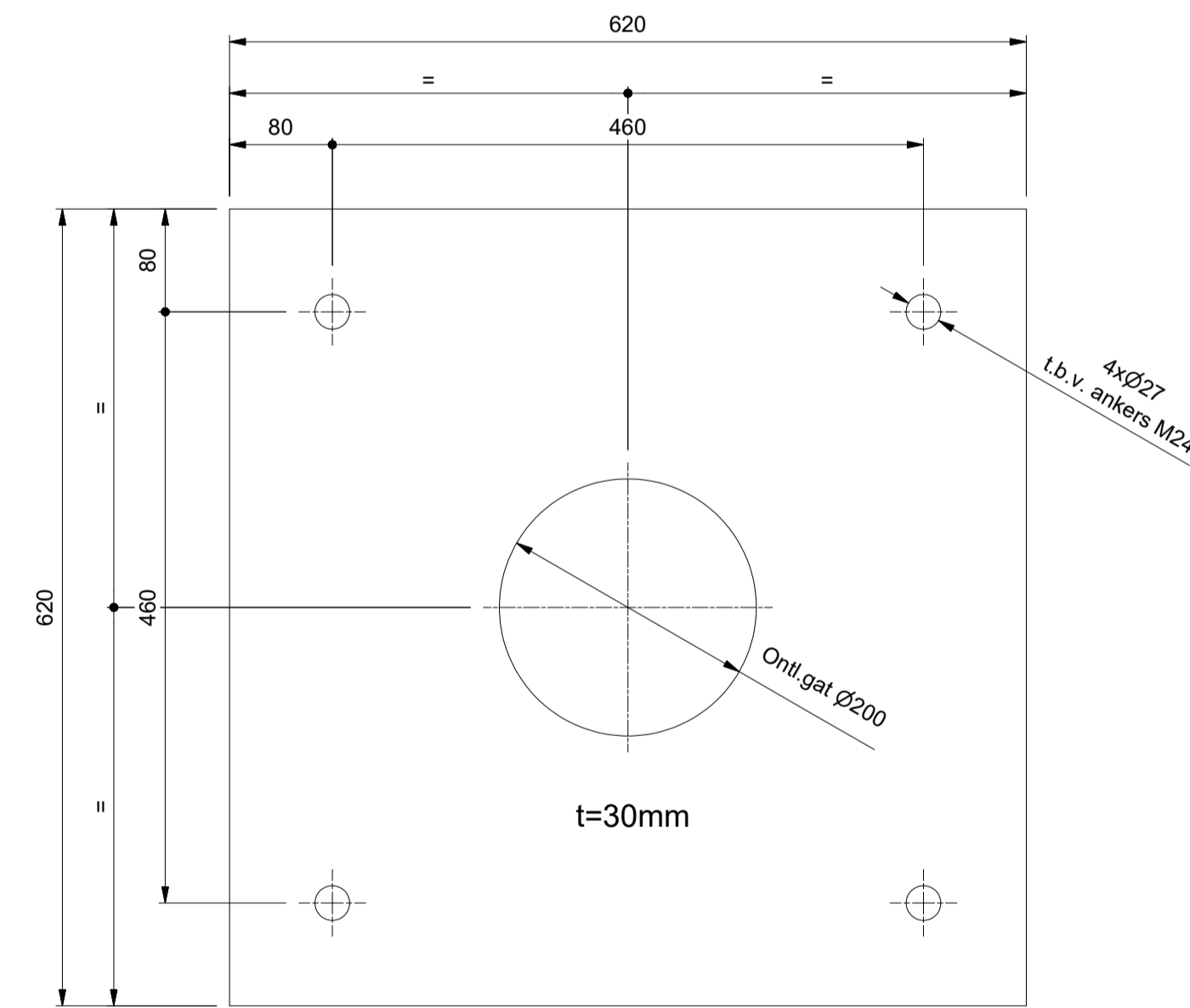
Zijaanzicht (1 : 10)



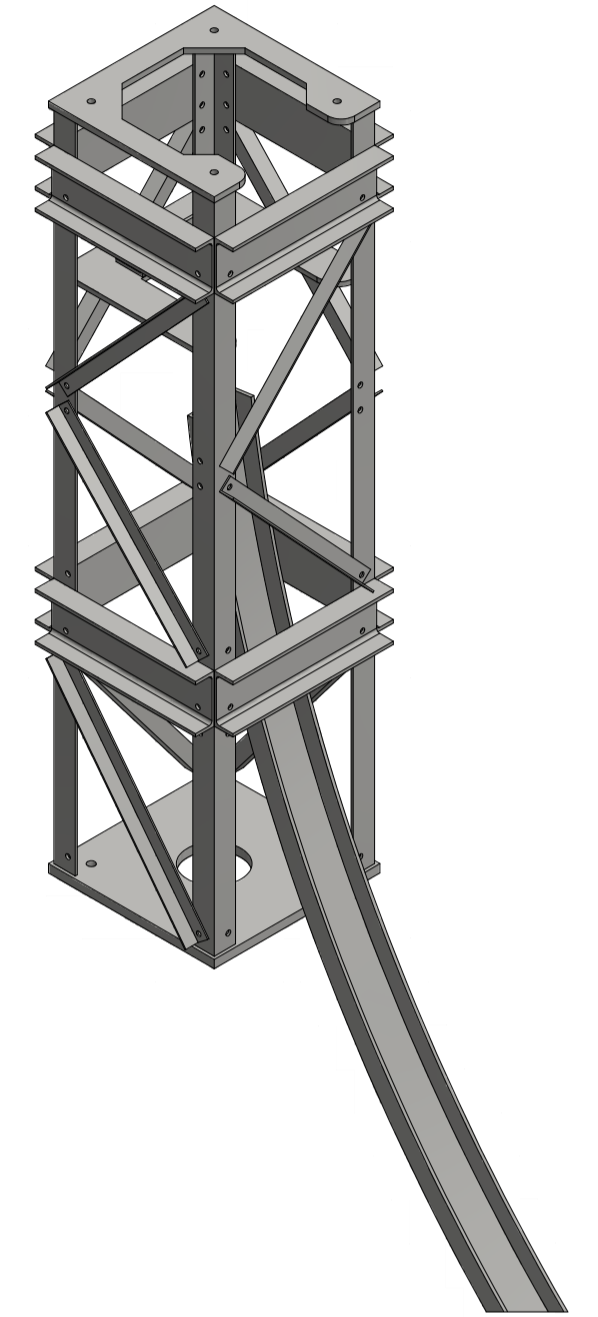
Vooraanzicht (1 : 10)



Top plaat
Pos 2 (1 : 5)



Voetplaat
Pos 1 (1 : 5)



3D-aanzicht (1 : 20)

Opmerking:

- A. De maatvoering is afhankelijk van de leverancier kabeleindsluiting en zal dan ook met de leverancier afgestemd moeten worden
- B. Hier dient een tussen plaat te komen volgend opgave van leverancier kabeleindsluiting
- C. Positie en afmetingen kasten dienen met leverancier afgestemd te worden. Voor kasten geldt dat er maximaal 2 per ondersteuning geplaatst kunnen worden afmeting dienen afgestemd te worden met de leverancier. Per fase dient bepaald te worden welke kasten van toepassing zijn

Gewicht ca 504 kg

Item	Drawingnr	Qty	Description	MATERIAL	remark
9	10124719-12-1004-POS-09	1	Kabel begeleiding	S355J2	Zie opmerking A
5	10124719-12-1004-POS-05	8	Diagonaal L50x5 Lg=770	S355J2	
4	10124719-12-1004-POS-04	3	Diagonaal L50x5 Lg=858	S355J2	
3	10124719-12-1004-POS-03	4	Randstijl L80x8	S355J2	
2	10124719-12-1004-POS-02	1	Topplaat t=20	S355J2	Zie opmerking A
1	10124719-12-1004-POS-01	1	Voetplaat 620x620 t=30	S355J2	

Rev.	Date	Description
6.0	07-12-2021	Update naar aanleiding RFA 0942922 - punt 42
5.0	11-11-2021	Opmerking kasten toegevoegd

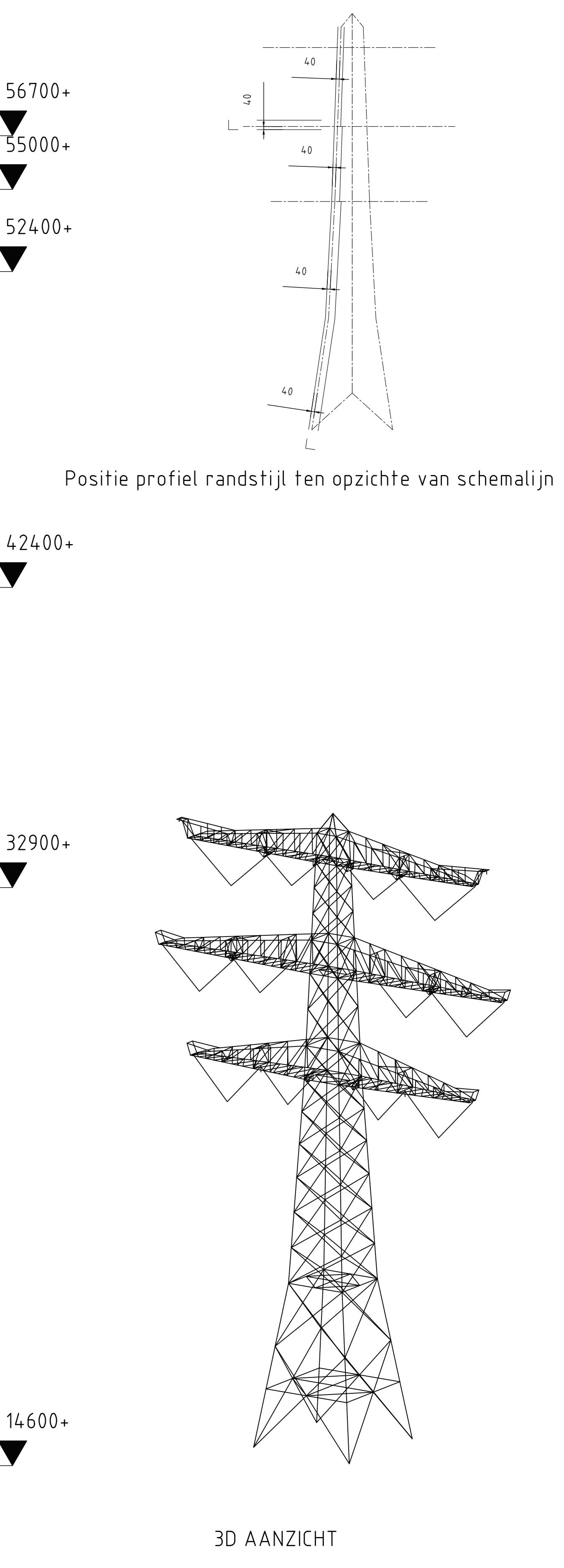
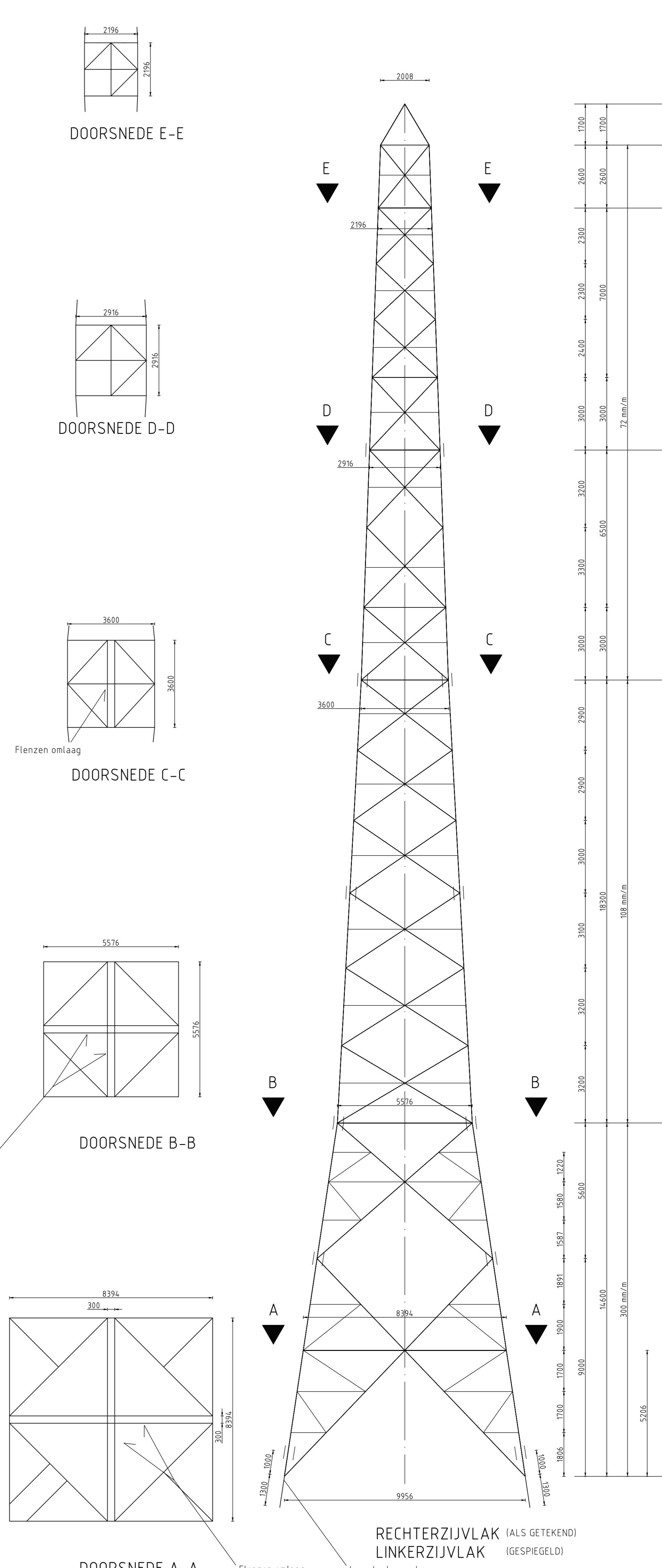
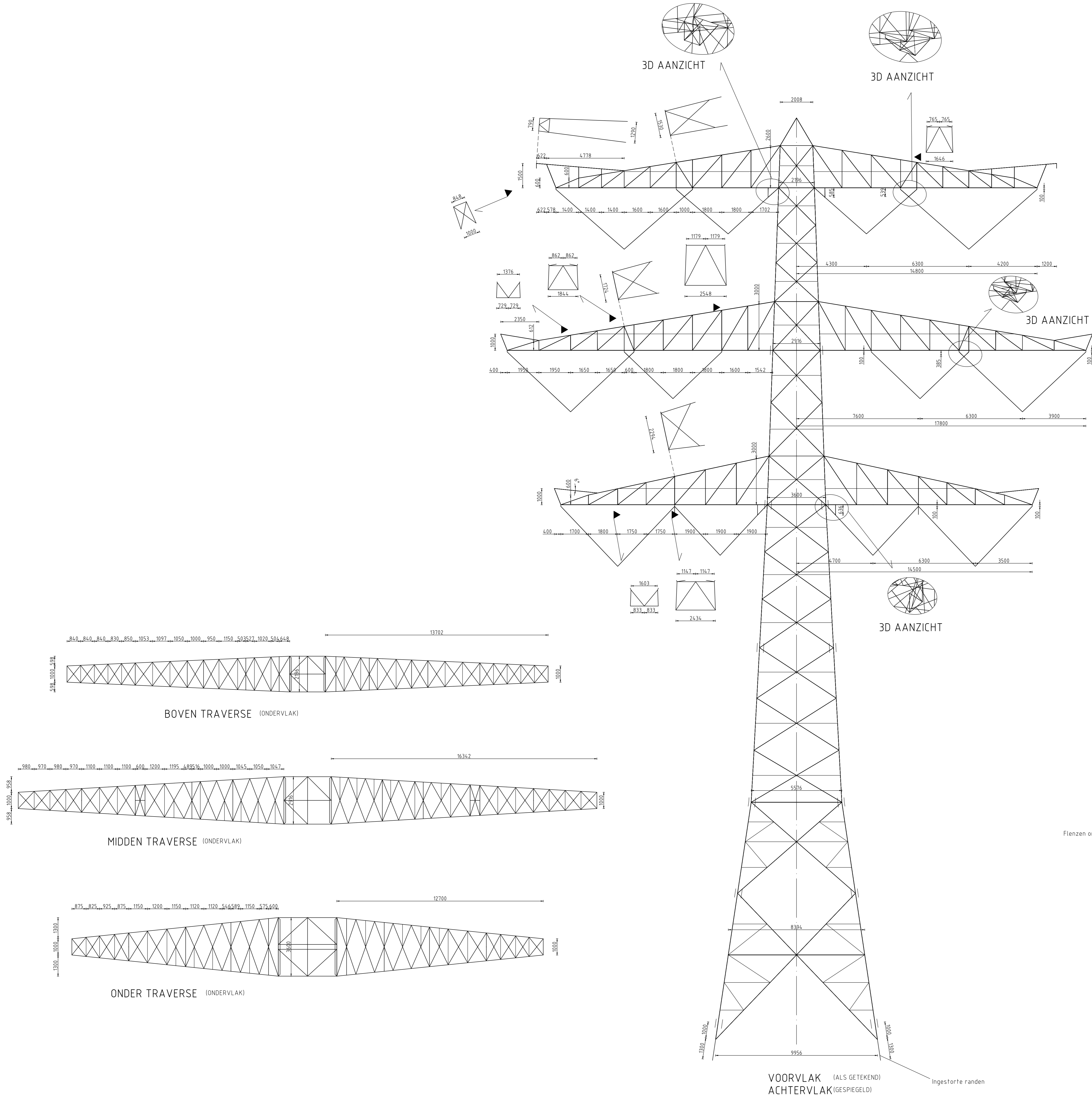
Project:	TenneT Engineering ZW380 kV Oost
Design State:	Released
Date:	28-7-2021
Author:	EKA
Approved:	EPL
Scale:	1 : 10
Units:	mm
Projectno:	10124.719
DW Dec.no:	10124.719-12-1004

Rev.No	Date revision	Description revision	Author	Date As-Built	Scale	Format
					1 : 10	A1

Relationship to other drawings	Theme	
	Category	
	Documenttype	
Drawing no. (old or new)	Object ID	
	Description	Staalwerk KES 150kV
	TenneT number:	002.678.00 0935072

DATUM: 20-12-2021
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

C.5 Mastbeeldtekening steunmasten



Remooi

Elektrisch	380 kV / 150 kV
Normaal spanningsniveau	1685 (380 kV), 950 kV (150 kV)
Blikseminhoudspanning	1550 kV (380 kV)
Schakelinhoudspanning	4 x AAC-AL7 620
Vervuilingklasse	2 x AAC-AL7 620
Fasegeleider	OPGW AFL-226/38
Fasegeleider	AACS 24-AL3-39-A205A
OPGW	
Bliksemgelieder	

Ontwerp volgens uitgangspuntenrapport DNV GL 21-0036, Meridian 002.678.00 0876917
 Masterterering volgens DNV 21-0728, Meridian 002.678.00 0927722

Norm	NEN-EN 50341-2-15:2019
Gevolgklasse	CC2
Betrouwbaarheidsniveau	Nieuwbouw
Referentieperiode	50 jaar
Windsnelheid	111
Tijdsgebied	B
Lijnhoeck	180°
Trekparameter	1800m
Veidrigte	400m
Wind span	400m
EDS Weight span	454m

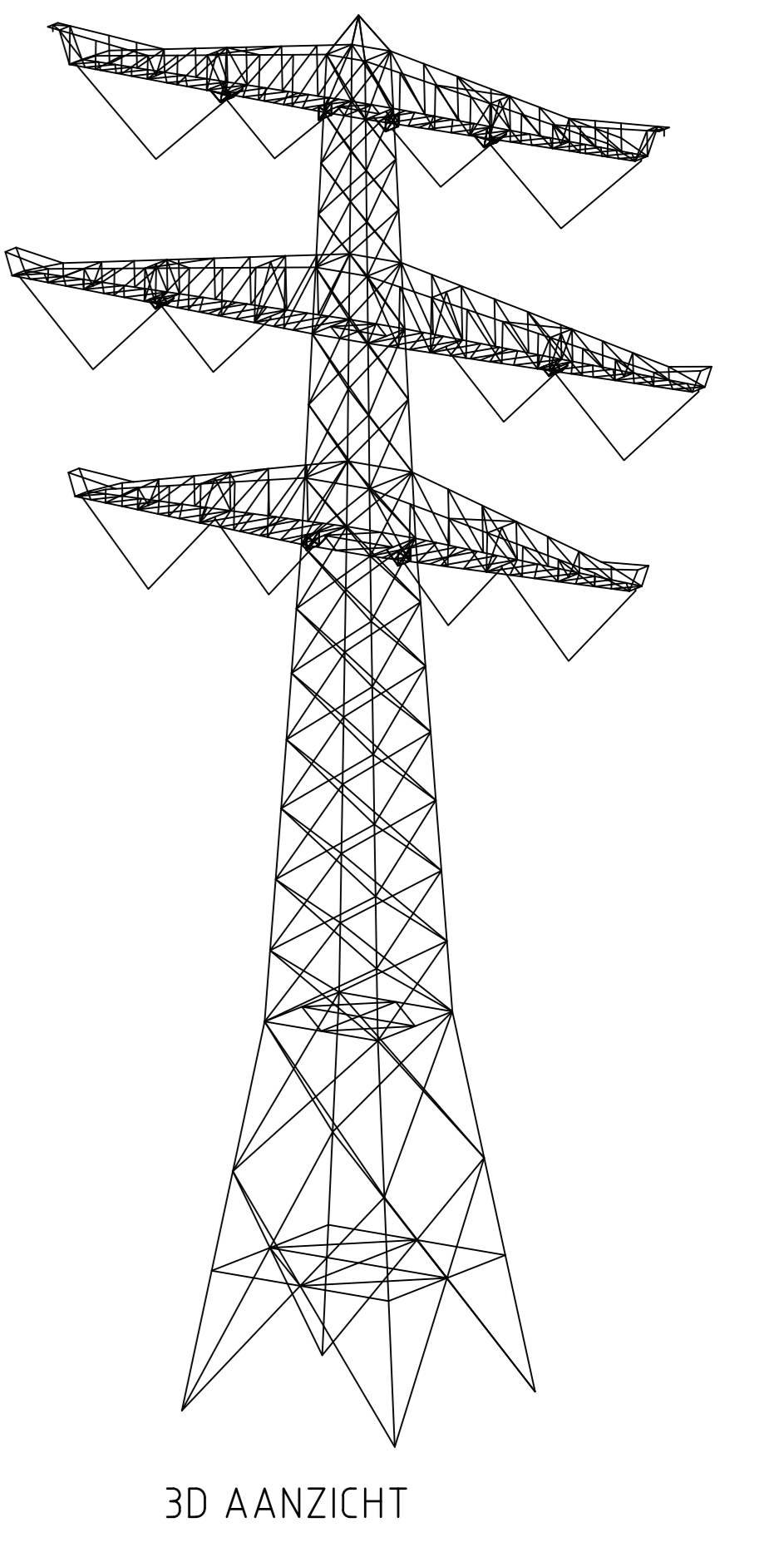
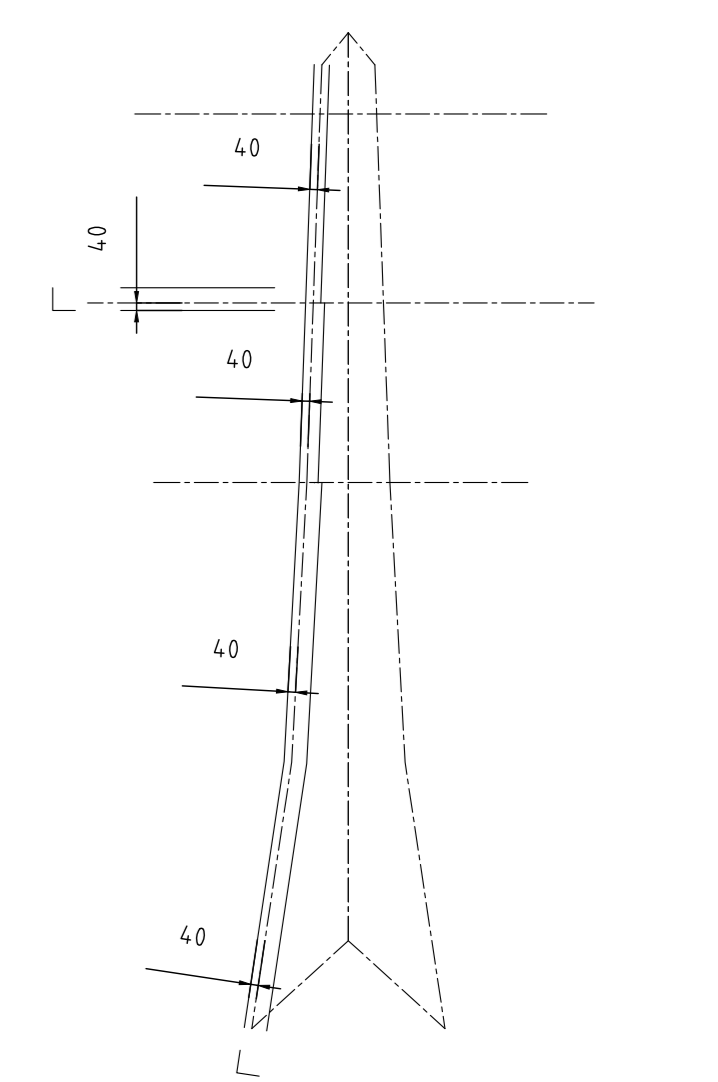
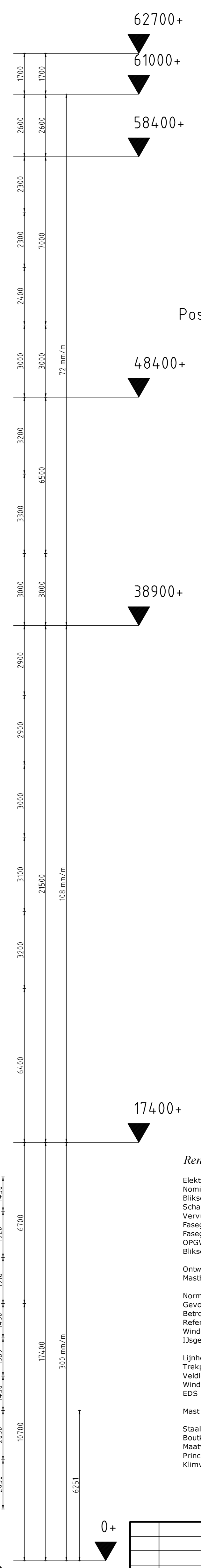
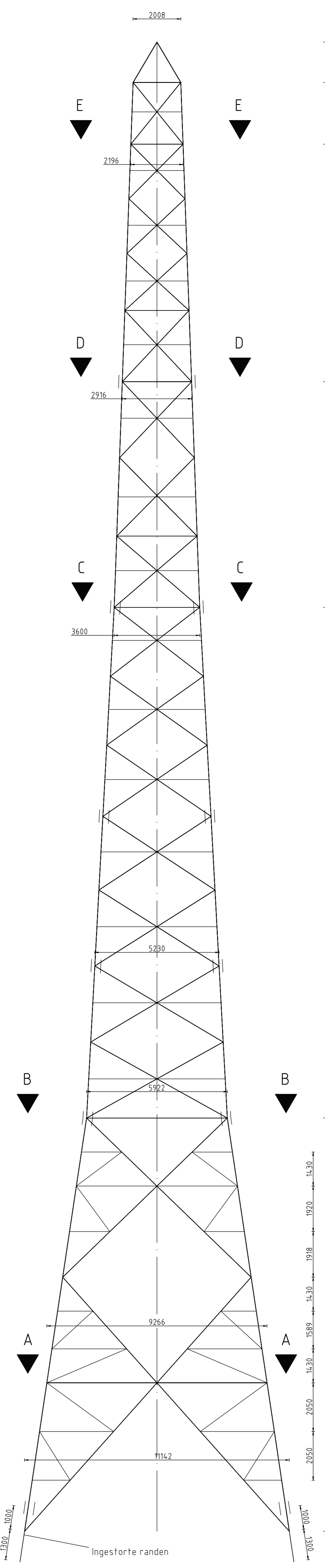
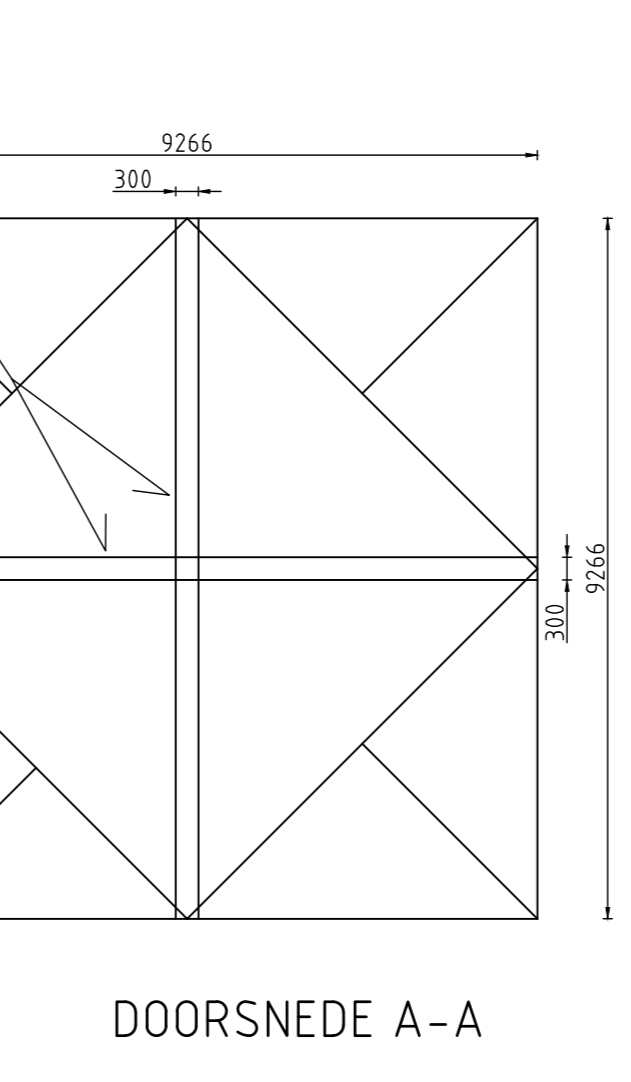
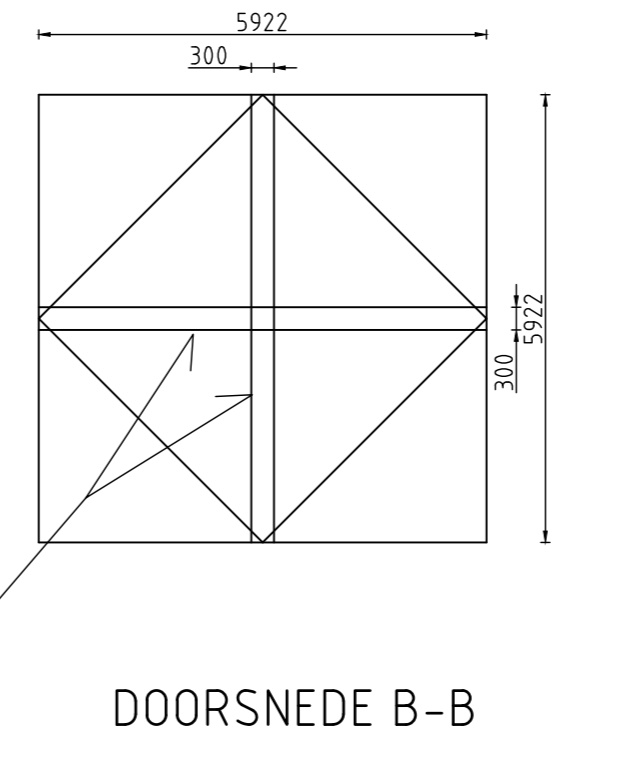
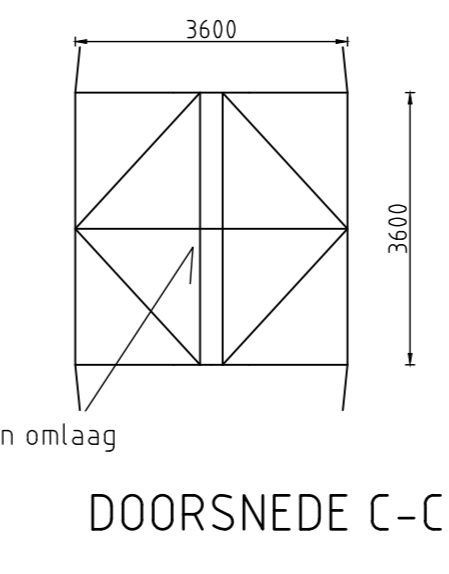
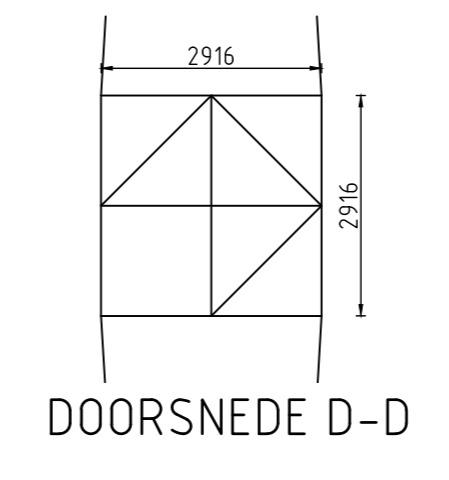
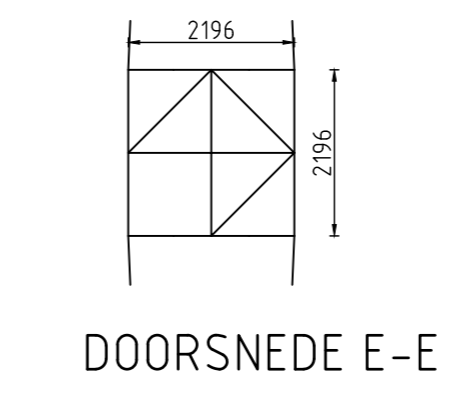
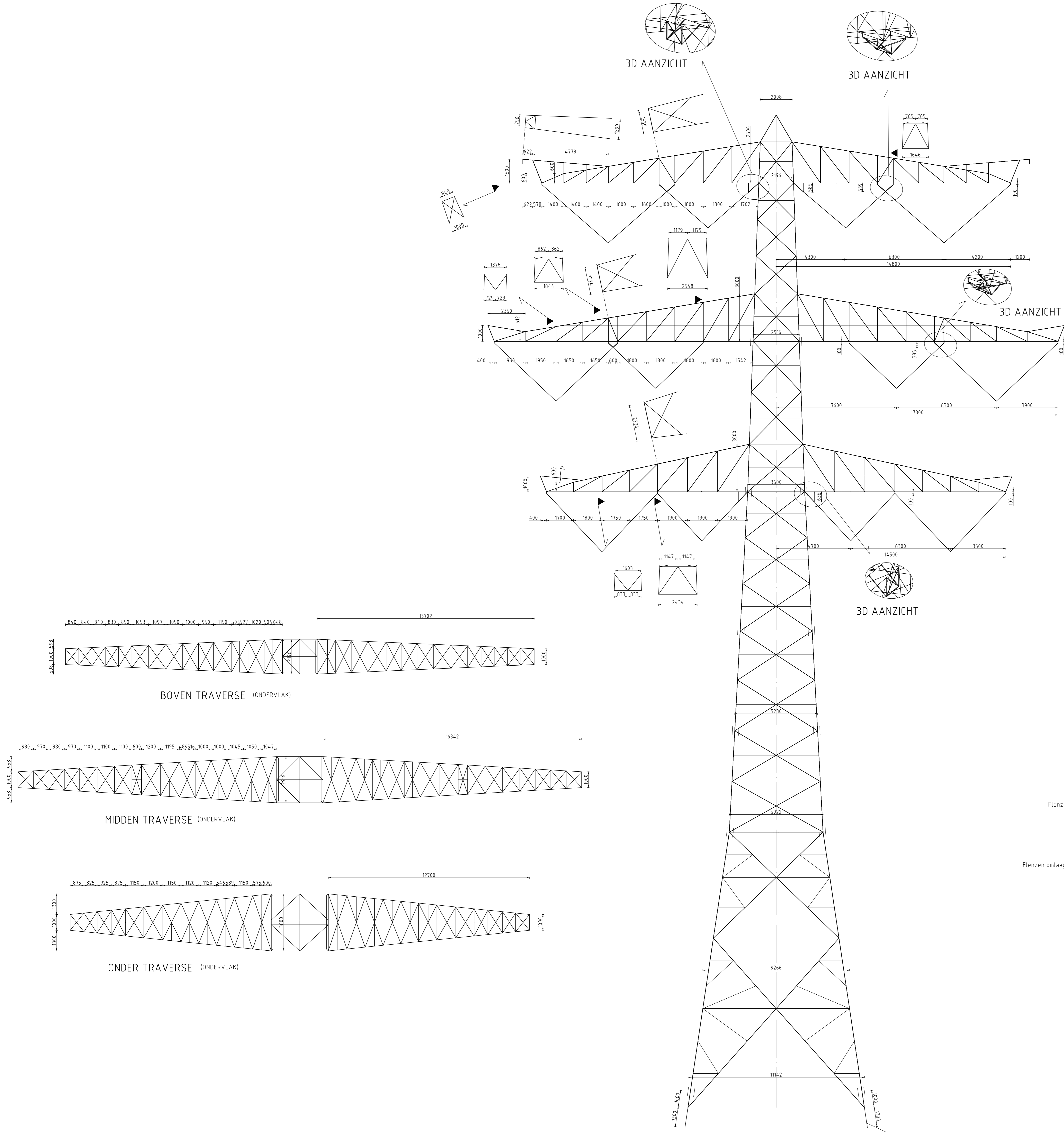
Mast geschikt voor enkelzijdige belegging van circuits

Staatsoort: S3552
 Bouwvallei: B 8
 Meetvoering betreft systeemlijnen
 Principeafstand vlgv tek: 10124719-35-1000 002.678.00 0901941
 Klimvoorzieningen, bordessen en leuningvlgv tek: 10124719-35-1060 002.678.00 0901940

DATUM: 20-09-2021
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

2	27-1-2021	RFA opmerkingen verwerkt															
1	05-05-2021	Diverse aanpassingen na afgeve 0 versie															
Revisie	Datum	Omschrijving															
<table border="1"> <tr> <td colspan="3">Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN</td> </tr> <tr> <td>Status:</td> <td>CONCEPT</td> <td>Schaal: 1:100</td> </tr> <tr> <td>Datum:</td> <td>05-05-2021</td> <td>Uitvo: mb</td> </tr> <tr> <td>Tekenaar:</td> <td>DMR</td> <td>Projectnummer: 10124719</td> </tr> <tr> <td>Vrijgever:</td> <td>TB</td> <td>DNV document: 10124719-35-1000</td> </tr> </table>			Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN			Status:	CONCEPT	Schaal: 1:100	Datum:	05-05-2021	Uitvo: mb	Tekenaar:	DMR	Projectnummer: 10124719	Vrijgever:	TB	DNV document: 10124719-35-1000
Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN																	
Status:	CONCEPT	Schaal: 1:100															
Datum:	05-05-2021	Uitvo: mb															
Tekenaar:	DMR	Projectnummer: 10124719															
Vrijgever:	TB	DNV document: 10124719-35-1000															
<table border="1"> <tr> <td>RL-1L8380</td> <td>Titel:</td> <td>Maatbeeld S+0/c</td> </tr> <tr> <td>Revisie:</td> <td>10124719-35-1060 002.678.00 0901941</td> <td>Datum: 20-09-2021</td> </tr> <tr> <td>10124719-35-1000 002.678.00 0901941</td> <td>10124719-35-1000 002.678.00 0901941</td> <td>10124719-35-1000 002.678.00 0901941</td> </tr> <tr> <td>Verantwoordelijke hoof van ontwerp:</td> <td>Projectleider:</td> <td>002.678.00 091939</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> <td> </td> </tr> </table>			RL-1L8380	Titel:	Maatbeeld S+0/c	Revisie:	10124719-35-1060 002.678.00 0901941	Datum: 20-09-2021	10124719-35-1000 002.678.00 0901941	10124719-35-1000 002.678.00 0901941	10124719-35-1000 002.678.00 0901941	Verantwoordelijke hoof van ontwerp:	Projectleider:	002.678.00 091939			
RL-1L8380	Titel:	Maatbeeld S+0/c															
Revisie:	10124719-35-1060 002.678.00 0901941	Datum: 20-09-2021															
10124719-35-1000 002.678.00 0901941	10124719-35-1000 002.678.00 0901941	10124719-35-1000 002.678.00 0901941															
Verantwoordelijke hoof van ontwerp:	Projectleider:	002.678.00 091939															

C.6 Mastbeeldtekening steunmast



Remooi

Elektrisch	380 kV / 150 kV
Nominaal spanningsniveau	1685 (380 kV), 950 kV (150 kV)
Blikseminhoudspanning	1050 kV (380 kV)
Schakelhoudspanning	4
Vervuilingklasse	d
Fasegeleider	4 x AAC-AL7 620
Fasegeleider	2 x AAC-AL7 620
OPGW	OPGW AFL-224/38
Bliksemggeleider	AACS 24-AL3-39-A205A

Ontwerp volgens uitgangspuntentrapport DNV GL 21-0036, Meridian 002.678.00 0876917
Masterbestemming volgens DNV 21-0728, Meridian 002.678.00 0927722

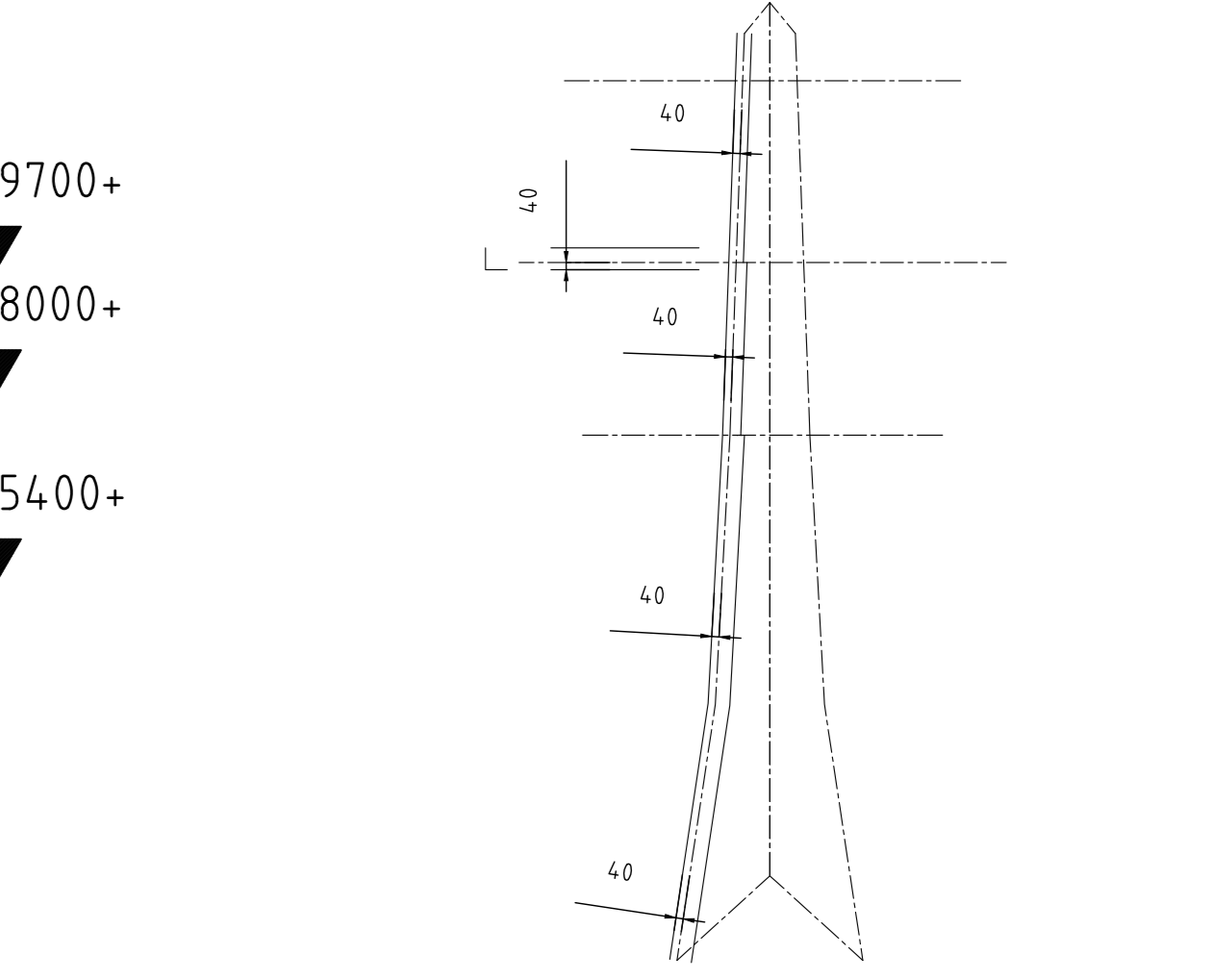
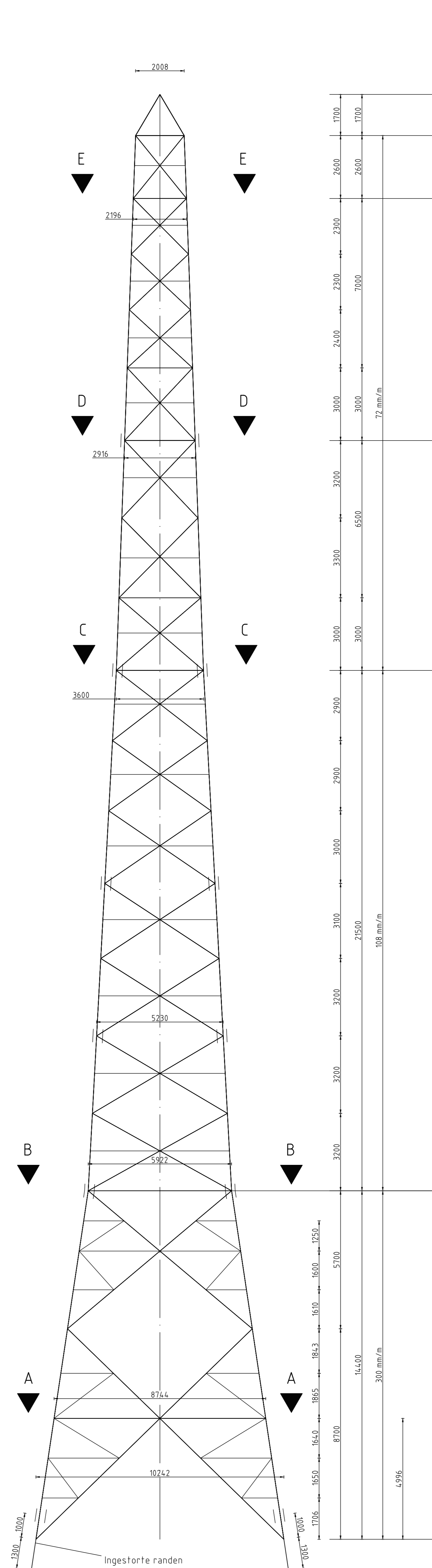
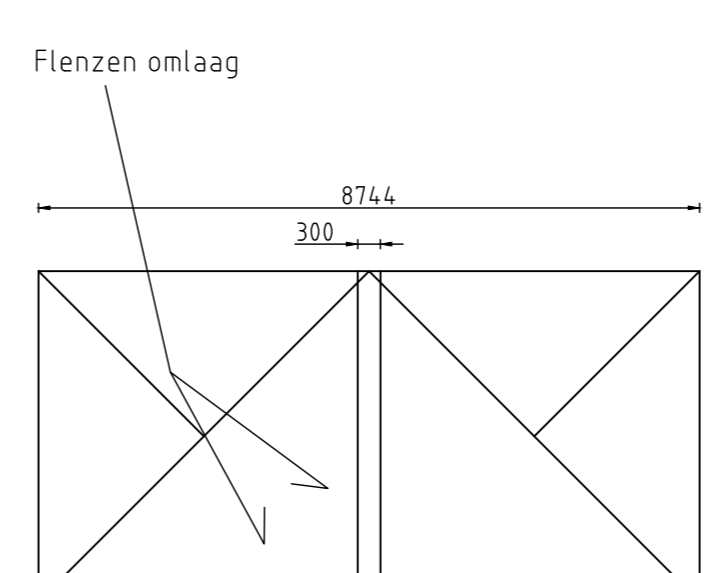
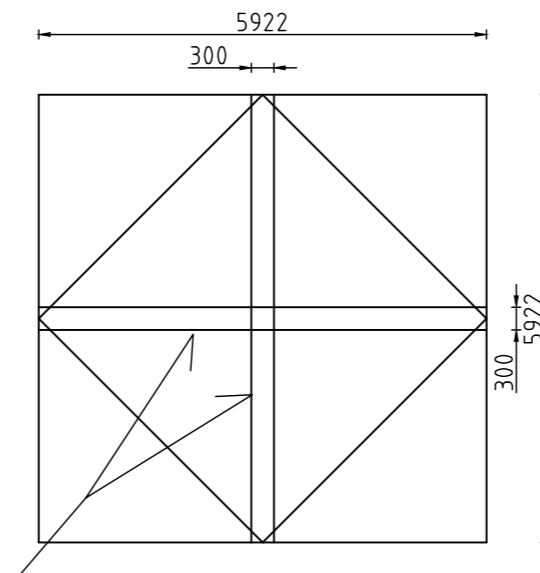
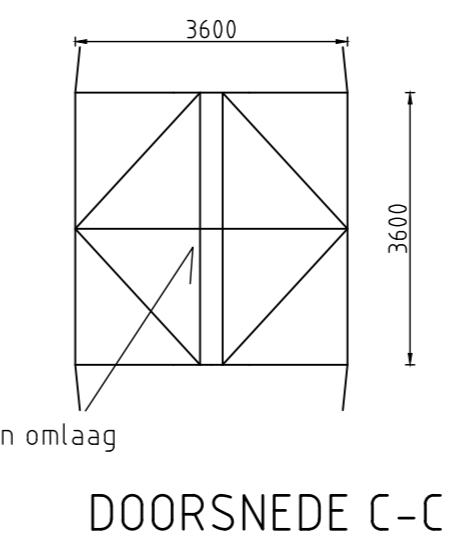
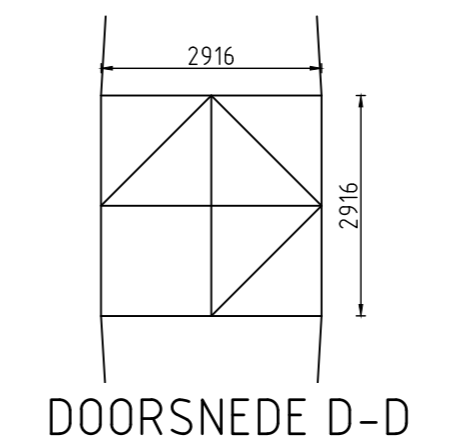
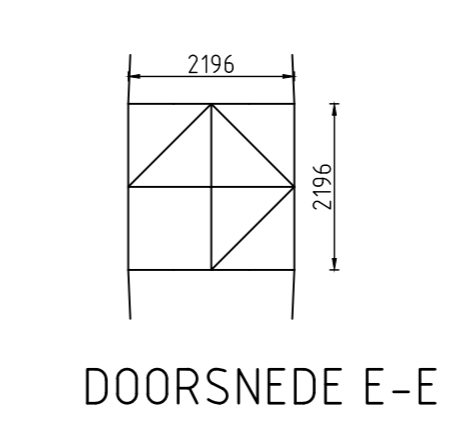
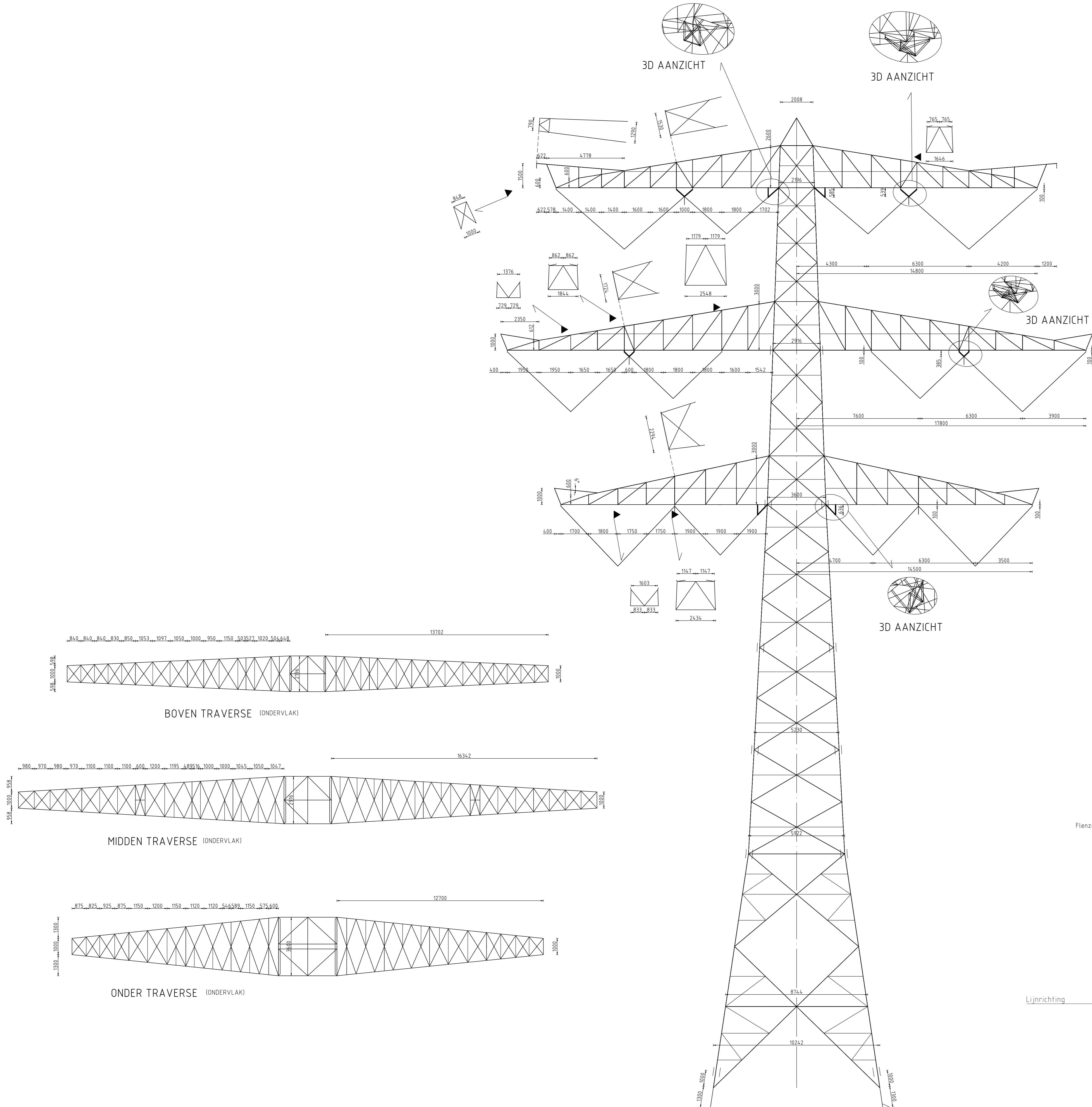
Norm	NEN-EN 50341-2:15-2019
Gevolgklasse	CC 2
Betrouwbaarheidsniveau	Nieuwbouw
Referentieperiode	50 jaar
Windsnelheid	III
Ijssnelheid	B
Lijfhoek	180°
Trekparameter	1800m
Veidrigte	400m
Wind span	400m
EDS Weight span	454m

Mast geschikt voor enkelzijdige belegging van circuits

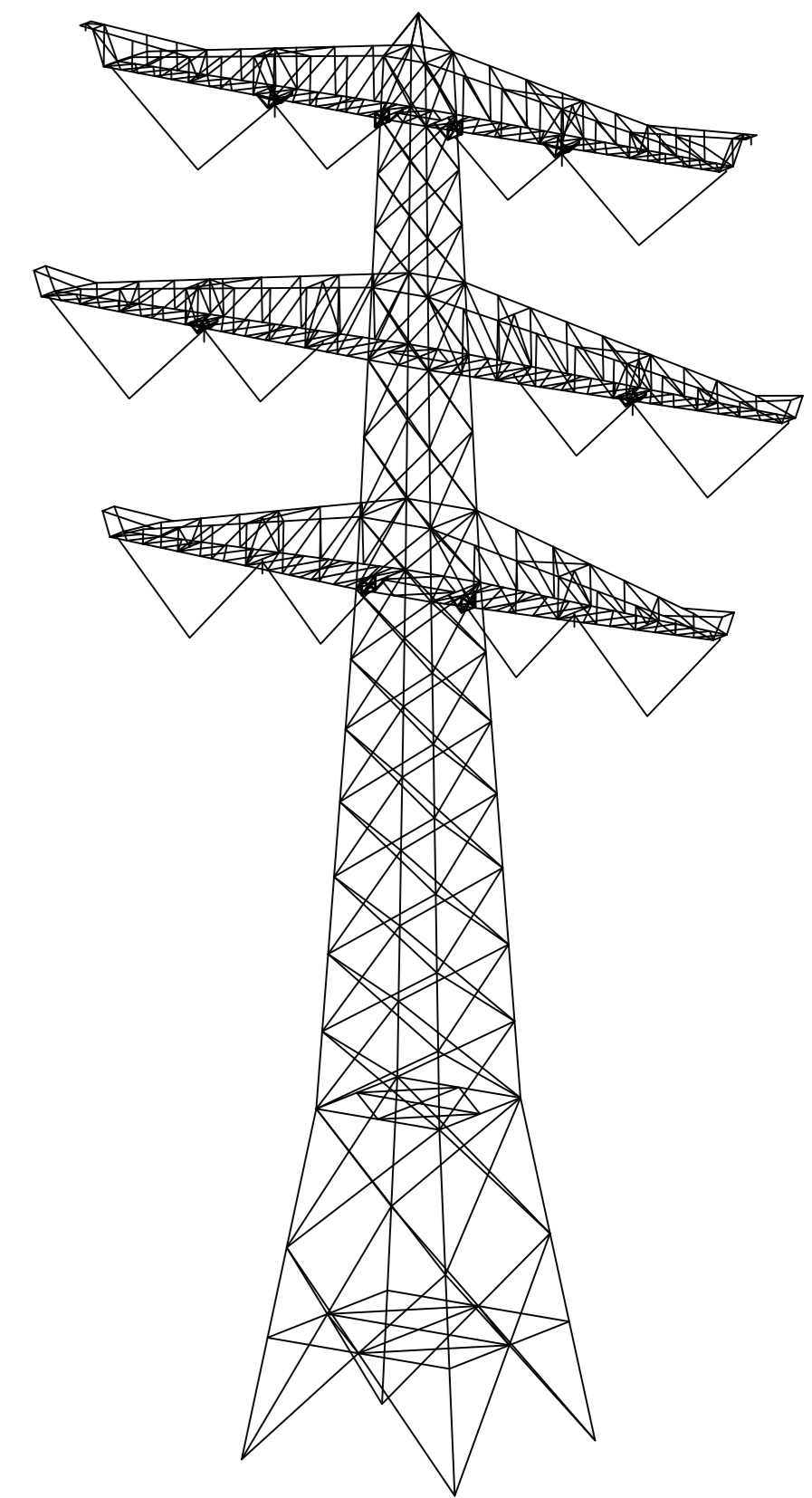
Staatsoort	S3552
Bouwwerk	B
Maatvoering betreft systeemlijnen	
Principiedetail	Vijs tek 10124719-35-2000 002.678.00 09091941
Klimvoorwaarden, bodempas en luitingen	Vijs tek 10124719-35-1060 002.678.00 09091940

1 27-1-2021 RFA opmerkingen versie 4																							
Revisie	Datum	Omschrijving																					
<table border="1"> <tr> <th colspan="4">Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN</th> </tr> <tr> <td>Status</td> <td>CONCEPT</td> <td>Schaal</td> <td>1:100</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>05-25-2021</td> <td>Unit</td> <td>MB</td> </tr> <tr> <td>Telnummer</td> <td>DMS</td> <td>Projectnummer</td> <td>10124719</td> </tr> <tr> <td>Wijziging</td> <td>TB</td> <td>DW Document</td> <td>10124719-35-1063</td> </tr> </table>				Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN				Status	CONCEPT	Schaal	1:100	Datum	05-25-2021	Unit	MB	Telnummer	DMS	Projectnummer	10124719	Wijziging	TB	DW Document	10124719-35-1063
Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN																							
Status	CONCEPT	Schaal	1:100																				
Datum	05-25-2021	Unit	MB																				
Telnummer	DMS	Projectnummer	10124719																				
Wijziging	TB	DW Document	10124719-35-1063																				
Wijziging	Wat	Omschrijving																					
002.678.00 0927450	Mastbeeld S+6C																						
<table border="1"> <tr> <th colspan="4">Tennet</th> </tr> <tr> <td colspan="4">Taking power further</td> </tr> </table>				Tennet				Taking power further															
Tennet																							
Taking power further																							

C.7 Mastbeeldtekening steunmast



Positie profiel randstijl ten opzichte van schemalijn



3D AANZICHT

Remvooi

Elektrisch	380 kV / 150 kV
Nominaal spanningsniveau	1685 (380 kV), 950 kV (150 kV)
Blikseminhoudspanning	1550 kV (380 kV)
Schakelspanning	4 x AAC-AL7 620
Vervuilingklasse	2 x AAC-AL7 620
Fasegeleider	OPGW AFL-326/38
Fasegeleider	AACS 24-AL3-39-A205A
Blikseingleider	

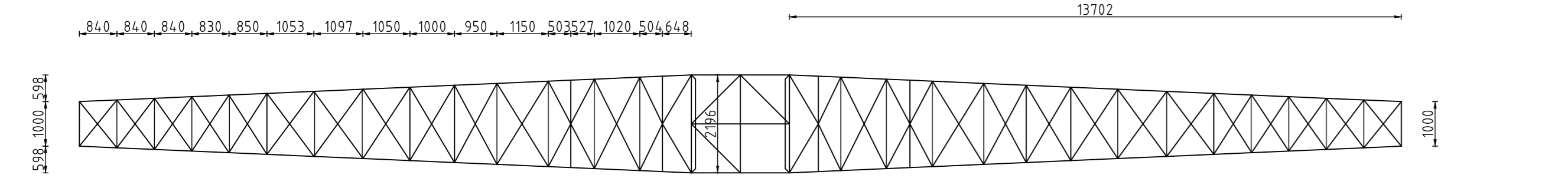
Ontwerp volgens uitgangspuntenrapport DNV GL 21-0036, Meridian 002.678.00 0876917
 Masterterering volgens DNV 21-0728, Meridian 002.678.00 0927722

Norm	NEN-EN 50341-2-15:2019
Gevoelklasse	CC 2
Besluitingsniveau	Neuwbouw
Referentieperiode	50 jaar
Windsnelheid	111
Tijdsduur	B
Lijnhoek	180°
Trekparameter	1800m
Veiligheidsfactor	400m
Wind span	400m
EDS Weight span	454m

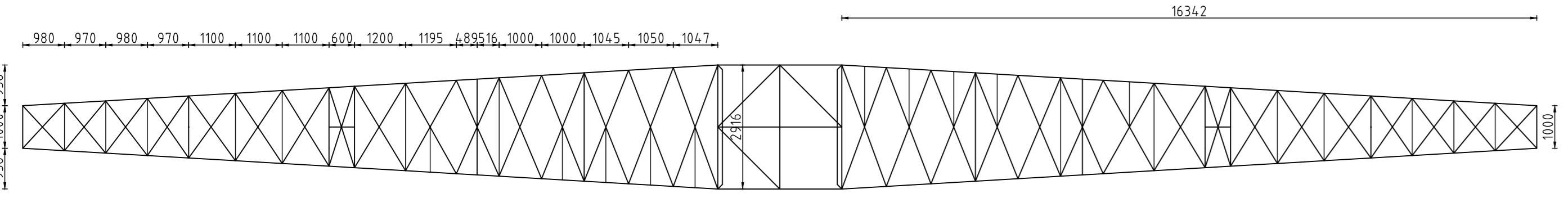
Mast geschikt voor enkelzijdige belegging van circuits

Staatsoort	S 3552
Bouwvalmethode	8 8

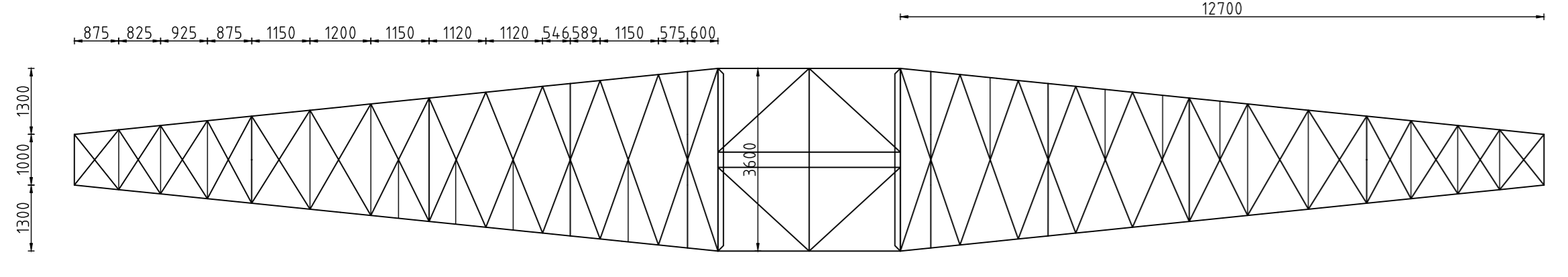
Maatvoering betreft systeemlijnen
 Principedetails vips tek: 10124719-35-2000 002.678.00 0901941
 Klimvoorzieningen, boddepan en leuningvige tek: 10124719-35-1060 002.678.00 09091940



BOVEN TRAVERSE (ONDERVLAK)



MIDDEN TRAVERSE (ONDERVLAK)



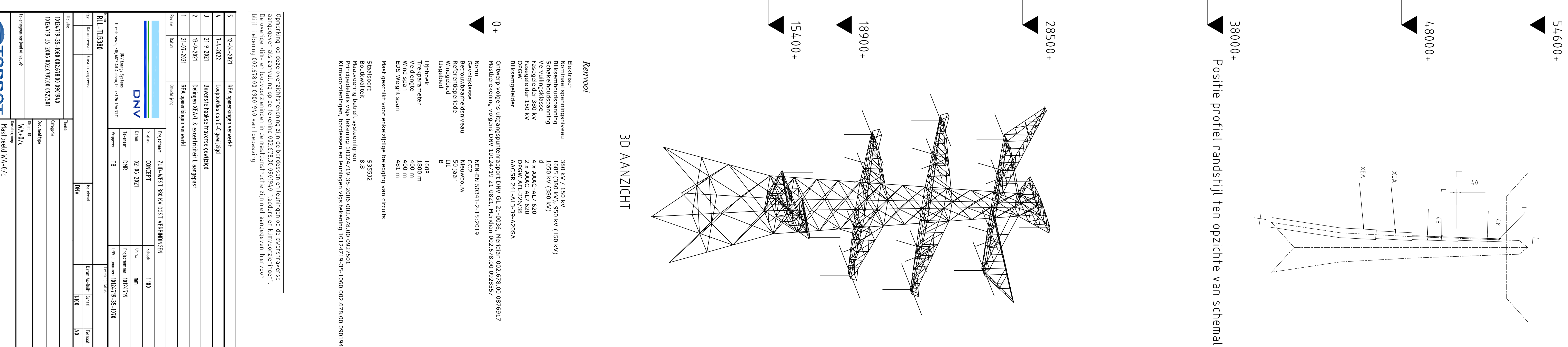
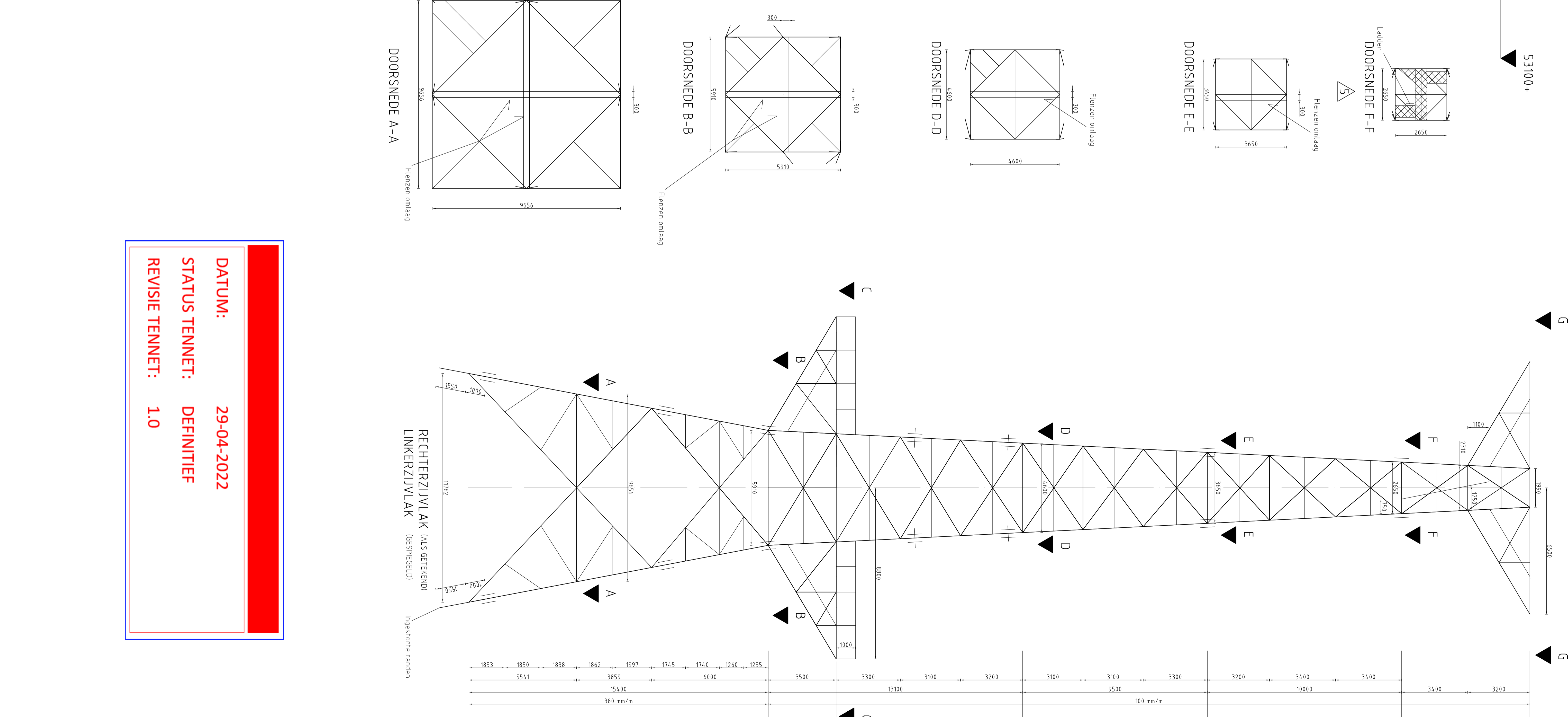
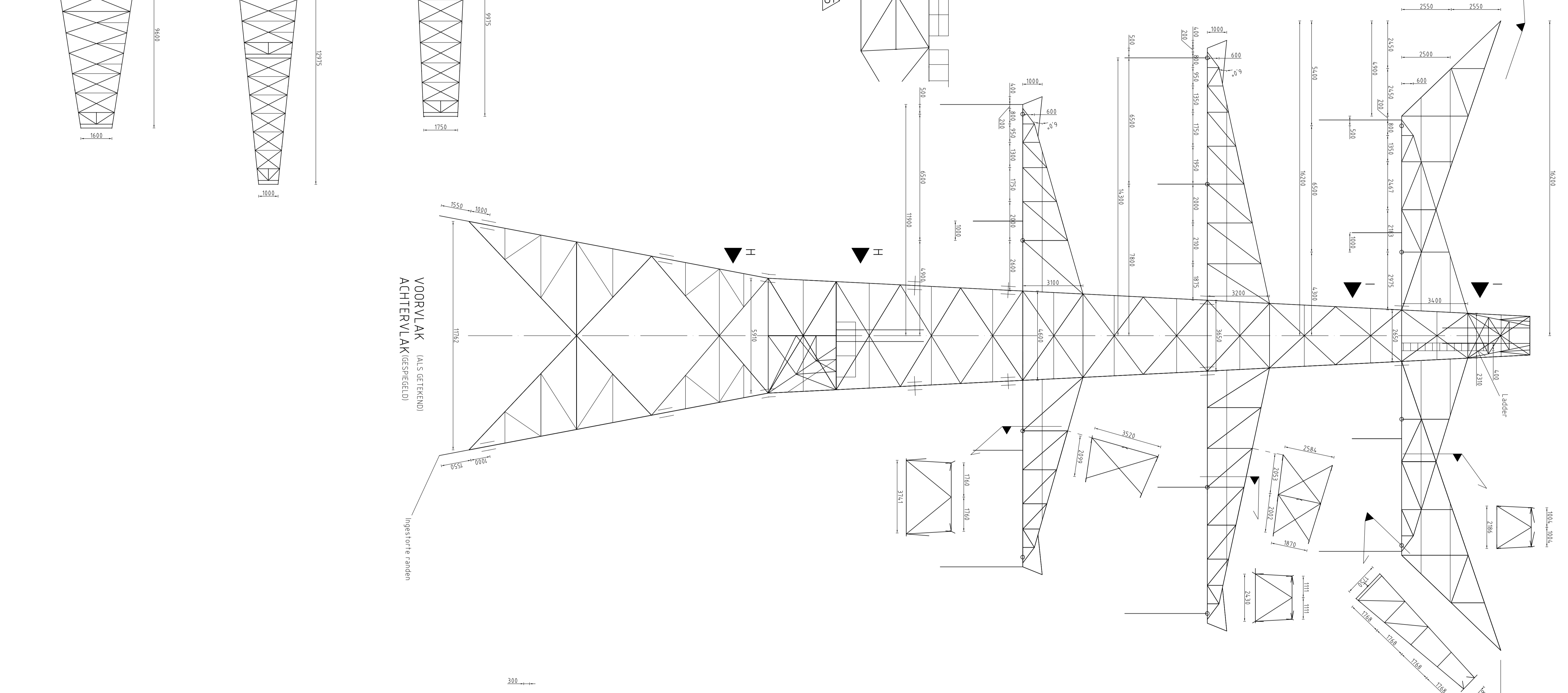
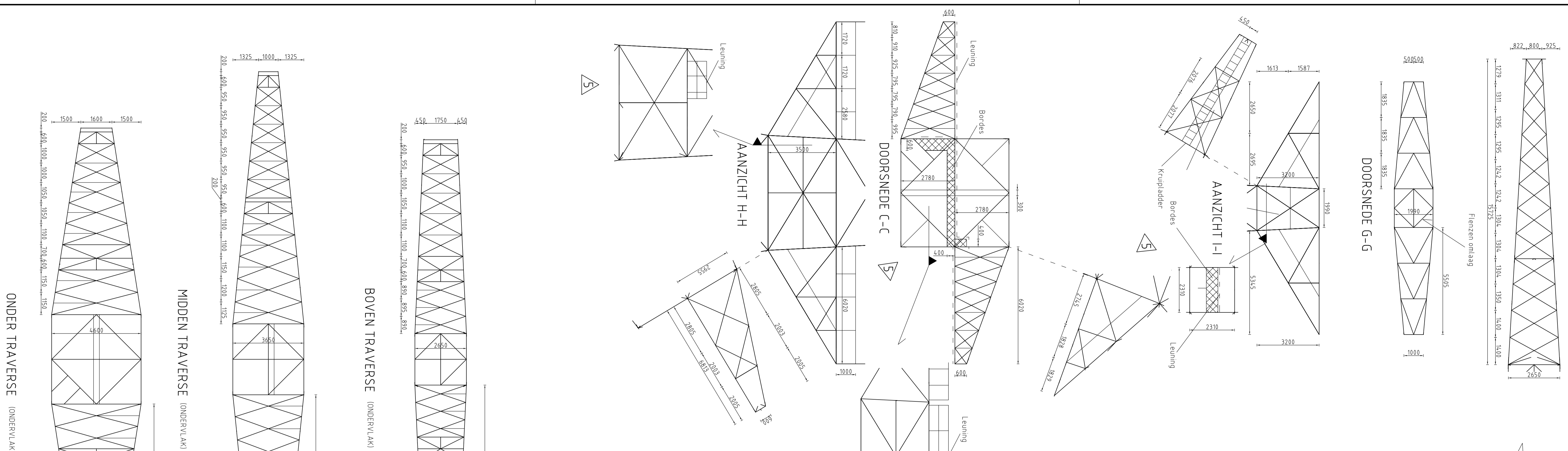
ONDER TRAVERSE (ONDERVLAK)

VOORVLAK (ALS GETEKEND)
 ACHTERVLAK (GESPIEGELD)

RECHTERZIJVLAK (ALS GETEKEND)
 LINKERZIJVLAK (GESPIEGELD)

1 27-1-2021 RFA opmerkingen verwerkt																					
Revisie	Datum																				
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Projectnaam</td> <td colspan="2">ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN</td> </tr> <tr> <td>Status</td> <td>CONCEPT</td> <td>Schaal</td> <td>1:100</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>05-05-2021</td> <td>Uits</td> <td>mb</td> </tr> <tr> <td>Tekenaar</td> <td>DMS</td> <td>Projectnummer</td> <td>10124719</td> </tr> <tr> <td>Vrijgaver</td> <td>TB</td> <td>DNV document</td> <td>10124719-35-1002</td> </tr> </table>		Projectnaam		ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN		Status	CONCEPT	Schaal	1:100	Datum	05-05-2021	Uits	mb	Tekenaar	DMS	Projectnummer	10124719	Vrijgaver	TB	DNV document	10124719-35-1002
Projectnaam		ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN																			
Status	CONCEPT	Schaal	1:100																		
Datum	05-05-2021	Uits	mb																		
Tekenaar	DMS	Projectnummer	10124719																		
Vrijgaver	TB	DNV document	10124719-35-1002																		
<table border="1"> <tr> <td>Uits</td> <td colspan="3">Aanpak</td> </tr> <tr> <td>Uits</td> <td>Datum revisie</td> <td>Omschrijving revisie</td> <td>Geneemd</td> <td>Datum & Uits</td> <td>Schaal</td> <td>Formaat</td> </tr> <tr> <td>Uits</td> <td></td> <td></td> <td>DNV</td> <td></td> <td>1:100</td> <td>A0</td> </tr> </table>		Uits	Aanpak			Uits	Datum revisie	Omschrijving revisie	Geneemd	Datum & Uits	Schaal	Formaat	Uits			DNV		1:100	A0		
Uits	Aanpak																				
Uits	Datum revisie	Omschrijving revisie	Geneemd	Datum & Uits	Schaal	Formaat															
Uits			DNV		1:100	A0															
<table border="1"> <tr> <td>Uits</td> <td colspan="2">Titel</td> </tr> <tr> <td>Uits</td> <td>Categorie</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Uits</td> <td>Documenttype</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Uits</td> <td>Uits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Uits</td> <td>Uits</td> <td></td> </tr> </table>		Uits	Titel		Uits	Categorie		Uits	Documenttype		Uits	Uits		Uits	Uits						
Uits	Titel																				
Uits	Categorie																				
Uits	Documenttype																				
Uits	Uits																				
Uits	Uits																				
<table border="1"> <tr> <td>Uits</td> <td colspan="2">Uits</td> </tr> <tr> <td>Uits</td> <td colspan="2">Uits</td> </tr> </table>		Uits	Uits		Uits	Uits															
Uits	Uits																				
Uits	Uits																				
<table border="1"> <tr> <td>Uits</td> <td colspan="2">Uits</td> </tr> <tr> <td>Uits</td> <td colspan="2">Uits</td> </tr> </table>		Uits	Uits		Uits	Uits															
Uits	Uits																				
Uits	Uits																				

C.8 Mastbeeldtekening wisselmast



DATUM: 29-04-2022
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

EIGENDELIJKE TOEGESTEMDHEID		TOEGESTEMDHEID	
Naam	Functie	Naam	Functie
[Signature]	Projectleider	[Signature]	Ontwerper
[Signature]	Technische Manager	[Signature]	Controleur

RECHTINGTOEGESTEMDHEID		TOEGESTEMDHEID	
Naam	Functie	Naam	Functie
[Signature]	Projectleider	[Signature]	Ontwerper
[Signature]	Technische Manager	[Signature]	Controleur

RECHTINGTOEGESTEMDHEID		TOEGESTEMDHEID	
Naam	Functie	Naam	Functie
[Signature]	Projectleider	[Signature]	Ontwerper
[Signature]	Technische Manager	[Signature]	Controleur

Opmerking: De tekeningen zijn bedoeld voor de constructie van de toren. De afmetingen zijn in millimeter. De afmetingen zijn in millimeter. De afmetingen zijn in millimeter.

Materialen:
 Staal: S355, S460
 Beton: C30/37
 Grout: G20

Revisies:
 1.0: Definitief

3D AANZICHT

Positie profiel randstijl ten opzichte van schemalijn

54600+
48000+
38000+
28500+
18900+
15,000+

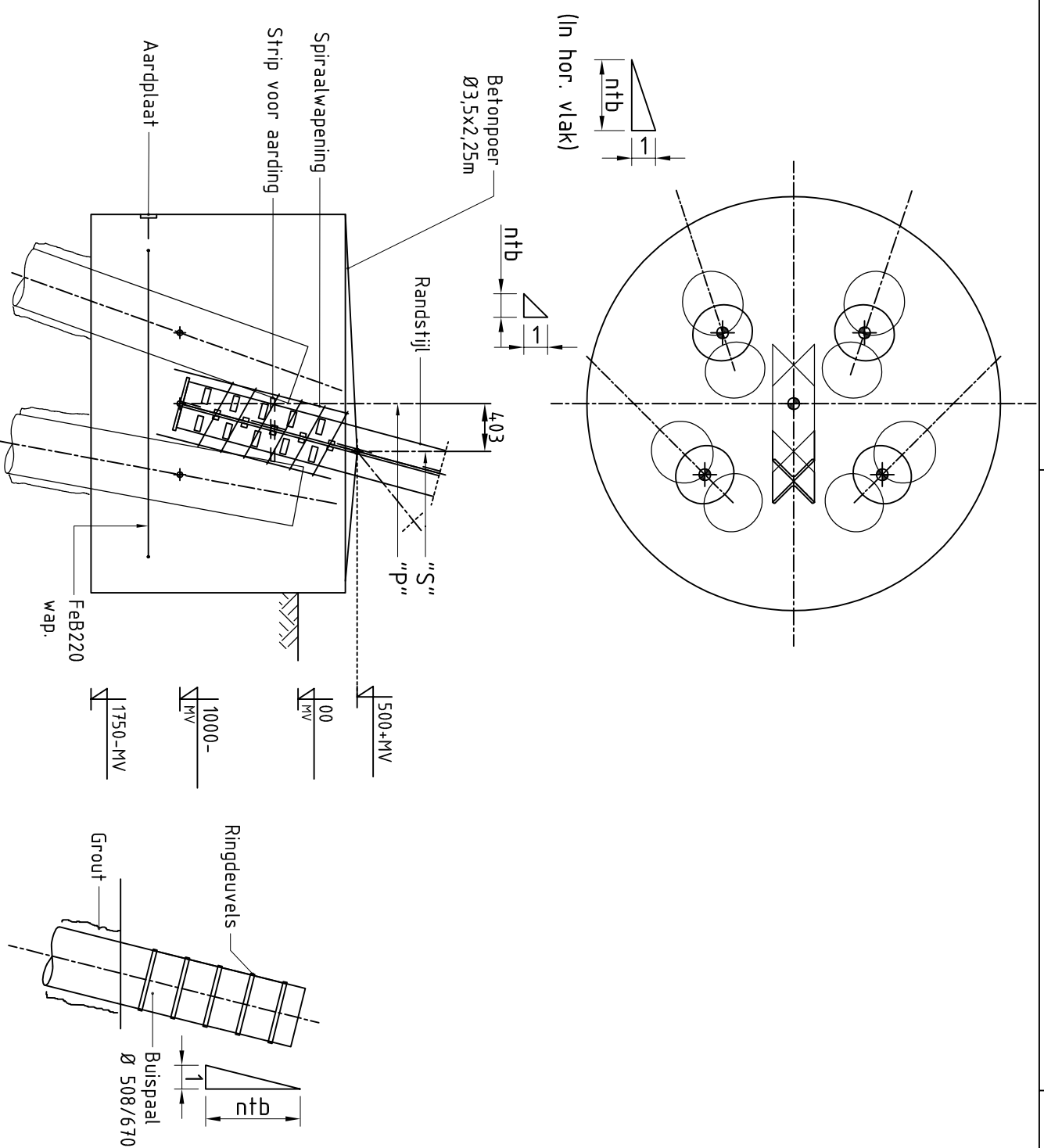
54600+
48000+
38000+
28500+
18900+
15,000+

54600+
48000+
38000+
28500+
18900+
15,000+

54600+
48000+
38000+
28500+
18900+
15,000+

C.9 Mastbeeldtekening hoekmast

C.10 Fundatietekening vierpaalsfundering hoekmast Moldaumasten



MASTTYPE	MASTNR:	Pootsprei "S"
EA-3/co	1025	11,602
EA-3/so	1014	10,999
EB+0/s	1205	11,275
EB-3/s	1001	10,999
HA+0/ci	1051, 1066, 1098, 1099, 114.7, 1153, 1167, 1168, 1204	11,762
HA+3/c	1094, 1095	12,902
HA+3/ca	1114	12,902
HC+0/c	1131, 1133, 1159, 1187	11,762
WA+0/c	1033, 1105, 1111	11,762
WB+0/c	1118	11,762

UITGANGSPUNTEN
 Betonsterkteklasse C30/37
 Milieuklasse XC4/XF3
 Wapeningstaal B500B, B220
 Staalkwaliteit S355J2H
 Gevolgklasse C2
 Ontwerp levensduur 100 jaar

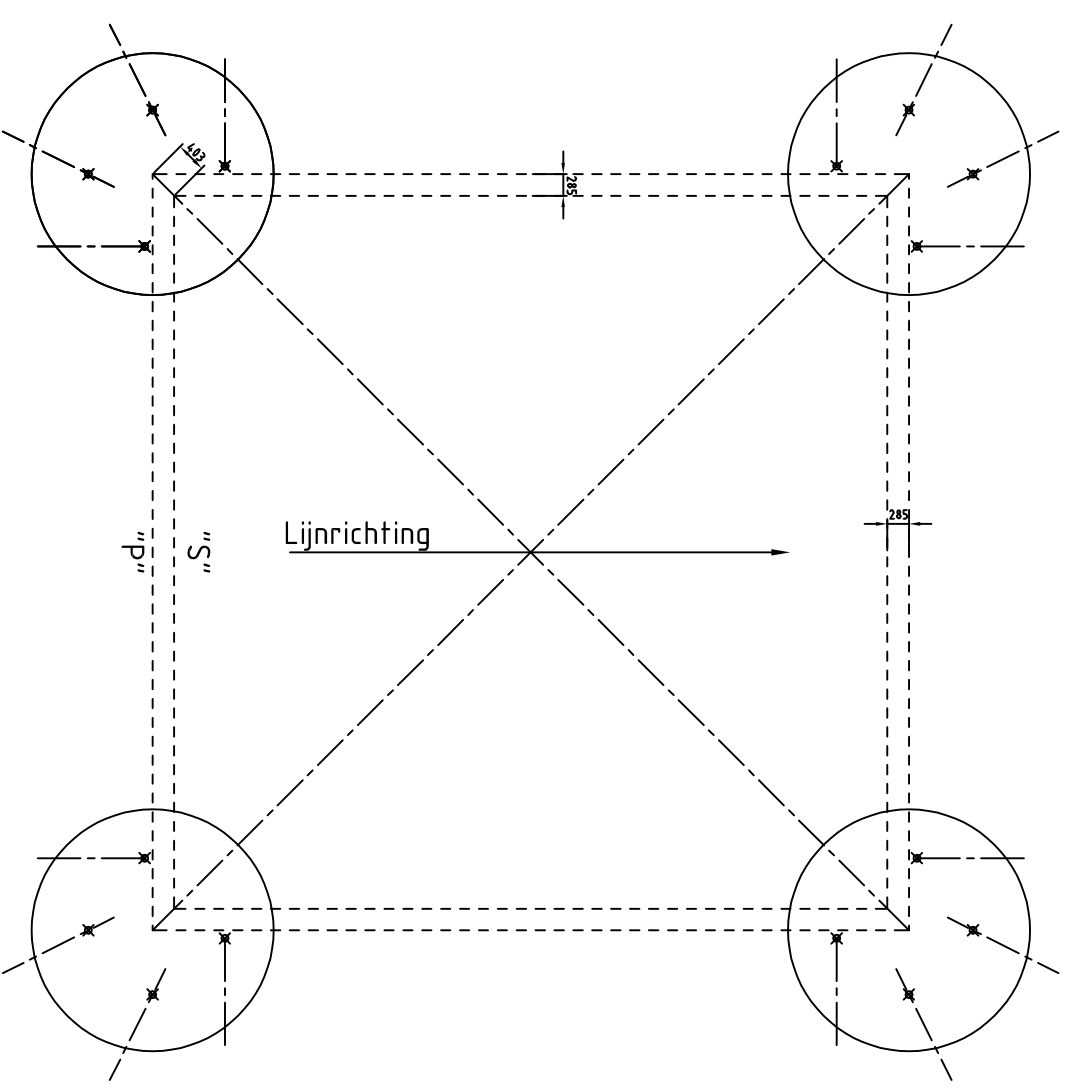
Aarding:
 - Koppelstrip lassen tussen randstijl en wand stalen buispaal
 - In poer aardnet opnemen van zachtstralen wapening, verbinden met wapeningskorf, randstijl, palen en aardplaat.
 - Aardplaat opnemen in poer.

STATUS **24-06-2022**
DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

DO-RAPPORTAGE
 002.678.00 0876917 21-0036 DNV Uitgangspunten DO Moldavasten
 002.678.00 0950632 21-1250 DNV Rapportage fundatie hoekmasten

Alternatief voor de schroefinjectie-paal zijn de volgende paaltypes toeepasbaar:
 Vibro-paal S57/610
 FGI-paal 54,0/660

DO-FASE
 Aftmetingen indicatief in DO-fase
 Paalafmeting definitief in UO-fase
 Paalpuntniveau definitief in UO-fase
 Paallengte en paaltipe afhankelijk van sonderingen en locatie



Rev.	Datum	Omschrijving
3	14-06-2022	Mastnrs. VKA2.0, bemating aangepast
2	16-12-2021	Mastnrs aangepast
1	15-11-2021	RFA opmerkingen verwerkt

DNV
 DNV Energy Systems
 Utrechtseweg 310, 6817 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11

Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN
Status: DEFINITIEF
Datum: 15-10-2021
Tekenaar: DMR
Vrijgever: TBR

Schaal: 1:30
Units: mm
Projectnummer: 10124719
DNV document: 10124719-32-1004

Rev.	Datum	revisie	Omschrijving	revisie	Getekend	Datum	As-Built	Schaal	Formaat

Tennet
 Taking power further

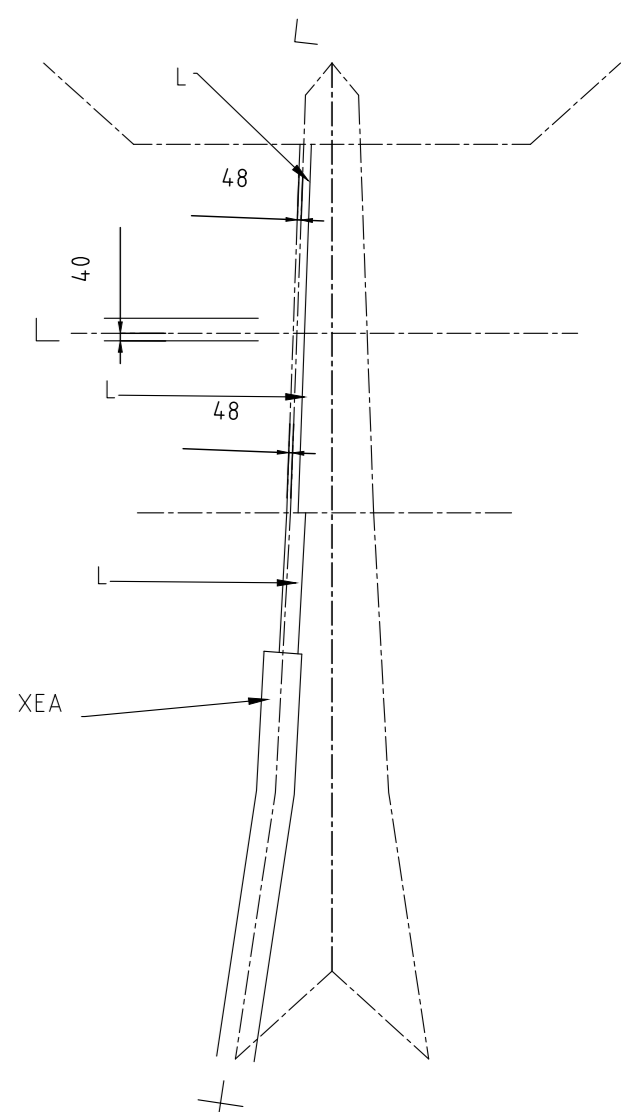
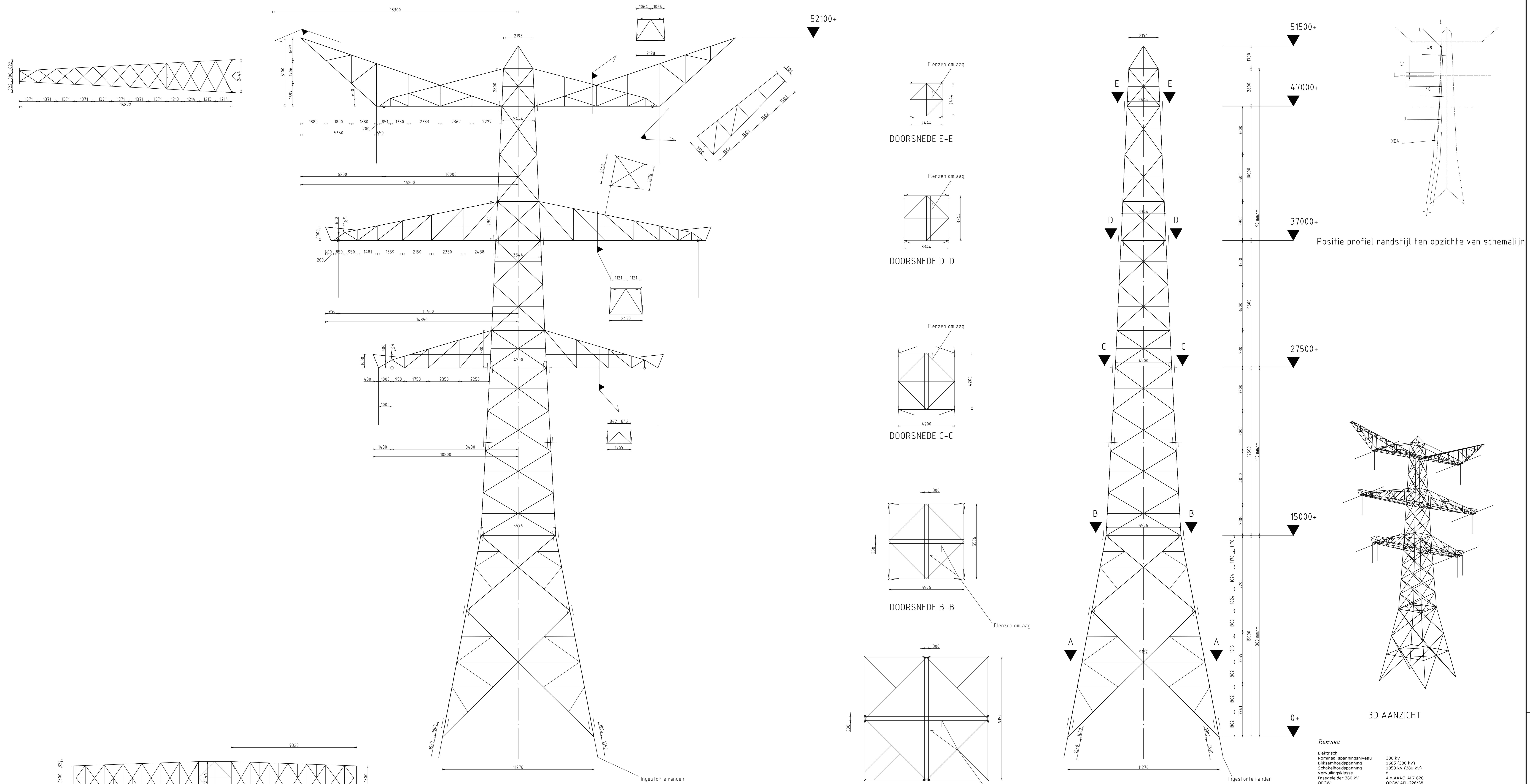
Object ID
 Hoekmasten Moldau

Omschrijving:
 Fundatietekening vierpaalsfundering hoekmast Moldavasten

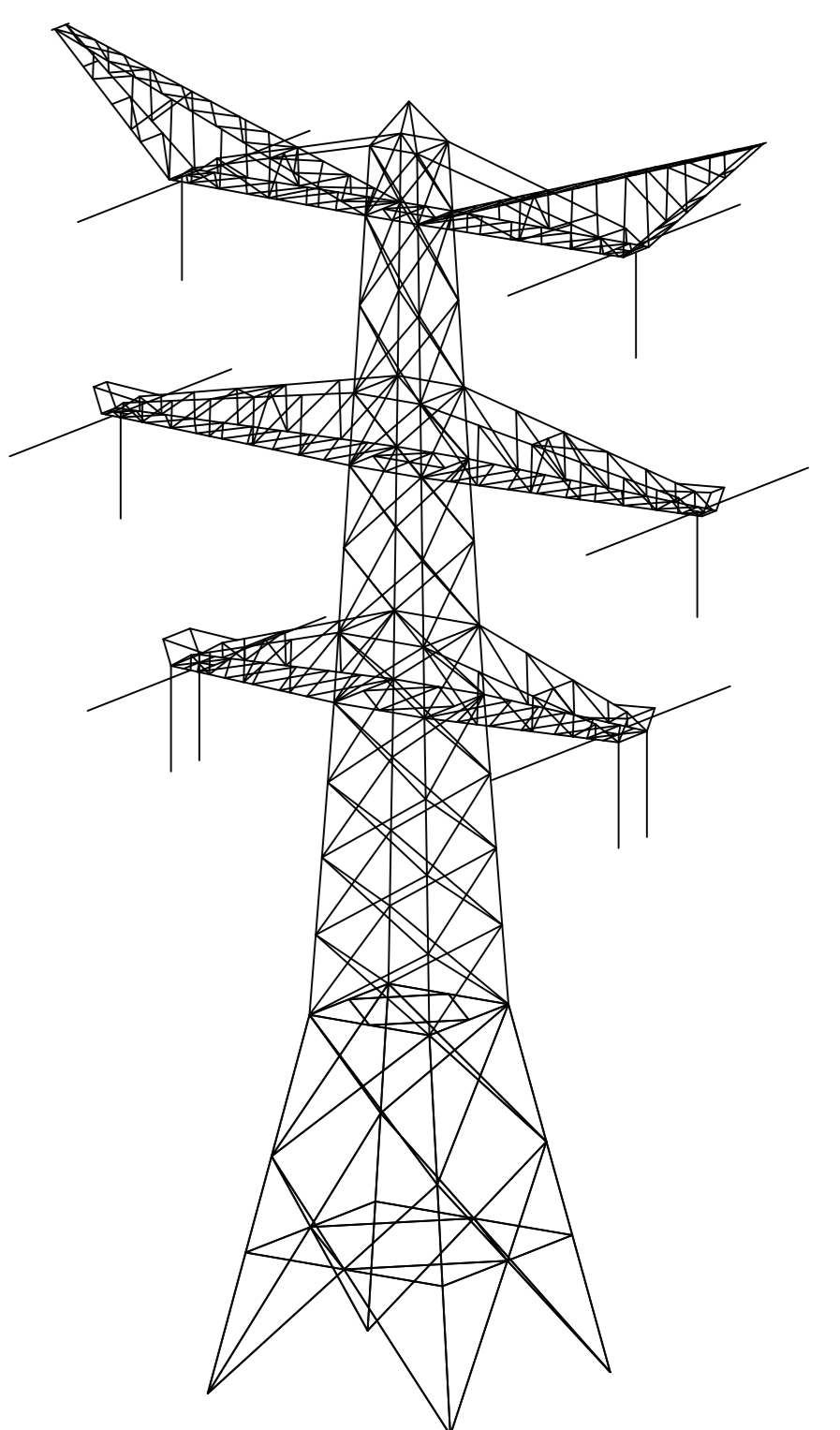
Tennet nummer:
 002.678.00 0928598

C.11 Mastbeeldtekening

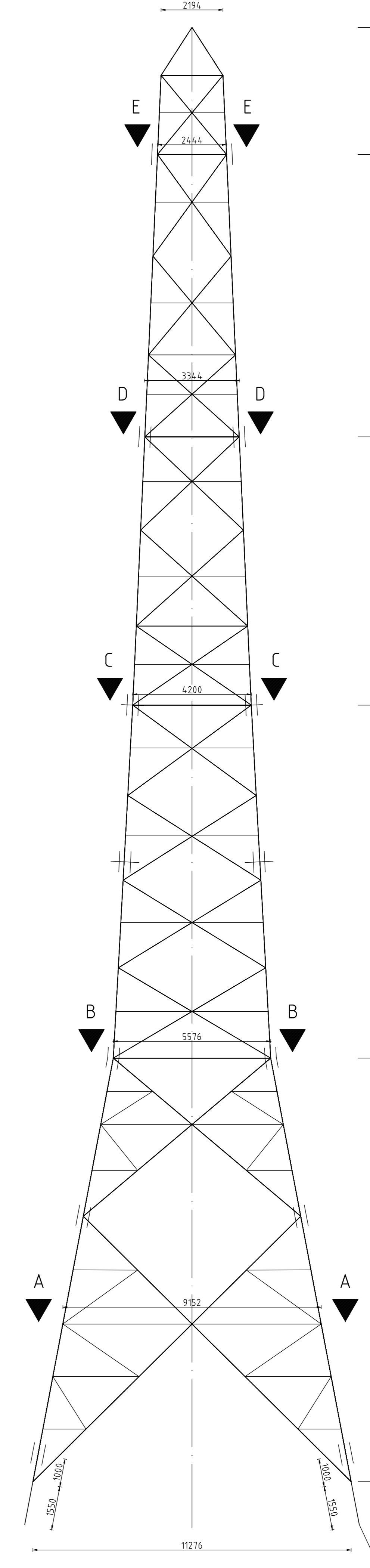
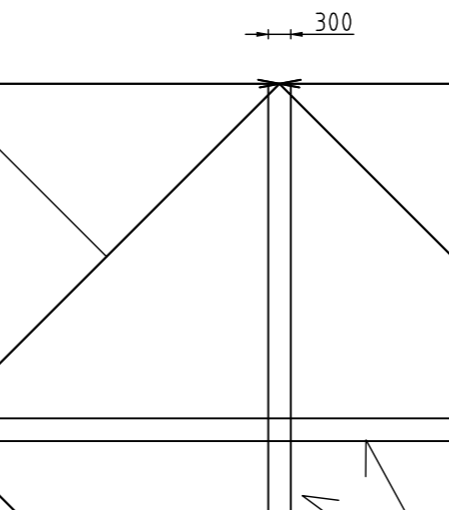
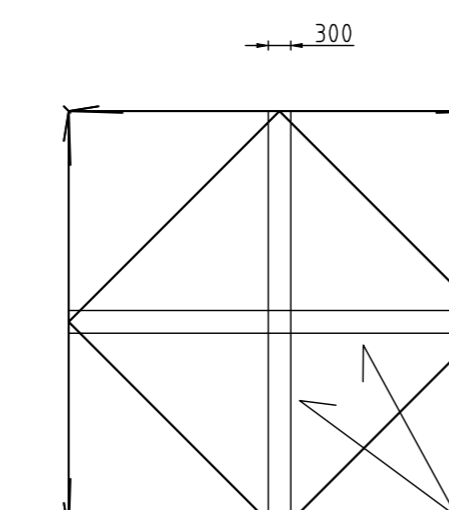
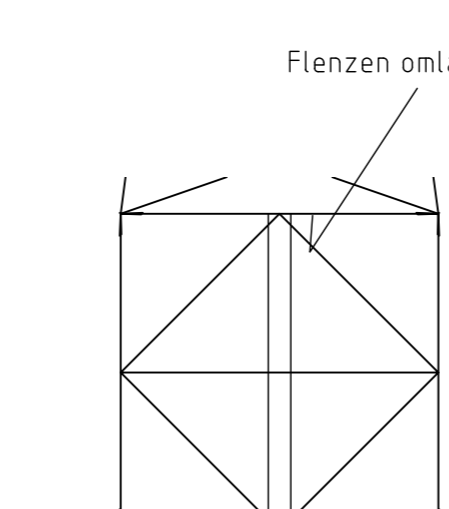
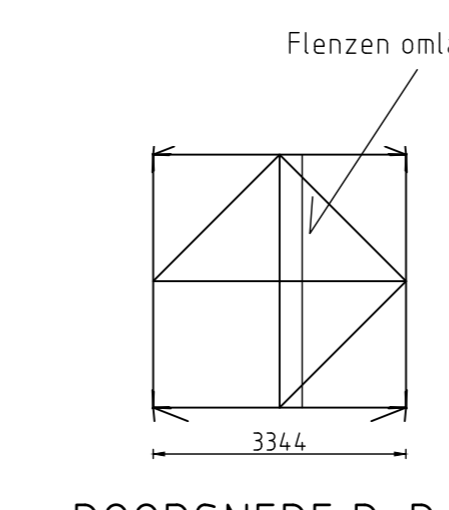
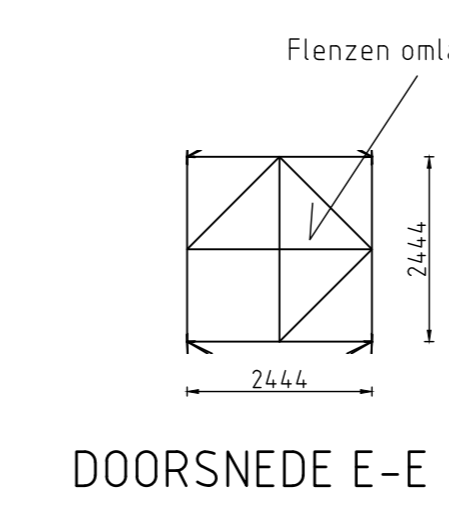
C.12 Mastbeeldtekening hoekmast



Positie profiel randstijl ten opzichte van schemaliijn



3D AANZICHT



RECHTERZIJVLAK (ALS GETEKEND)
LINKERZIJVLAK (GESPIEGELD)

Remvoi
 Elektrisch
 Nominiaal spanningsniveau 380 kV
 Bliksemhouspanning 1685 (380 kV)
 Schakelhouspanning 1555 kV (380 kV)
 Vervuillingsklasse d
 Fasegeleider 380 kV 4 x AAC-AL7 630
 OPGW ACSR 241-AL3-39-A205A
 Bliksemgeleider
 Ontwerp volgens uitgangspuntenrapport DNV GL 21-0036, Meridian 002.678.00 0876917
 Mastberekening volgens DNV GL 21-0819, Meridian 002.678.00 0928555
 Norm NEN-EN 50341-2-15:2019
 Gevolgklasse C.C.2
 Betrouwbaarheidsniveau Nieuwbouw
 Referentieperiode 50 jaar
 Windgebied III
 Ingebied B
 Lijnhoek 120°
 Trekspanmeter 1800m
 Veldlengte 400m
 Wind span 400m
 EDS Weight span 481m
 Mast geschikt voor enkelzijdige belegging van circuits
 Staalsoort S355J2
 Bouwkwaliteit B.8
 Mastbouwning betreft systeemplaten
 Principedetails vgs tekening 10124719-35-2003 002.678.00 0927498
 Klimvoorwaarden, bordessen en leuningen vgs tekening 10124719-35-1060 002.678.00 0901940

VOORVLAK (ALS GETEKEND)
ACHTERVLAK (GESPIEGELD)

BOVEN TRAVERSE (ONDERVLAK)

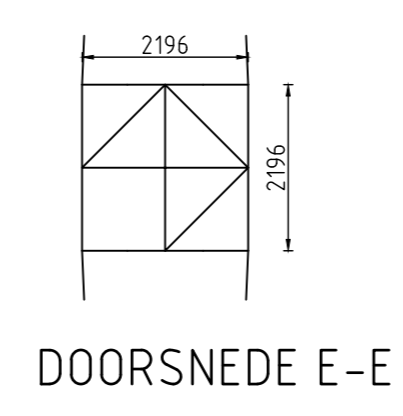
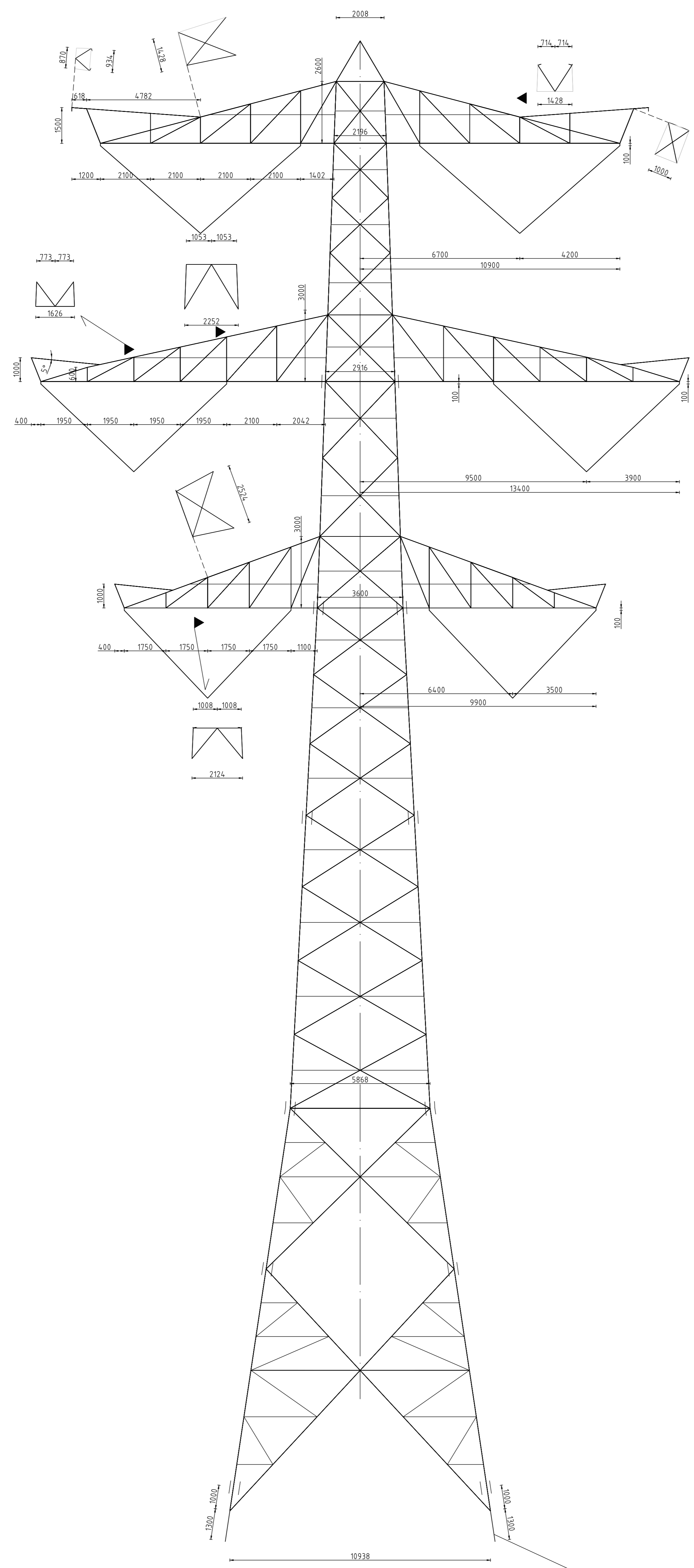
MIDDEN TRAVERSE (ONDERVLAK)

ONDER TRAVERSE (ONDERVLAK)

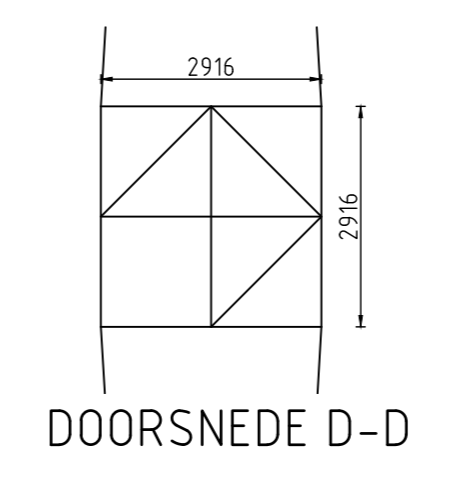
DATUM: 01-10-2021
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

2	15-9-2021	Deligen XEA1 & essentieel l. aangepast																								
1	22-07-2021	RFA optrekken verwerkt																								
Revisie	Datum	Omschrijving																								
<table border="1"> <tr> <th colspan="4">Projectnaam</th> </tr> <tr> <td colspan="4">ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN</td> </tr> <tr> <td>Status</td> <td>CONCEPT</td> <td>Schaal</td> <td>1:100</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>15-06-2021</td> <td>Unit</td> <td>MB</td> </tr> <tr> <td>Tekenaar</td> <td>DMS</td> <td>Projectnummer</td> <td>10124719</td> </tr> <tr> <td>Vrijgaver</td> <td>TB</td> <td>DW document</td> <td>10124719-35-1034</td> </tr> </table>			Projectnaam				ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN				Status	CONCEPT	Schaal	1:100	Datum	15-06-2021	Unit	MB	Tekenaar	DMS	Projectnummer	10124719	Vrijgaver	TB	DW document	10124719-35-1034
Projectnaam																										
ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN																										
Status	CONCEPT	Schaal	1:100																							
Datum	15-06-2021	Unit	MB																							
Tekenaar	DMS	Projectnummer	10124719																							
Vrijgaver	TB	DW document	10124719-35-1034																							
<table border="1"> <tr> <th colspan="4">RLL-TL8380</th> </tr> <tr> <td>Datum revisie</td> <td>Omschrijving revisie</td> <td>Geneemd</td> <td>Datum te. E-01</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>DNV</td> <td>15.09</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Schakel</td> <td>AG</td> </tr> </table>			RLL-TL8380				Datum revisie	Omschrijving revisie	Geneemd	Datum te. E-01			DNV	15.09			Schakel	AG								
RLL-TL8380																										
Datum revisie	Omschrijving revisie	Geneemd	Datum te. E-01																							
		DNV	15.09																							
		Schakel	AG																							
<table border="1"> <tr> <td colspan="2"> 10124719-35-1034 002.678.00 0901940 10124719-35-2003 002.678.00 0927498 </td> <td colspan="2"> Type Categorie Documenttype Rijtype HE-0/2 Omschrijving Mastbeeld HC-0/2 </td> </tr> </table>			10124719-35-1034 002.678.00 0901940 10124719-35-2003 002.678.00 0927498		Type Categorie Documenttype Rijtype HE-0/2 Omschrijving Mastbeeld HC-0/2																					
10124719-35-1034 002.678.00 0901940 10124719-35-2003 002.678.00 0927498		Type Categorie Documenttype Rijtype HE-0/2 Omschrijving Mastbeeld HC-0/2																								
<table border="1"> <tr> <td colspan="2"> 002.678.00 0927498 </td> <td colspan="2"> </td> </tr> </table>			002.678.00 0927498																							
002.678.00 0927498																										

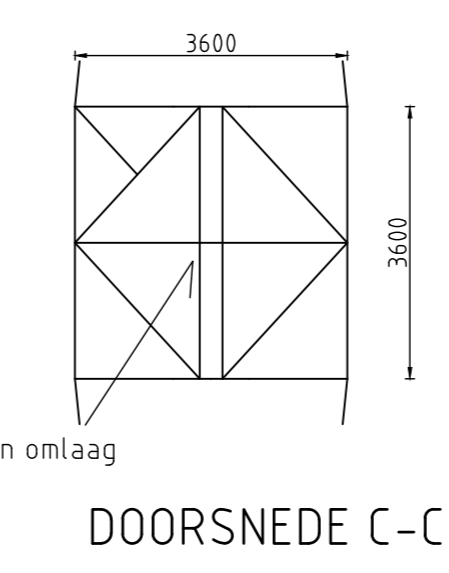
C.13 Mastbeeldtekening steunmast



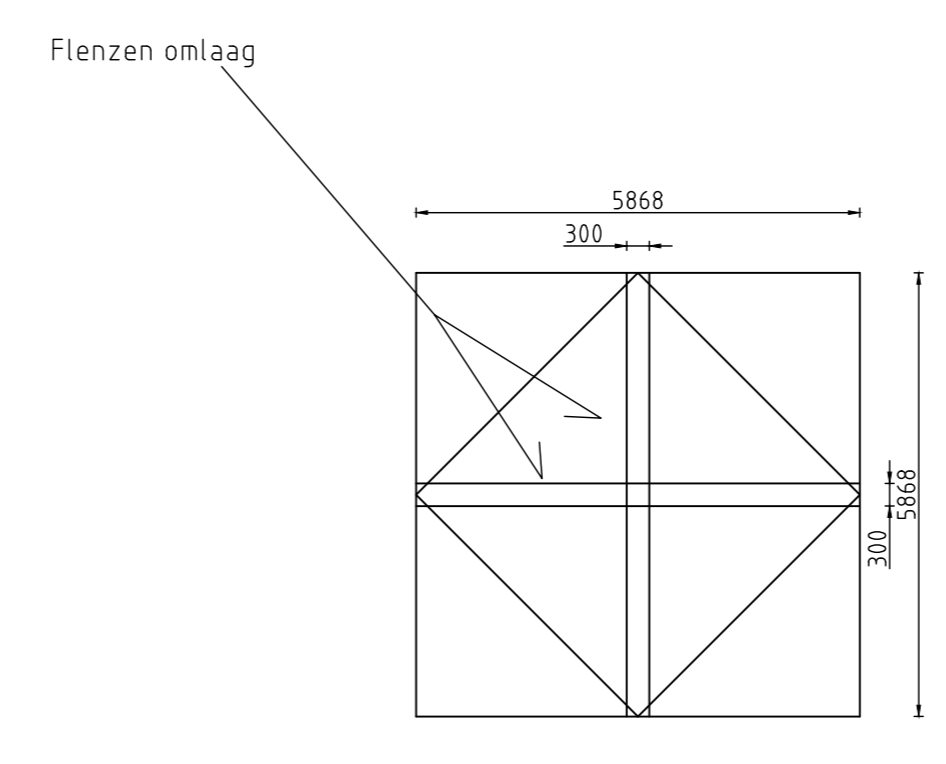
DOORSNEDE E-E



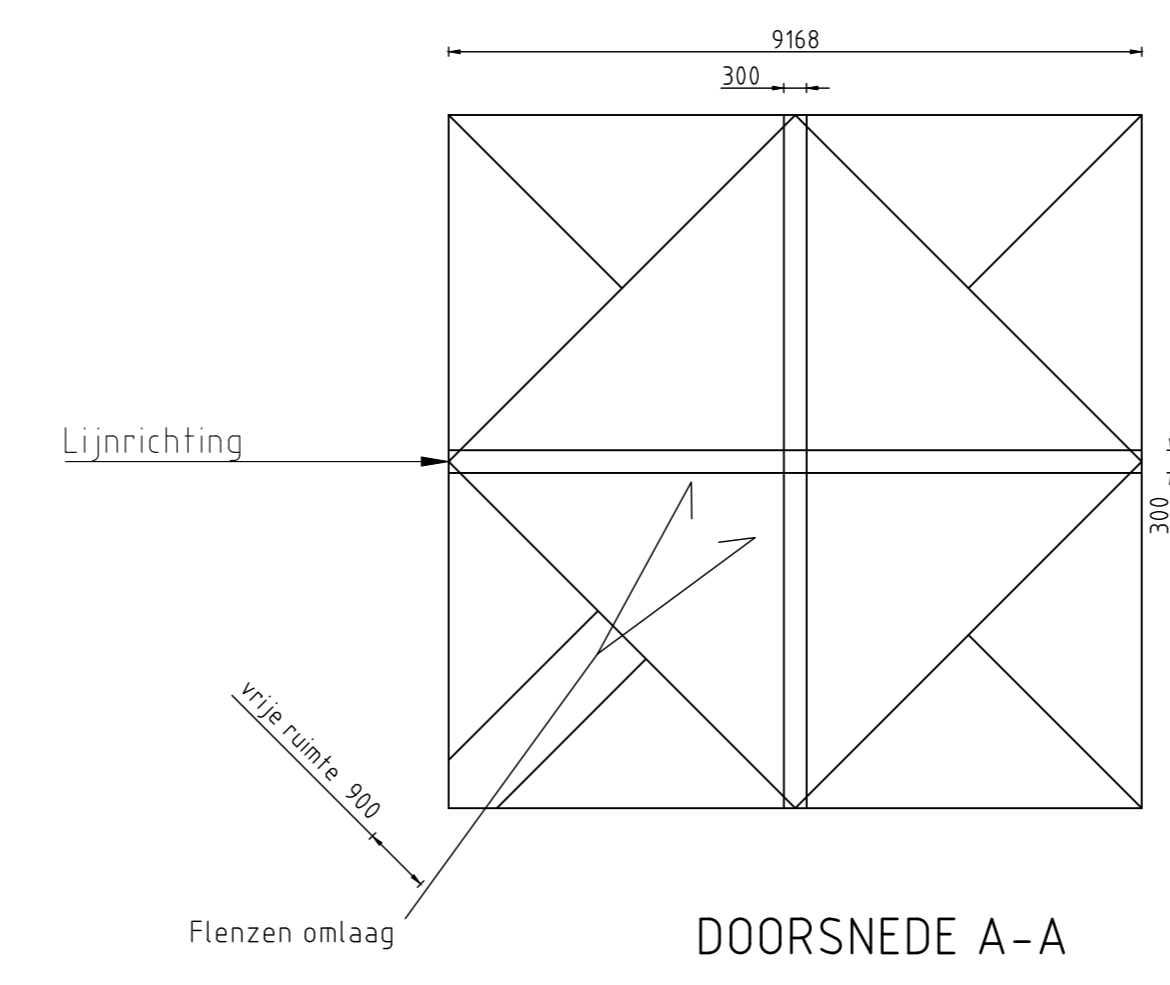
DOORSNEDE D-D



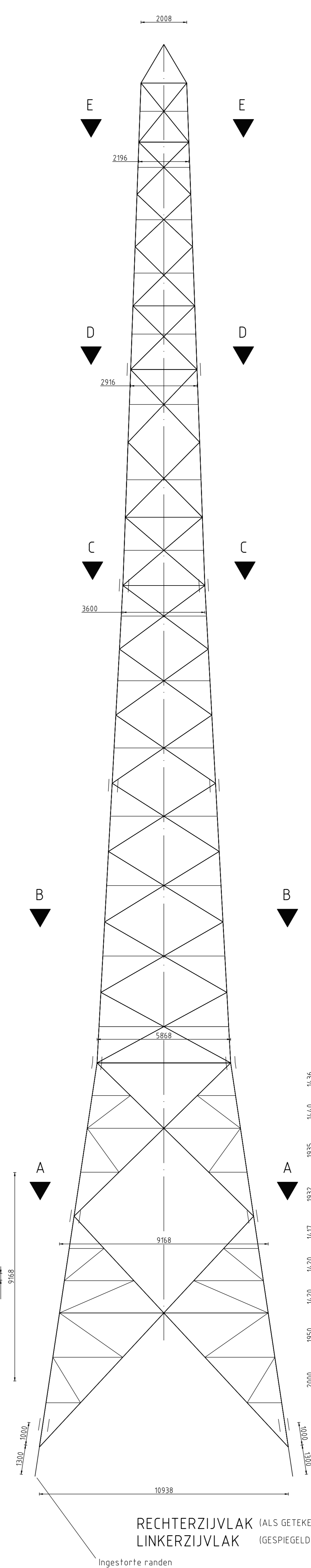
DOORSNEDE C-C



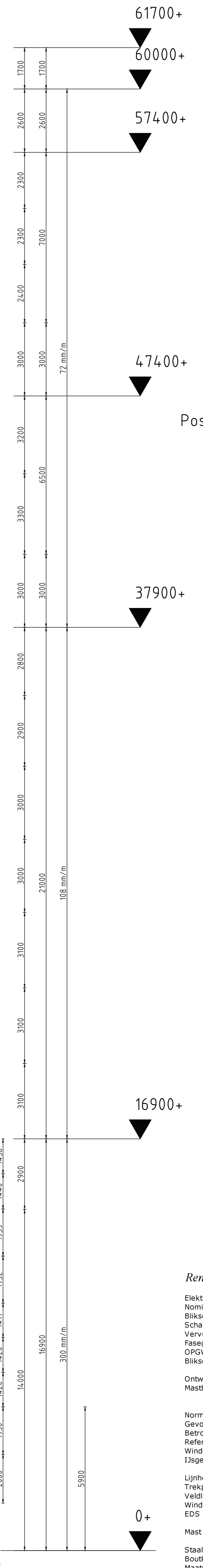
DOORSNEDE B-B



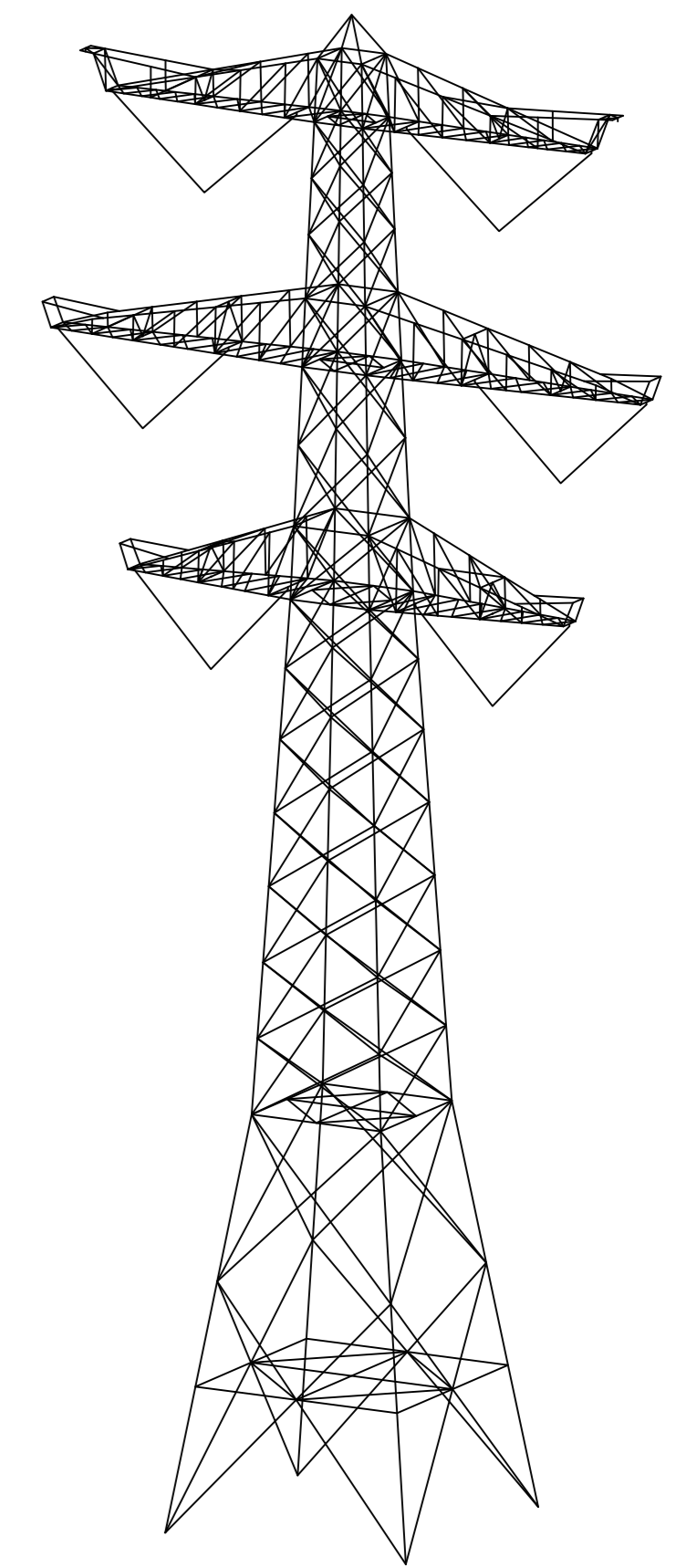
DOORSNEDE A-A



RECHTERZIJVLAK (ALS GETEKEND)
LINKERZIJVLAK (GESPIEGELD)



Positie profiel randstijl ten opzichte van schemalijn



3D AANZICHT

Remvooi

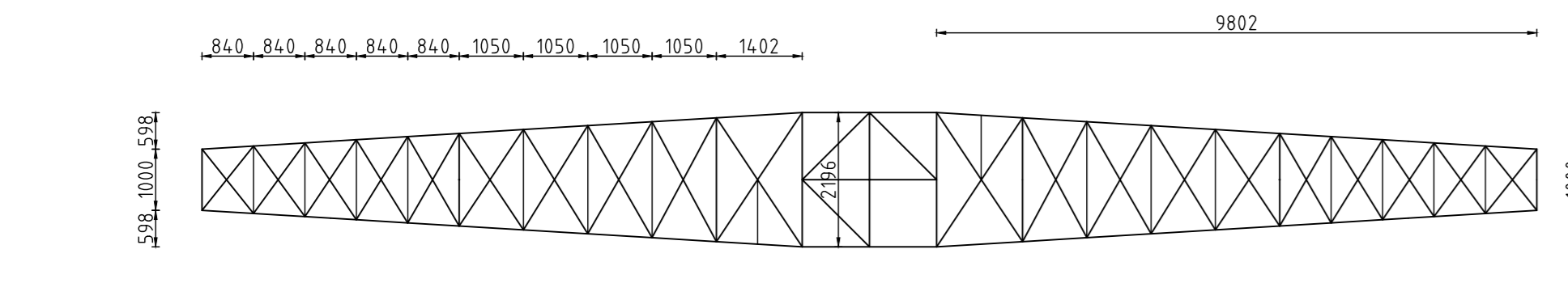
Elektrisch	380 kV
Nominaal spanningsniveau	1685 (380 kV)
Blikseminhoudspanning	1550 kV (380 kV)
Schakelspanning	d + AAC-ALP 620
Vervuilingklasse	OPGW AFV-226/35
Fasegeleider	AACSR 241-AL3-39-A20SA
OPGW	Bliksemsgeleider

Ontwerp volgens uitgangspuntenrapport DNV GL 21-0036, Meridian 002.678.00 0876917
 Mastberekening volgens DNV GL 21-0664, Meridian 002.678.00 0920171

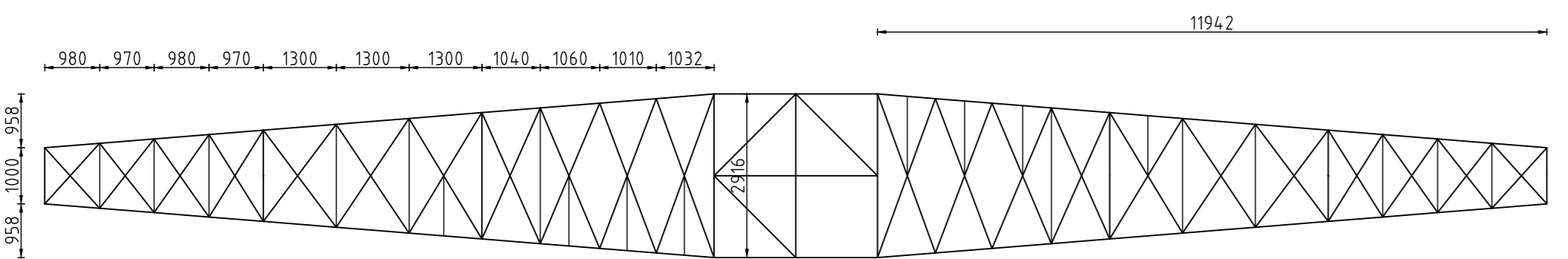
Norm	NEN-EN 50341-2-15:2019
Gevolgklasse	CC 2
Betrouwbaarheidsniveau	Nieuwbouw
Referentieperiode	50 jaar
Windsnelheid	111
IJsgedied	B
Lijnhoek	180°
Trekparameter	1800m
Veldrigte	400m
Wind span	400m
EDS Weight span	454m

Mast geschikt voor enkelzijdige belegging van circuits

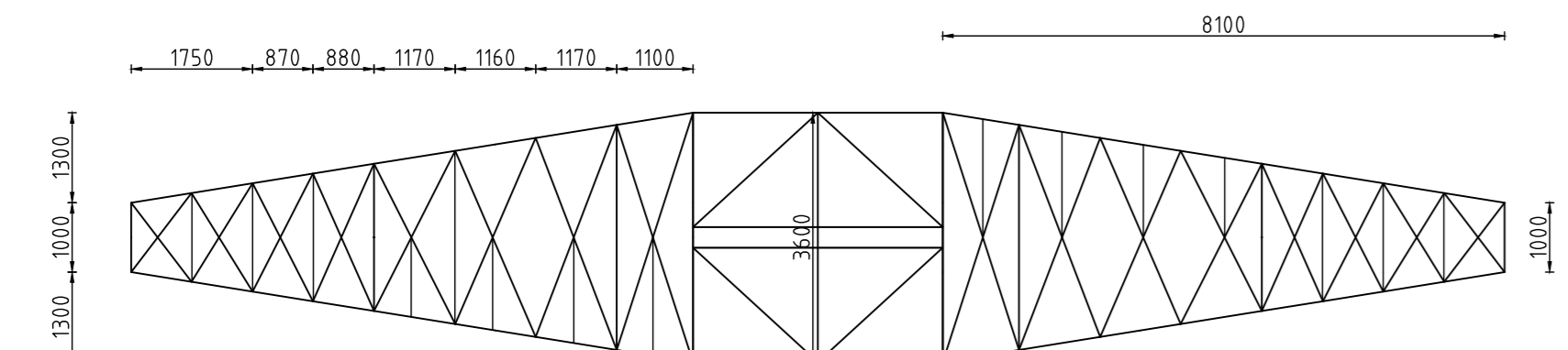
Staatsoort	S3552
Bouwvalmet	8 8
Maatvoering betreft systeemlijnen	
Klimpedestal volgens tekening 10124719-35-2002 002.678.00 0927497	
Klimvoorzieningen, bordessen en leuningen vglg tekening 10124719-35-1060 002.678.00 0901940	



BOVEN TRAVERSE (ONDERVLAK)



MIDDEN TRAVERSE (ONDERVLAK)

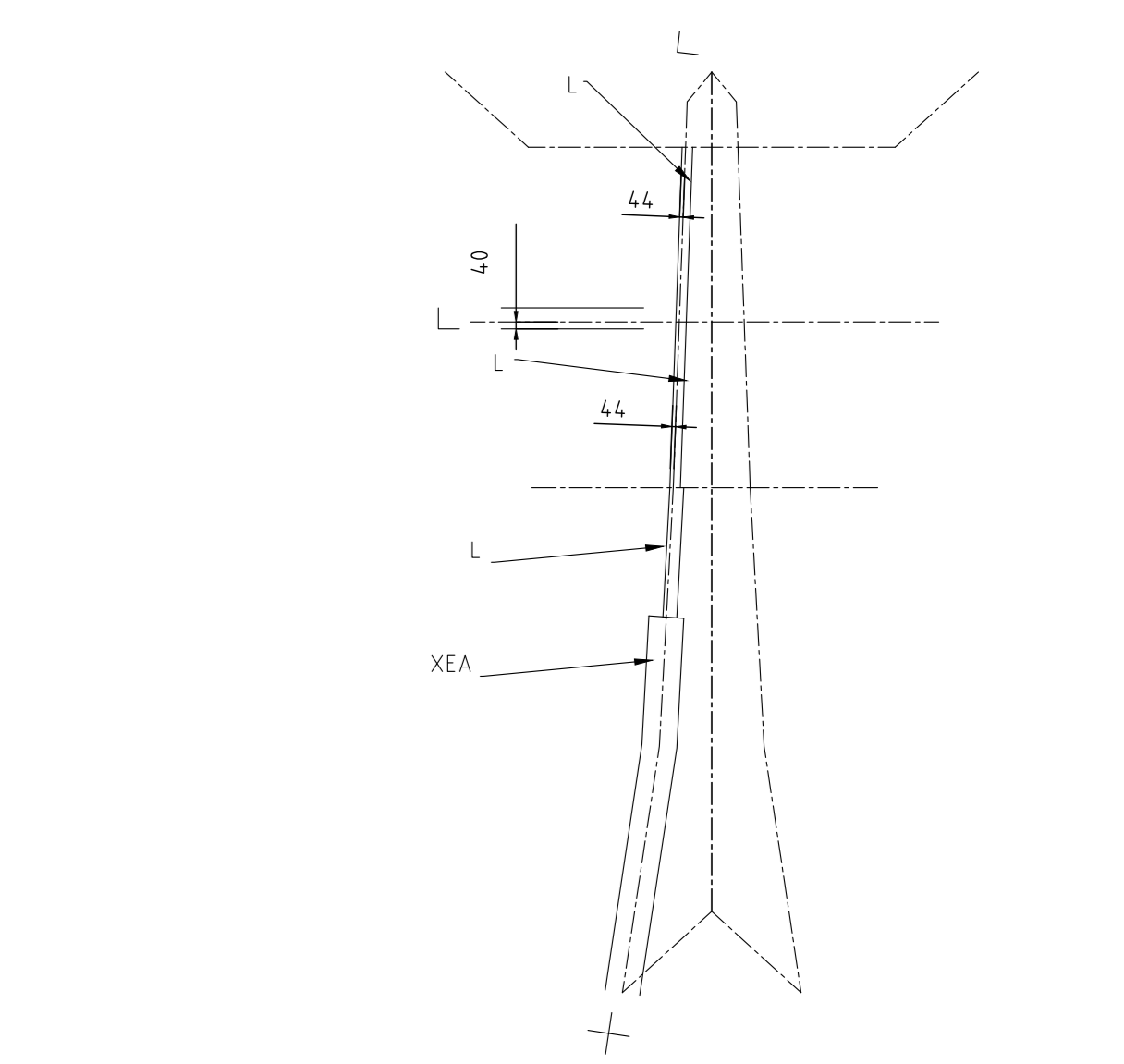
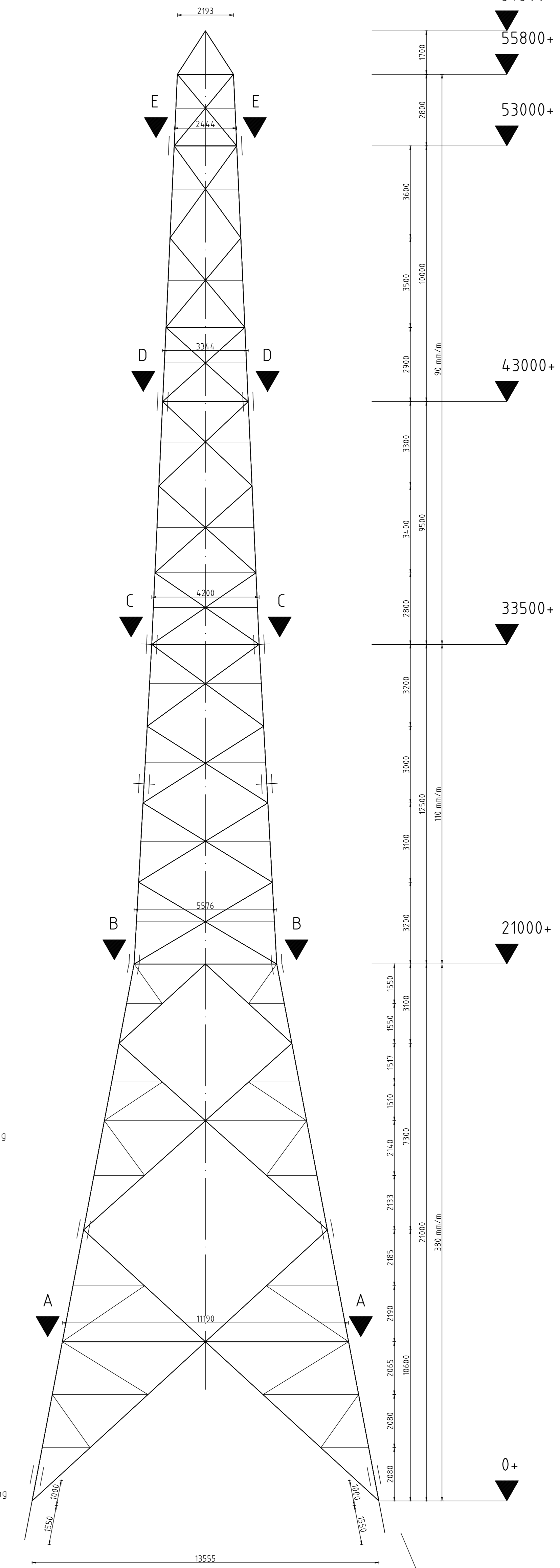
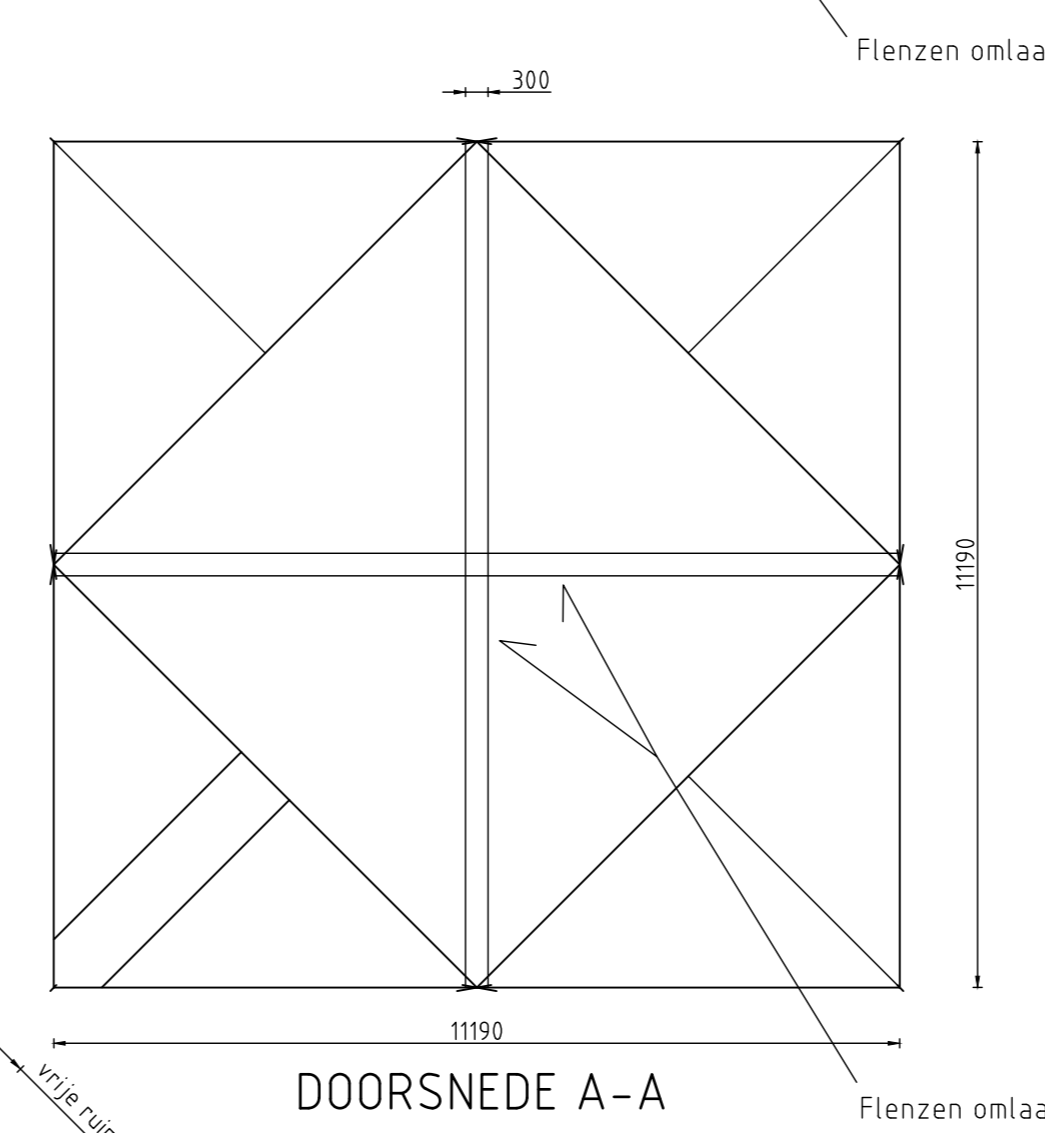
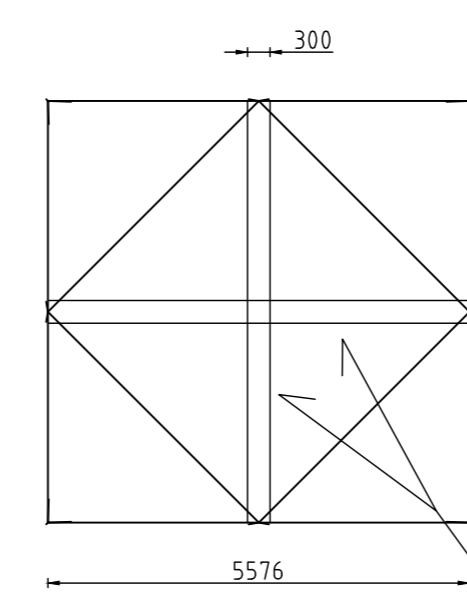
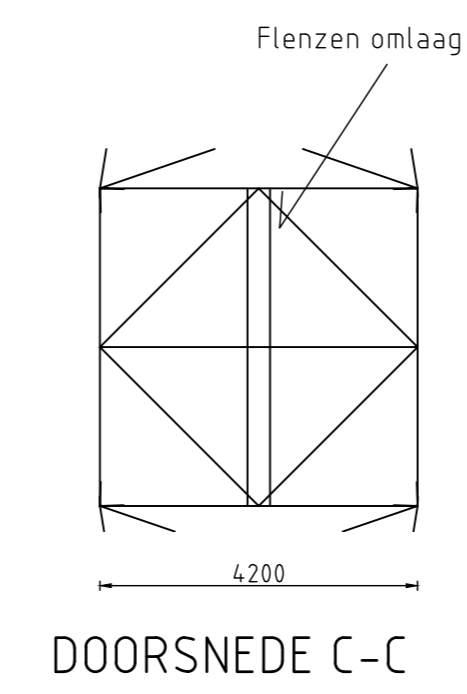
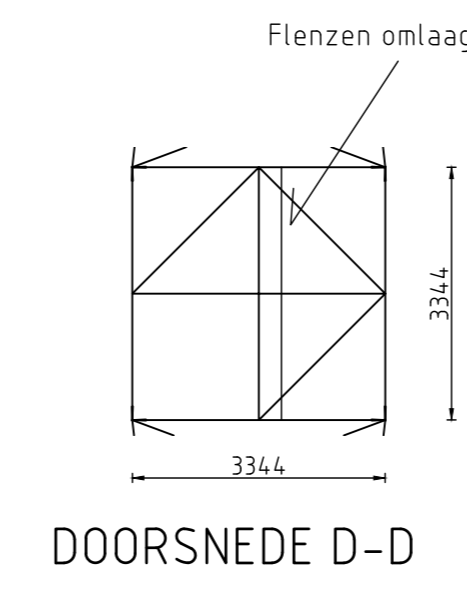
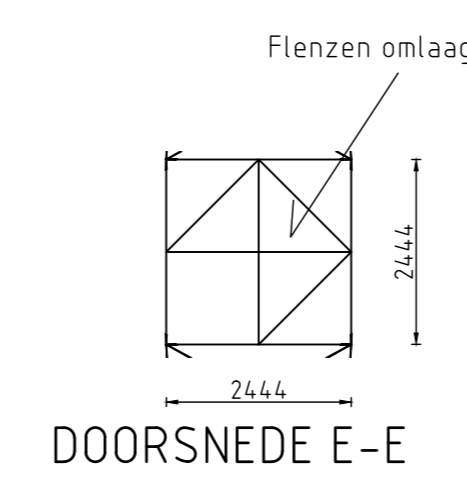
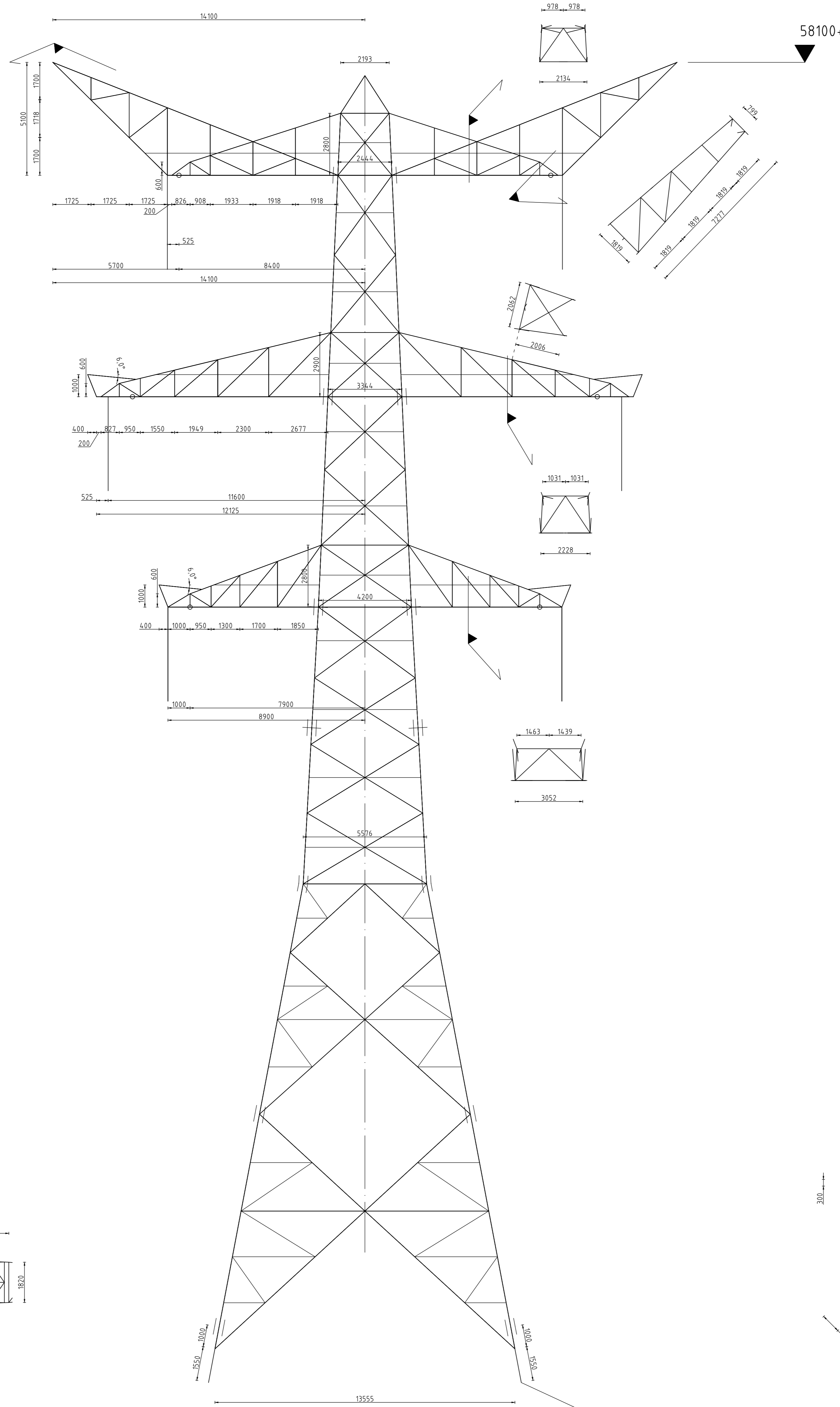
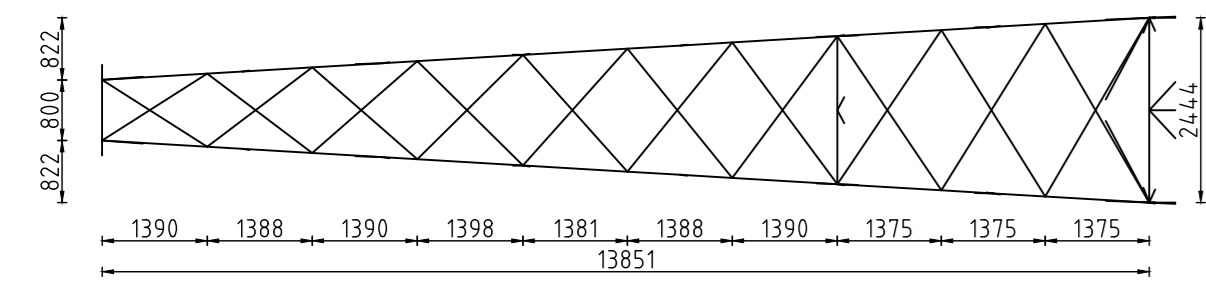


ONDER TRAVERSE (ONDERVLAK)

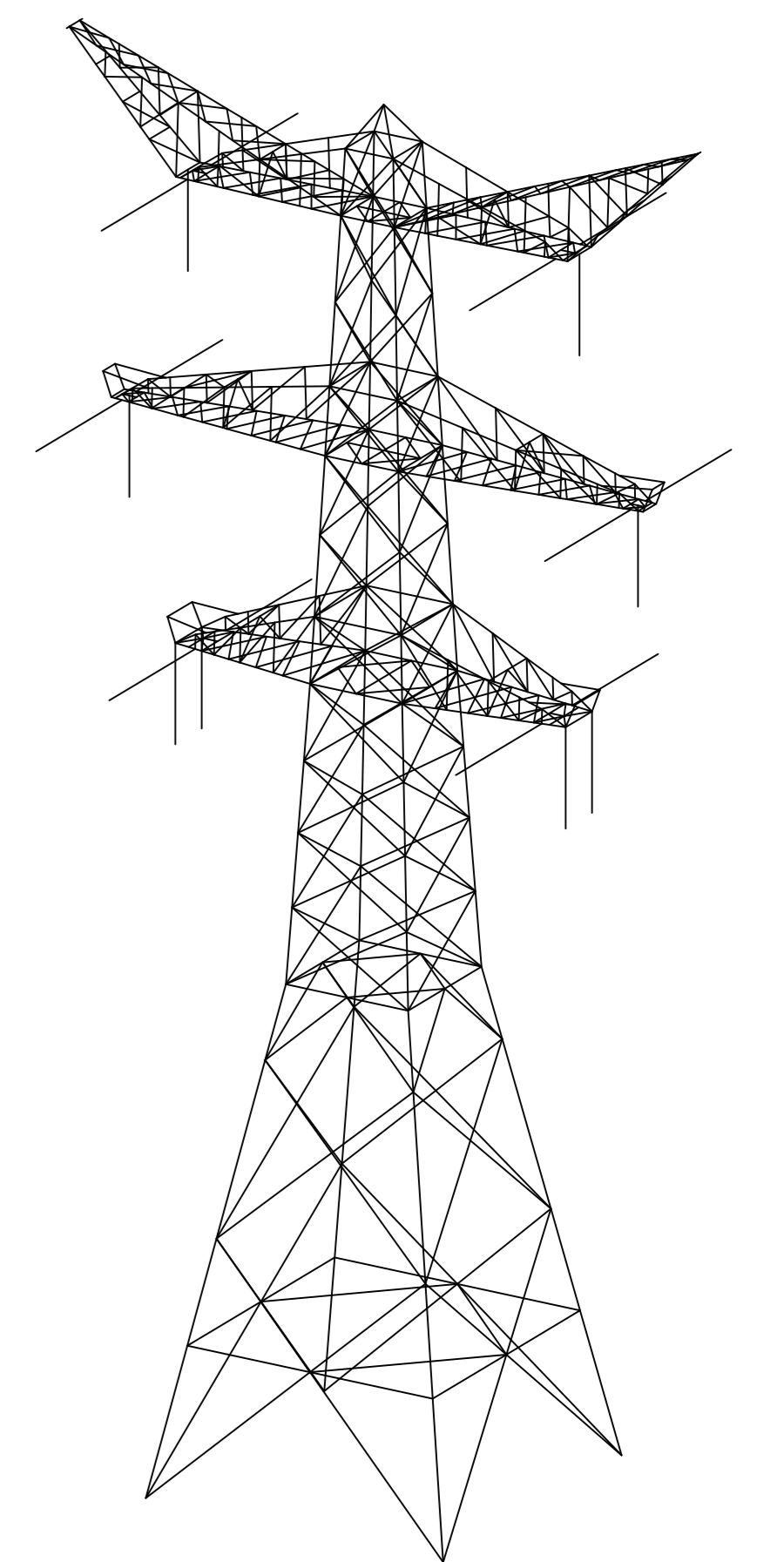
VOORVLAK (ALS GETEKEND)
ACHTERVLAK (GESPIEGELD)

1	25-05-2021	RFA opmerkingen verwerkt																		
Revisie	Datum	Omschrijving																		
<table border="1"> <tr> <td>Projectnaam</td> <td>ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN</td> </tr> <tr> <td>Status</td> <td>DEFINITIEF</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>21-04-2021</td> </tr> <tr> <td>Tekenaar</td> <td>DMR</td> </tr> <tr> <td>Wrijver</td> <td>TB</td> </tr> <tr> <td>Schaal</td> <td>1:100</td> </tr> <tr> <td>Unit</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Projectnummer</td> <td>10124719</td> </tr> <tr> <td>DNV document</td> <td>10124719-35-1012</td> </tr> </table>			Projectnaam	ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN	Status	DEFINITIEF	Datum	21-04-2021	Tekenaar	DMR	Wrijver	TB	Schaal	1:100	Unit	mm	Projectnummer	10124719	DNV document	10124719-35-1012
Projectnaam	ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN																			
Status	DEFINITIEF																			
Datum	21-04-2021																			
Tekenaar	DMR																			
Wrijver	TB																			
Schaal	1:100																			
Unit	mm																			
Projectnummer	10124719																			
DNV document	10124719-35-1012																			
<table border="1"> <tr> <td>Titel</td> <td>Revisie</td> <td>Datum</td> <td>Schaal</td> <td>Tekenaar</td> </tr> <tr> <td>10124719-35-1012</td> <td>DNV</td> <td>2021</td> <td>1:100</td> <td>AG</td> </tr> </table>			Titel	Revisie	Datum	Schaal	Tekenaar	10124719-35-1012	DNV	2021	1:100	AG								
Titel	Revisie	Datum	Schaal	Tekenaar																
10124719-35-1012	DNV	2021	1:100	AG																
<table border="1"> <tr> <td>Projectnaam</td> <td>10124719-35-1012</td> </tr> <tr> <td>Categorie</td> <td>Mastbeelden</td> </tr> <tr> <td>Documenttype</td> <td>Schets</td> </tr> <tr> <td>Project ID</td> <td>10124719</td> </tr> <tr> <td>Schetsnr.</td> <td>002.678.00 0920278</td> </tr> </table>			Projectnaam	10124719-35-1012	Categorie	Mastbeelden	Documenttype	Schets	Project ID	10124719	Schetsnr.	002.678.00 0920278								
Projectnaam	10124719-35-1012																			
Categorie	Mastbeelden																			
Documenttype	Schets																			
Project ID	10124719																			
Schetsnr.	002.678.00 0920278																			
<table border="1"> <tr> <td>Maatschappij</td> <td>Tennet</td> </tr> <tr> <td>Logo</td> <td>Tennet</td> </tr> </table>			Maatschappij	Tennet	Logo	Tennet														
Maatschappij	Tennet																			
Logo	Tennet																			

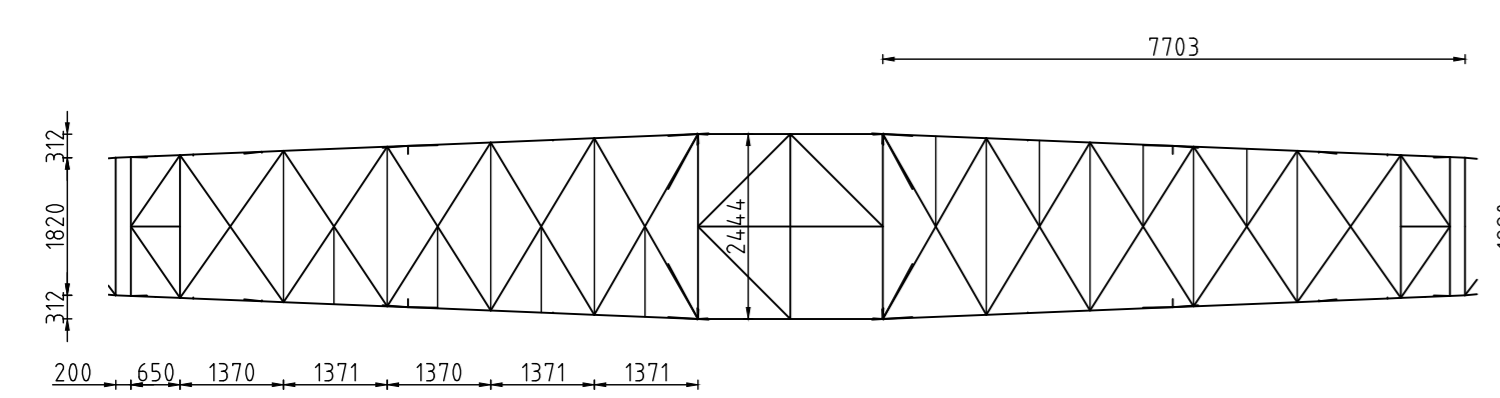
C.14 Mastbeeldtekening hoekmast



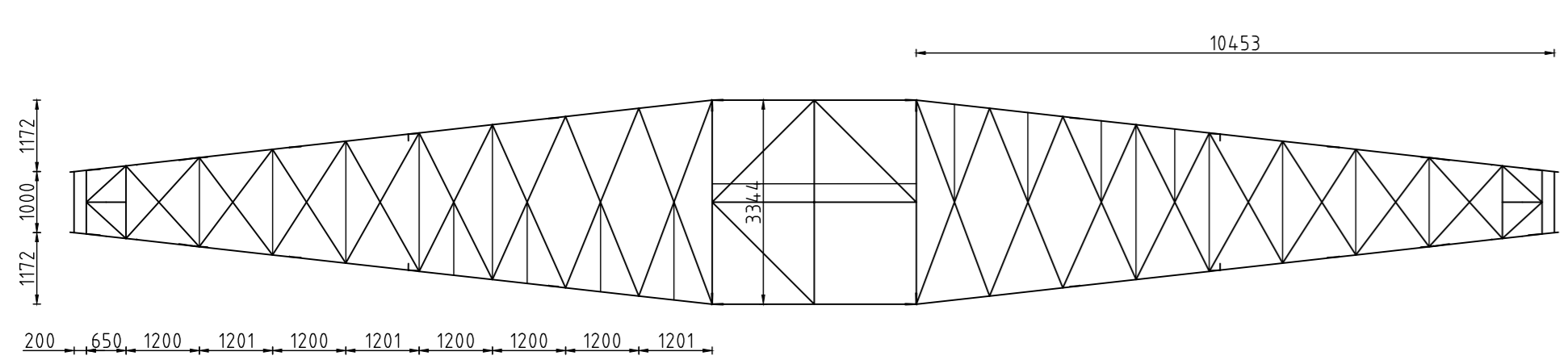
Positie profiel randstijl ten opzichte van schemalijn



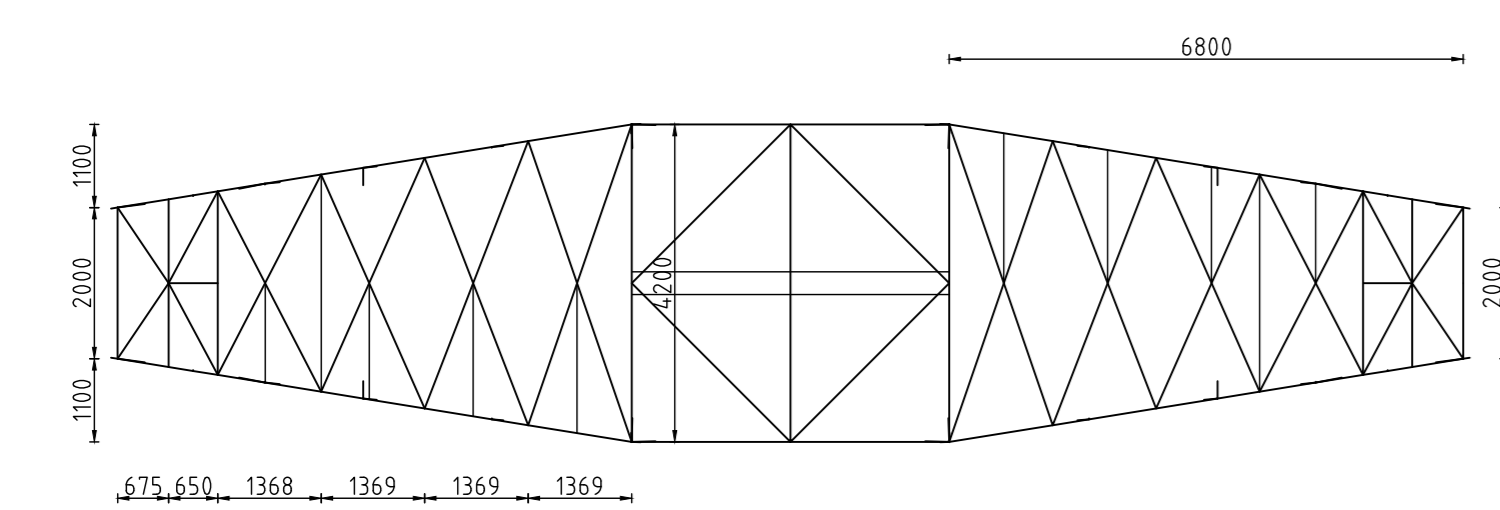
3D AANZICHT



BOVEN TRAVERSE (ONDERVLAK)



MIDDEN TRAVERSE (ONDERVLAK)



ONDER TRAVERSE (ONDERVLAK)

VOORVLAK (ALS GETEKEND)
ACHTERVLAK (GESPIEGELD)

RECHTERZIJVLAK (ALS GETEKEND)
LINKERZIJVLAK (GESPIEGELD)

Remvooi

Elektrisch	380 kV
Normaal spanningsniveau	1685 (380 kV)
Bliksemhouspanning	1050 kV (380 kV)
Schakelhouspanning	d
Vervuillingsklasse	4
Fasingleider	4 x AAC-AL7 630
OPGW	OPGW AFL-226/38
Bliksemgeleider	AACSR 241-AL3-39-A205A

Ontwerper volgens uitgangspuntenrapport DNV GL 21-0036, Meridian 002.678.00 0876917
 Mastberekening volgens DNV 21-0818, Meridian 002.678.00 0928554

Norm	HEB-EN 50341-2-15:2019
Gevolgklasse	CC2
Betrouwbaarheidsniveau	Nieuwbouw
Referentieperiode	50 jaar
Windgebied	III
Tijdsgebied	II

Lijnhoek	140°
Trekspanmeter	1800m
Veldlengte	400m
Wind span	400m
EDS Weight span	481m

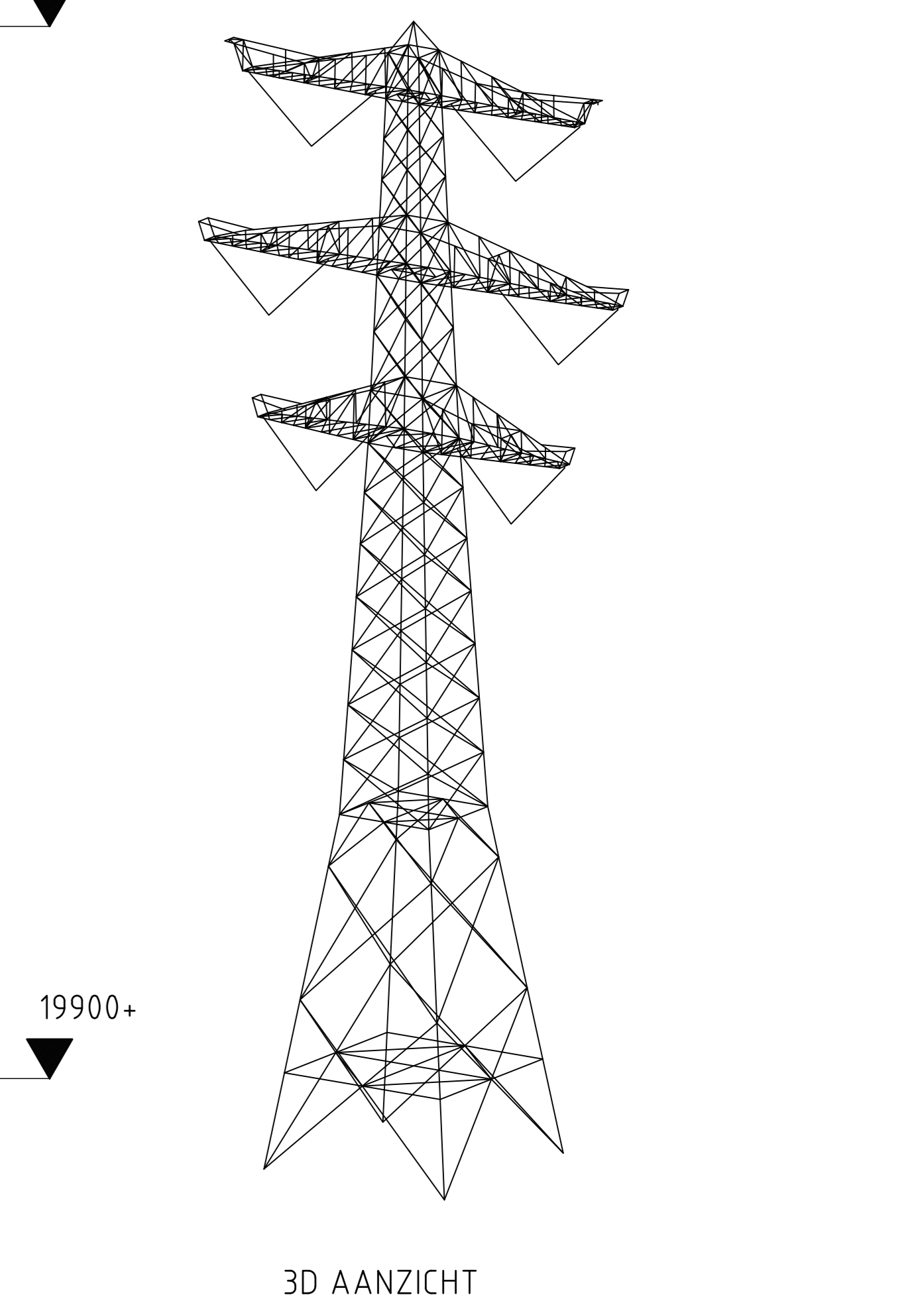
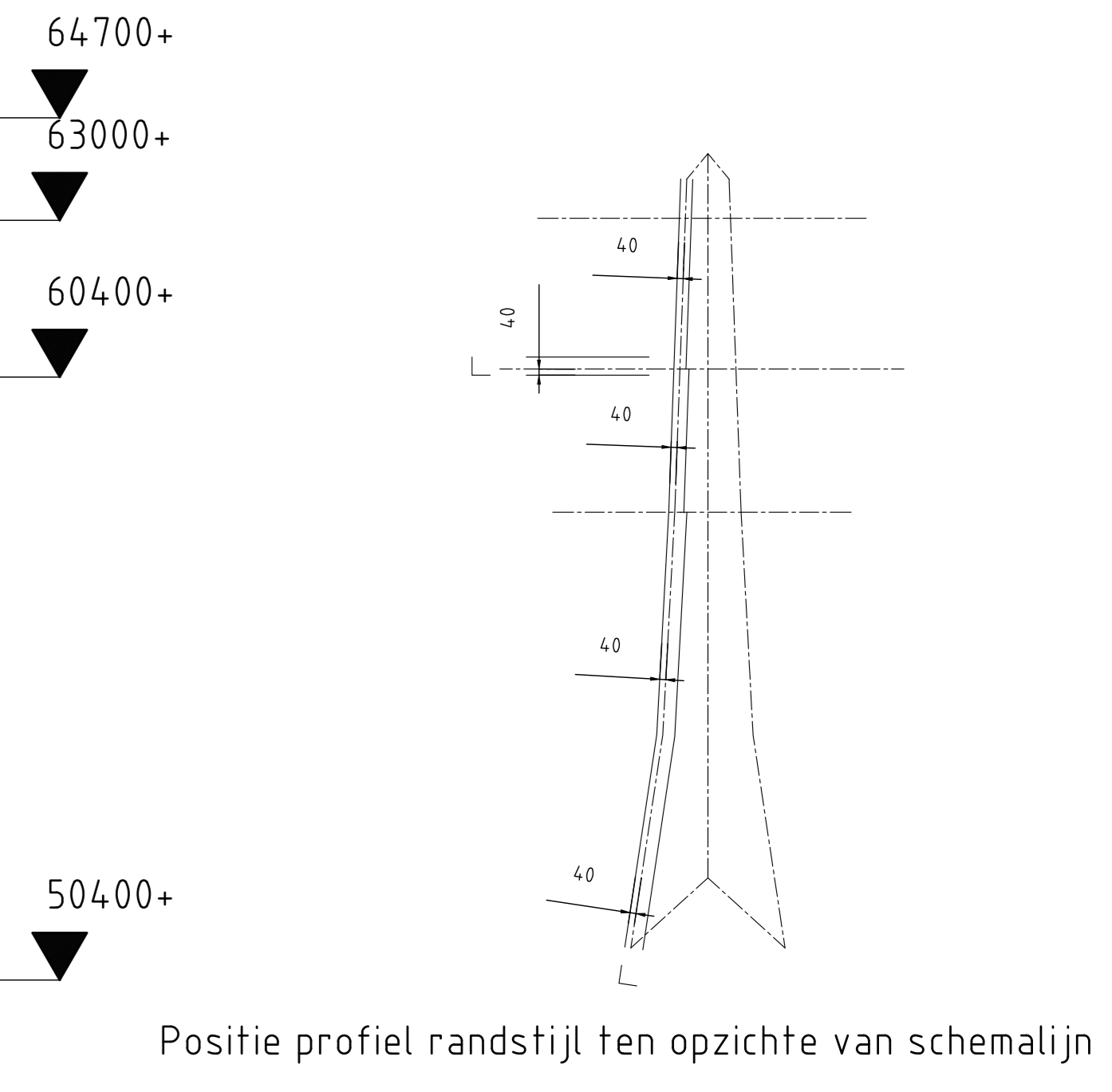
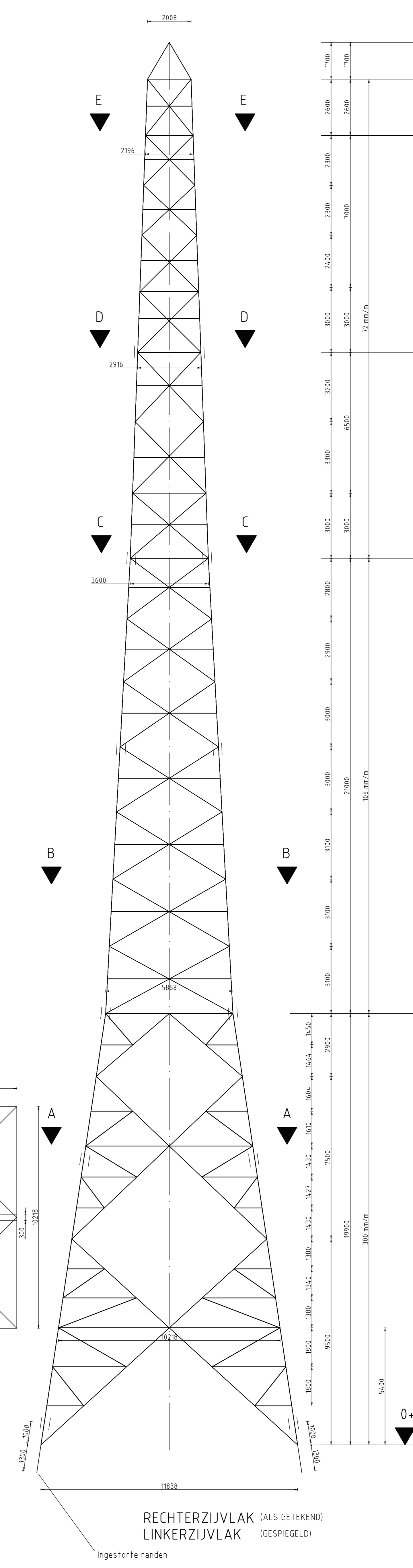
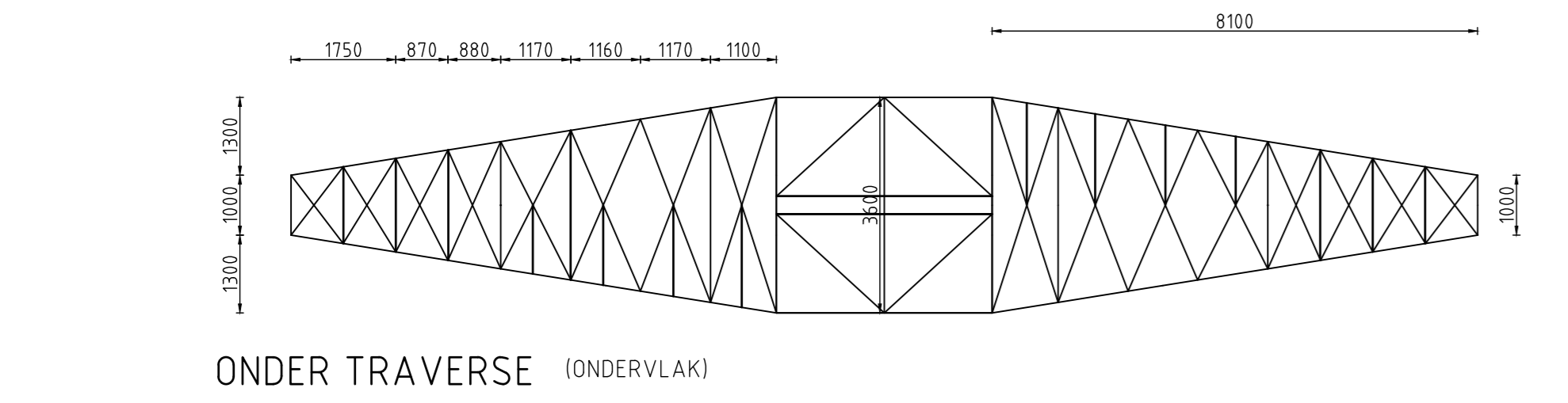
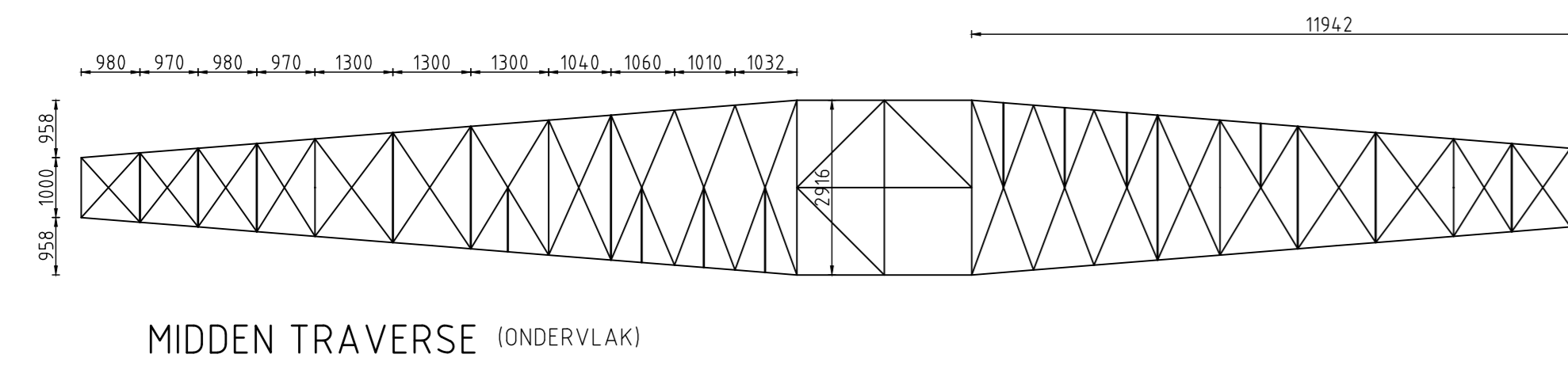
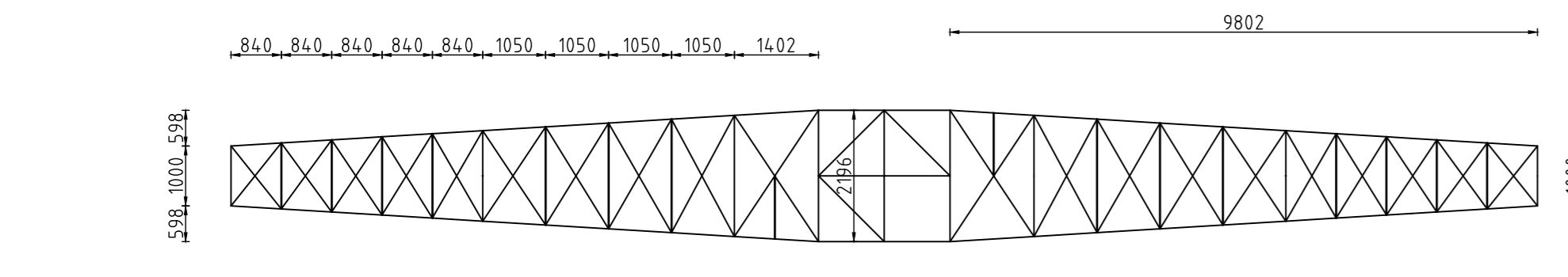
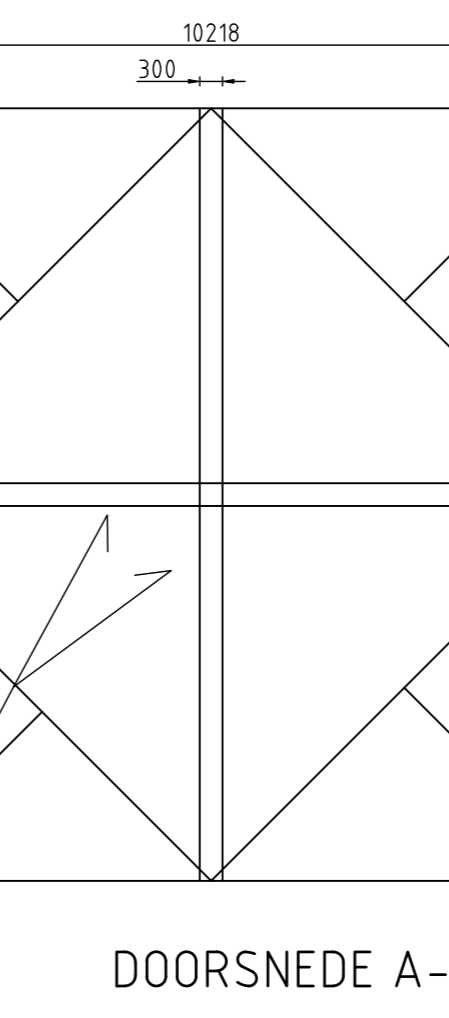
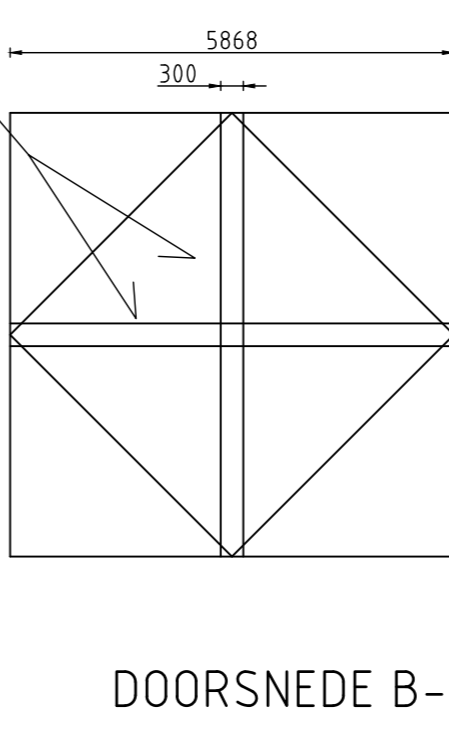
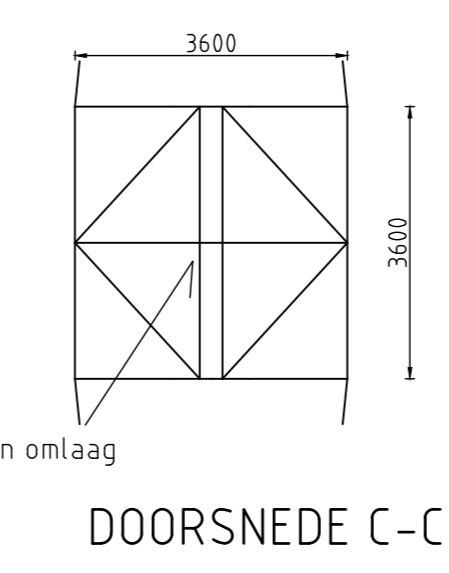
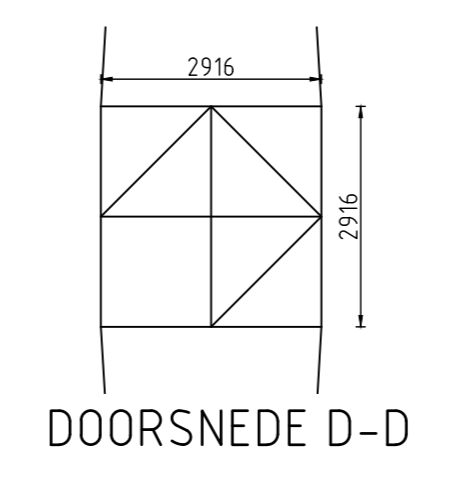
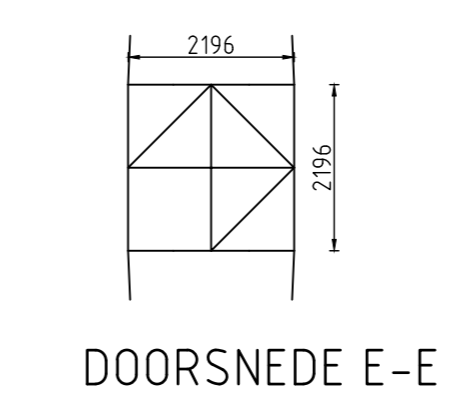
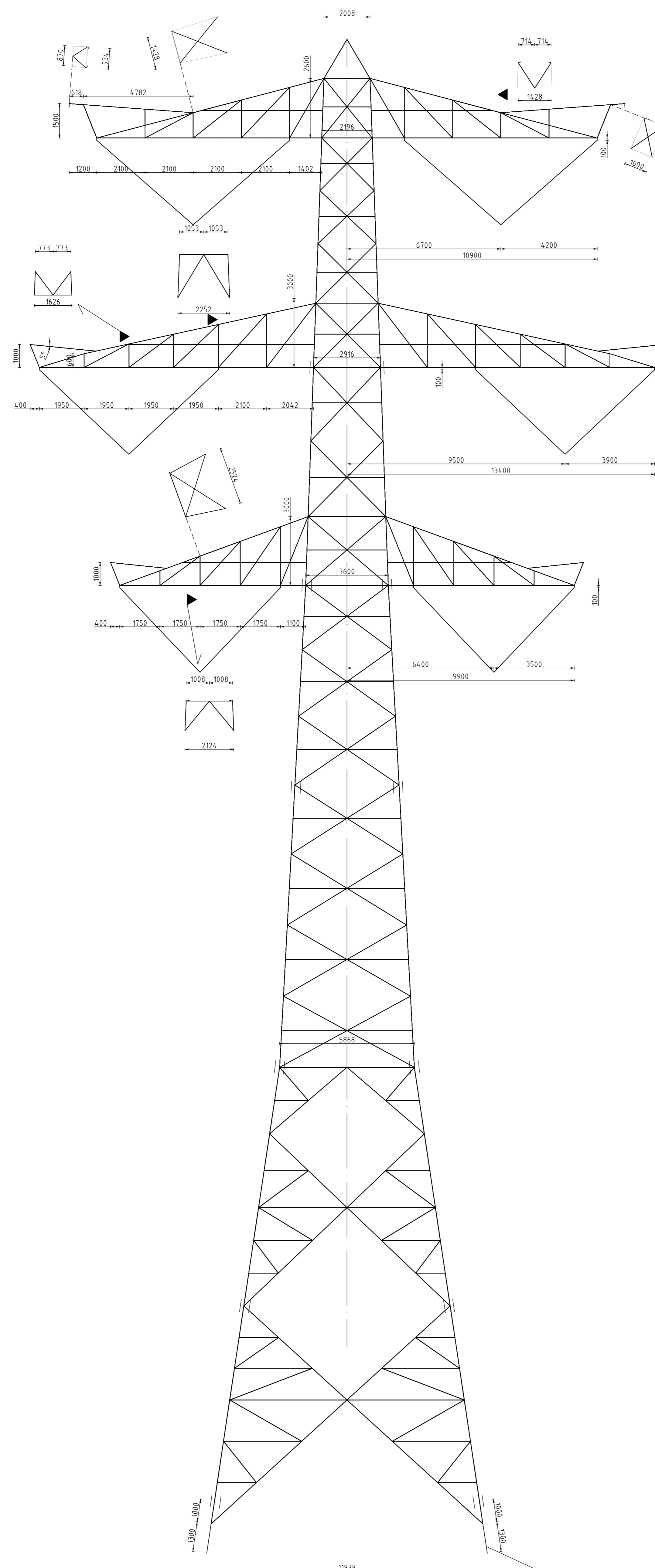
Mast geschikt voor enkelzijdige belegging van circuits

Staalsoort	S355J2
Bouwkwaliteit	B 8

Mastvoering betreft systeempluimen
 Principiedetails vjs tekening 10124719-35-2003 002.678.00 0927498
 Klimvoorwaarden, bordessen en leuningen vjs tekening 10124719-35-1060 002.678.00 0901940

2	13-4-2021	Deligen XEAL & essentieel L aangepast																			
1	23-7-2021	RFA optrekken verwerkt																			
Revisie	Datum	Omschrijving																			
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Projectnaam</td> <td>ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN</td> </tr> <tr> <td>Status</td> <td>CONCEPT</td> <td>Schaal</td> <td>1:100</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>24-05-2021</td> <td>Uits</td> <td>MB</td> </tr> <tr> <td>Tekenaar</td> <td>DMR</td> <td>Projectnummer</td> <td>10124719</td> </tr> <tr> <td>Vrijgaver</td> <td>TB</td> <td>Projectnummer</td> <td>10124719-35-1032</td> </tr> </table>			Projectnaam		ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN	Status	CONCEPT	Schaal	1:100	Datum	24-05-2021	Uits	MB	Tekenaar	DMR	Projectnummer	10124719	Vrijgaver	TB	Projectnummer	10124719-35-1032
Projectnaam		ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN																			
Status	CONCEPT	Schaal	1:100																		
Datum	24-05-2021	Uits	MB																		
Tekenaar	DMR	Projectnummer	10124719																		
Vrijgaver	TB	Projectnummer	10124719-35-1032																		
<table border="1"> <tr> <td>Rev</td> <td>Datum revisie</td> <td>Omschrijving revisie</td> <td>Geneemd</td> <td>Datum & Uits</td> <td>Schaal</td> <td>Formaat</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>DNV</td> <td></td> <td>1:100</td> <td>A0</td> </tr> </table>			Rev	Datum revisie	Omschrijving revisie	Geneemd	Datum & Uits	Schaal	Formaat				DNV		1:100	A0					
Rev	Datum revisie	Omschrijving revisie	Geneemd	Datum & Uits	Schaal	Formaat															
			DNV		1:100	A0															
<table border="1"> <tr> <td>Revisie</td> <td>Datum</td> <td>Omschrijving</td> </tr> <tr> <td>10124719-35-1032 002.678.00 0901940</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10124719-35-2003 002.678.00 0927498</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Revisie	Datum	Omschrijving	10124719-35-1032 002.678.00 0901940			10124719-35-2003 002.678.00 0927498												
Revisie	Datum	Omschrijving																			
10124719-35-1032 002.678.00 0901940																					
10124719-35-2003 002.678.00 0927498																					
<table border="1"> <tr> <td>Verwijngedate taal of munit</td> <td>Drawing</td> <td>10124719-35-1032-002.678.00 0927497</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> <td>Mastbeeld HB-6/s</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> <td>002.678.00 0927497</td> </tr> </table>			Verwijngedate taal of munit	Drawing	10124719-35-1032-002.678.00 0927497			Mastbeeld HB-6/s			002.678.00 0927497										
Verwijngedate taal of munit	Drawing	10124719-35-1032-002.678.00 0927497																			
		Mastbeeld HB-6/s																			
		002.678.00 0927497																			

C.15 Mastbeeldtekening steunmast



Remooi

Elektrisch	380 kV
Nominaal spanningsniveau	1685 (380 kV)
Bliksemhoutsparing	1550 kV (380 kV)
Schakelhoutsparing	4 + AAC-ALP 620
Vervuilingklasse	ORGW AFV-226/38
Fasegeleider	AACSR 241-AL3-39-A20SA
OPGW	
Bliksemgeleider	

Ontwerp volgens uitgangspuntenrapport DNV GL 21-0036, Meridian 002.678.00 0876917
 Mastberekening volgens DNV GL 21-0664, Meridian 002.678.00 0920171

Norm	NEN-EN 50341-2-15:2019
Gevolgklasse	CC2
Betrouwbaarheidsniveau	Nieuwbouw
Referentieperiode	50 jaar
Windsnelheid	111
Ijsgedicht	B
Lijnhoek	180°
Trekparameter	1800m
Veelrigting	400m
Wind span	400m
EDS Weight span	481m

Mast geschikt voor enkelzijdige belegging van circuits

Staatsoort	S3552
Bouwvalmaat	B 8
Maatvoering betreft systeemlijnen	
Principiedetails	Vlgs tekening 10124719-35-2002 002.678.00 0927497
Klimvoorzieningen, bordessen en leuningen	Vlgs tekening 10124719-35-1060 002.678.00 0901940

Revisie	1	25-05-2021	RFA opmerkingen verwerkt
Projectnaam	ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN	Status	DEFINITIEF
Scale	1:100	Datum	21-04-2021
Uitvoerder	DNV	Tekenaar	DMR
Projectnummer	10124719	Wijziging	TB
Projectlocatie	10124719-35-1013		

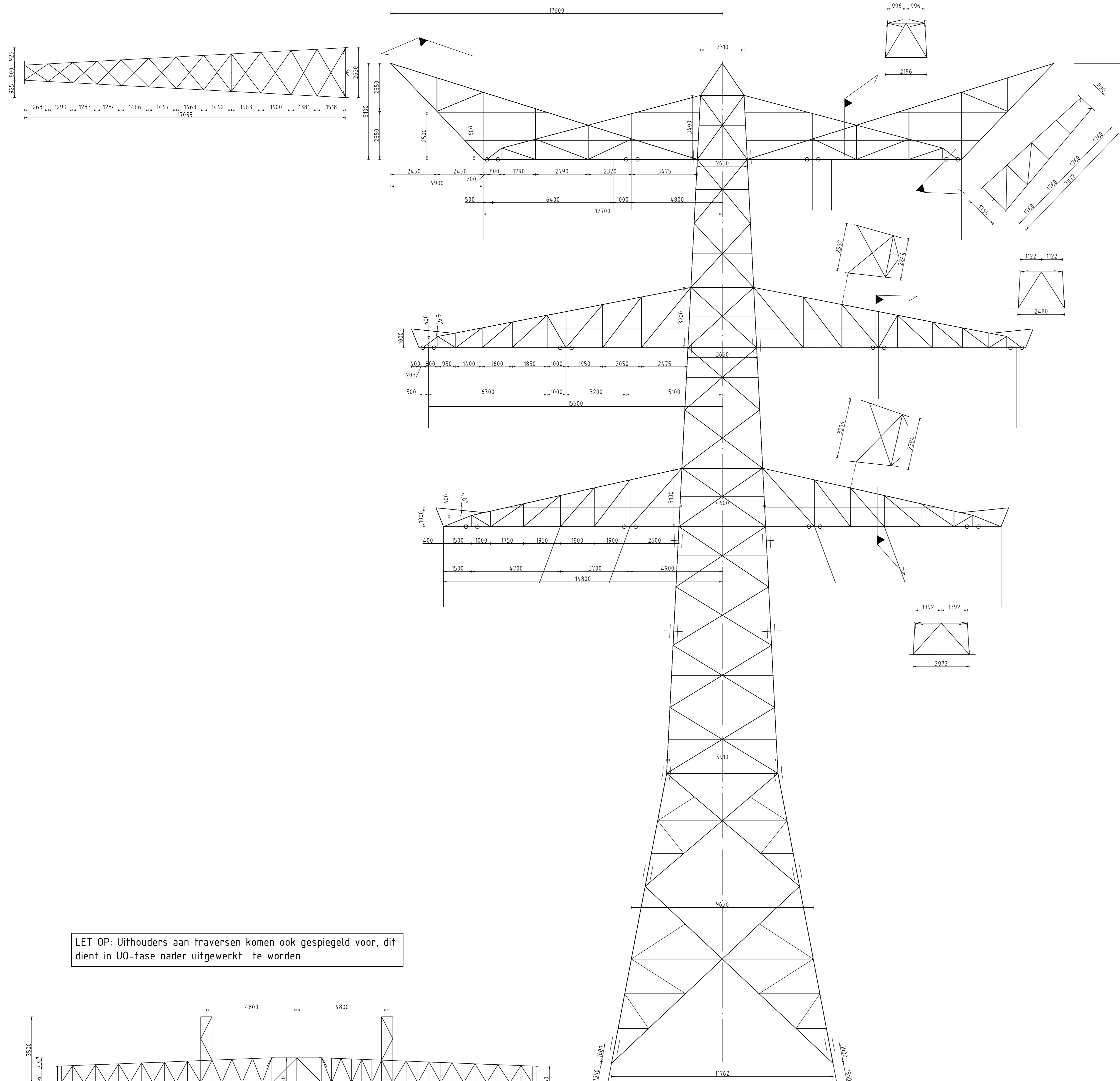
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Geneemd	Datum Revisie	Schaal	Formaat
1			DNV		1:100	A0

Bestand	10124719-35-1060 002.678.00 090916	Titel	
Bestand	10124719-35-2002 002.678.00 0927497	Categorie	
Bestand		Documenttype	
Bestand		Stap	
Bestand		Schik	
Bestand		Ontwerp	
Bestand		Check	
Bestand		Goedgekeurd	

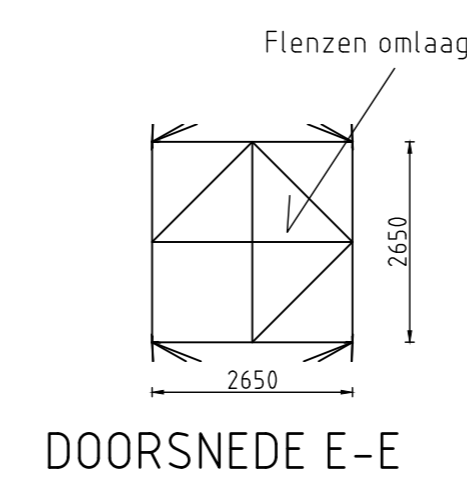
002.678.00 0920282

10124719-35-1013-S+9_s-rev1.dwg

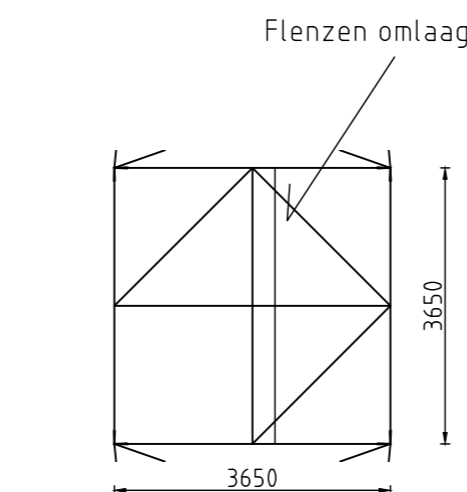
C.16 Mastbeeldtekening



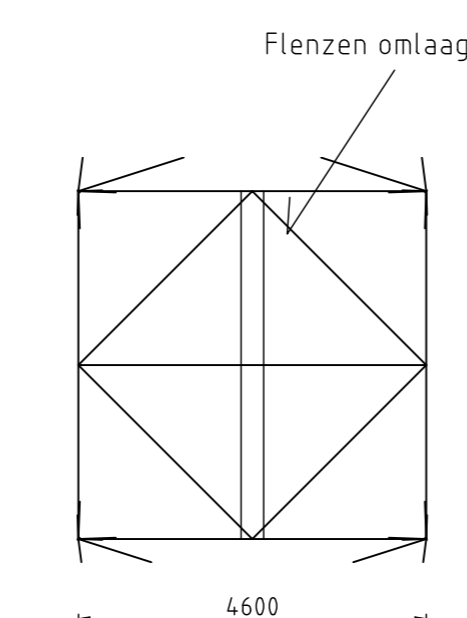
53100+



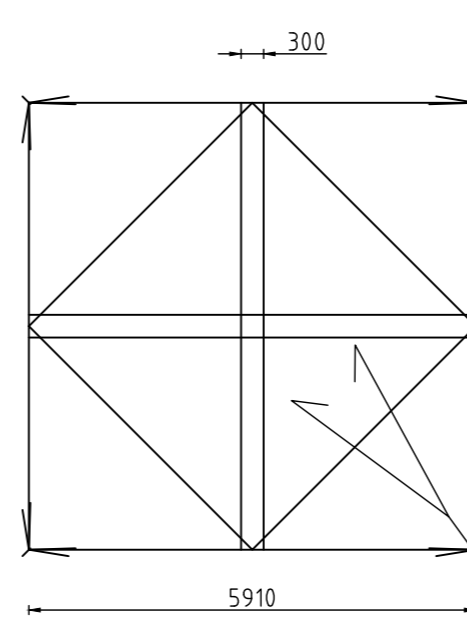
DOORSNEDE E-E



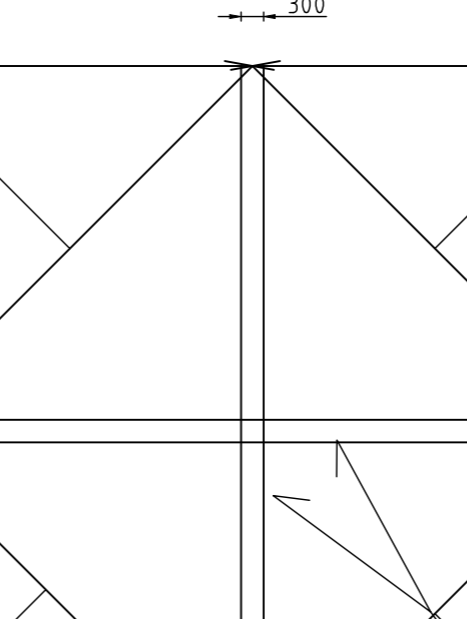
DOORSNEDE D-D



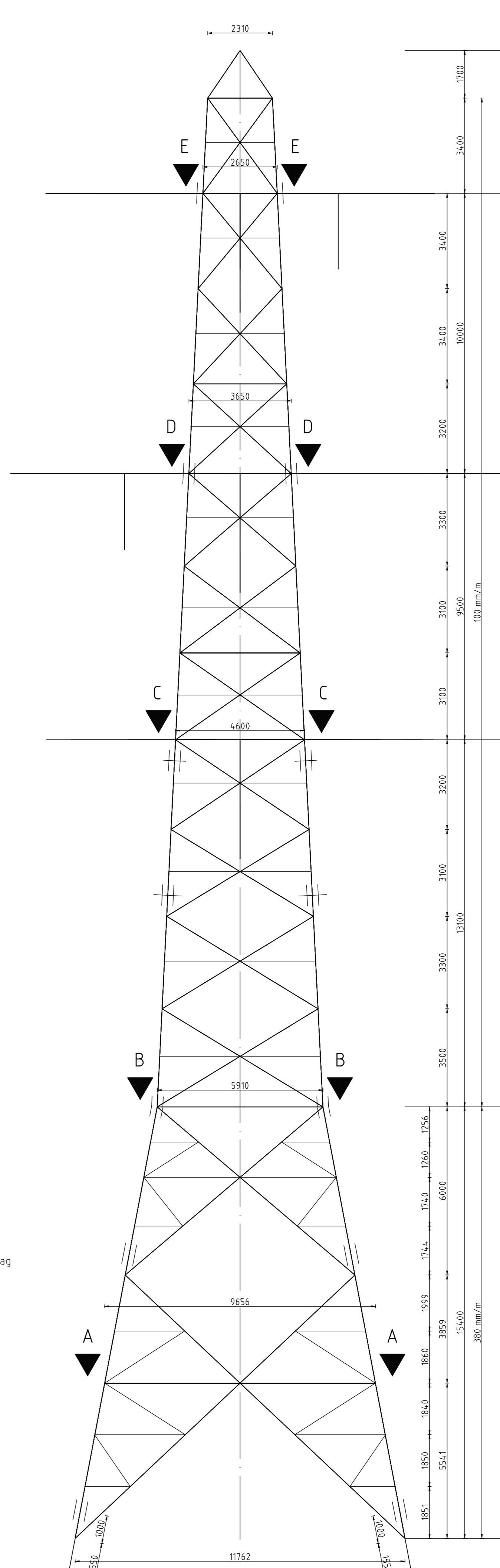
DOORSNEDE C-C



DOORSNEDE B-B



DOORSNEDE A-A



53100+

48000+

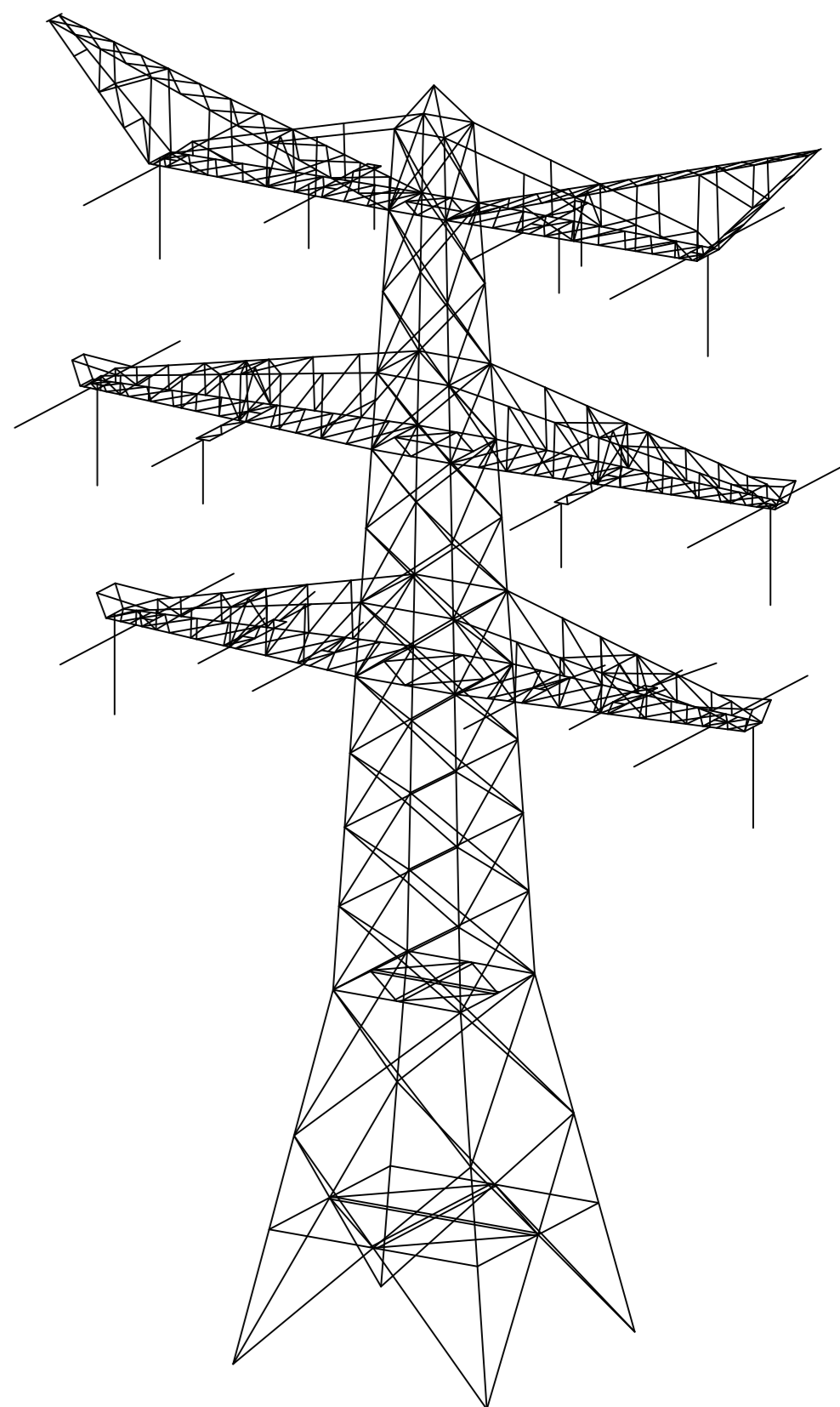
38000+

28500+

15400+

0+

Positie profiel randstijl ten opzichte van schemalijn



3D AANZICHT

LET OP: Uithouders aan traversen komen ook gespiegeld voor, dit dient in U0-fase nader uitgewerkt te worden

VOORVLAK (ALS GETEKEND)
ACHTERVLAK (GESPIEGELD)

Ingestorte randen

BOVEN TRAVERSE (ONDERVLAK)

MIDDEN TRAVERSE (ONDERVLAK)

ONDER TRAVERSE (ONDERVLAK)

Remvooi

Elektrisch	380 kv / 150 kv
Normaal spanningsniveau	1685 (380 kv), 950 kv (150 kv)
Bliksemhuishoudspanning	1050 kv (380 kv)
Schakelhuishoudspanning	
Vervuillingsklasse	0
Fasegeleider 380 kv	4 x AAAC-AL7 620
Fasegeleider 150 kv	2 x AAAC-AL7 620
OPGW	OPGW APL-228/38
Bliksemgeleider	AACSR 24-AL3-39-A205A

Ontwerper volgens uitgangspuntenrapport DNV GL 21-0036, Meridian 002.678.00 0876917
 Mastberekening volgens DNV GL 21-0824, Meridian 002.678.00 0928561

Norm	NEN-EN 50341-2-15:2019
Gevolgklasse	CC2
Betrokkenheidsniveau	Niveau 1
Referentieperiode	50 jaar
Windsnelheid	II
IJsgedebied	B
Lijnhoek	160°
Trekparameter	1800m
Veiligheidsfactor	400m
Wind span	400m
EDS Weight span	481m

Mast geschikt voor enkelzijdige belegging van circuits

Stalasoort	S355J2
Soortveiligheid	B-B
Maatvoering	betreft systeemlijnen
Principedetails	volgens tekening 10124719-35-2004 002.678.00 0927499
Kimvoorzieningen, bordessen en leuningen	volgens tekening 10124719-35-1060 002.678.00 0901940

DATUM: 01-10-2021
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

2	13-4-2021	Deligen XEAL & essentieel L aangepast
1	22-07-2021	RFA opmerkingen verwerkt

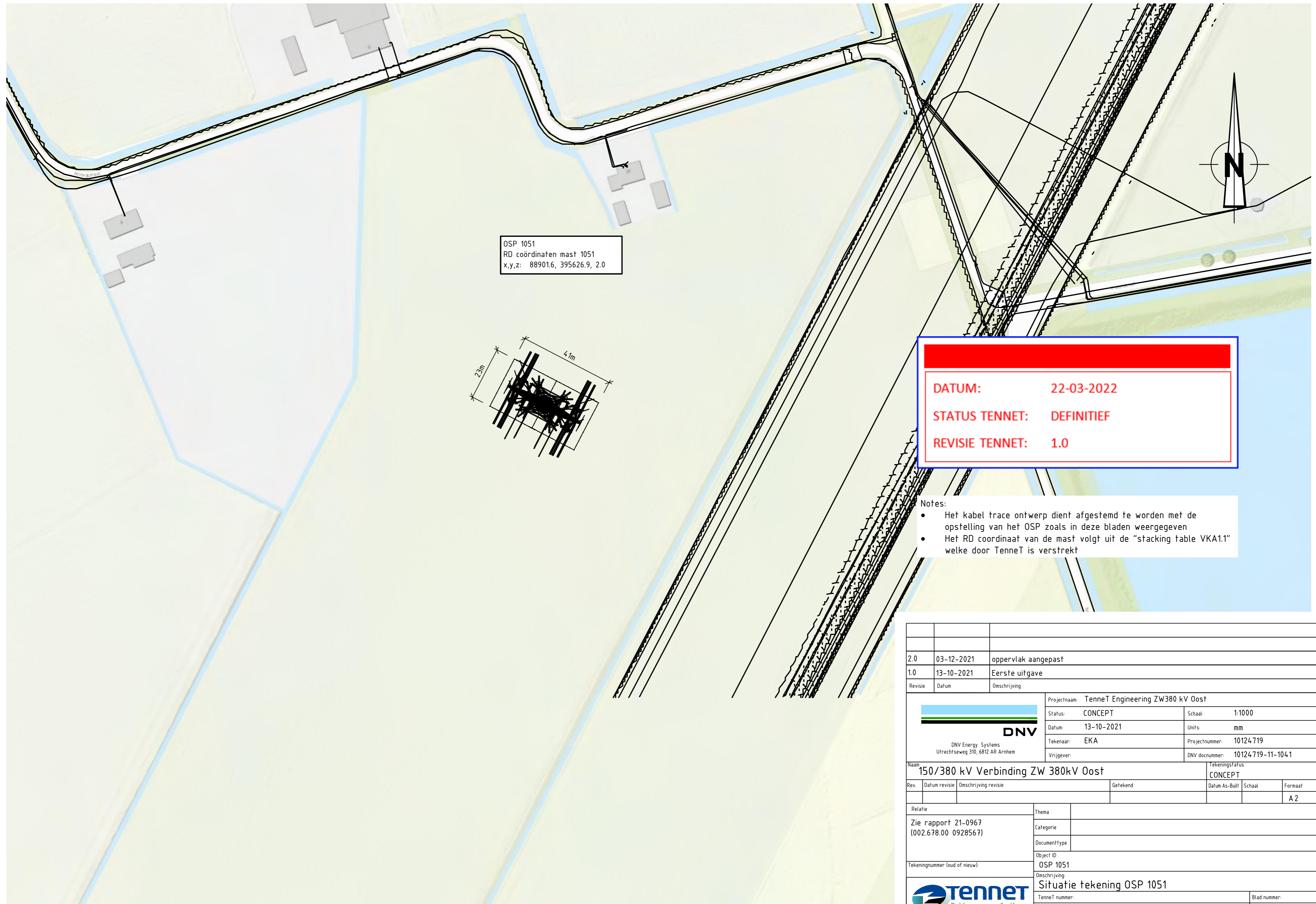
Projectnaam	ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN	Schaal	1:100
Status	CONCEPT	Uitsnede	mb
Datum	31-06-2021	Projectnummer	10124719
Tekenaar	DMS	DNV Document	10124719-35-3164
Vrijgiver	TB		

Rev	Datum revisie	Omschrijving revisie	Geneemd	Datum A-Bev	Schaal	Formaat
1			DNV		1:100	A0

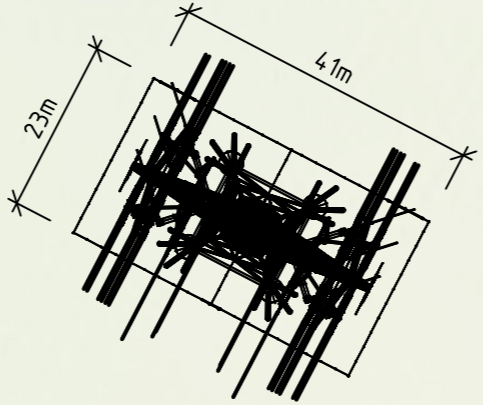
Projectnaam	ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN
Categorie	HA-v/ci
Documenttype	HA-v/ci
Projectnummer	10124719
DNV Document	10124719-35-3164

tennet
 Mastbeeld HA-v/ci
 002.678.00 0927490

C.17 Situatietekening opstijgpunt

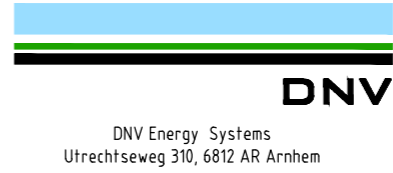


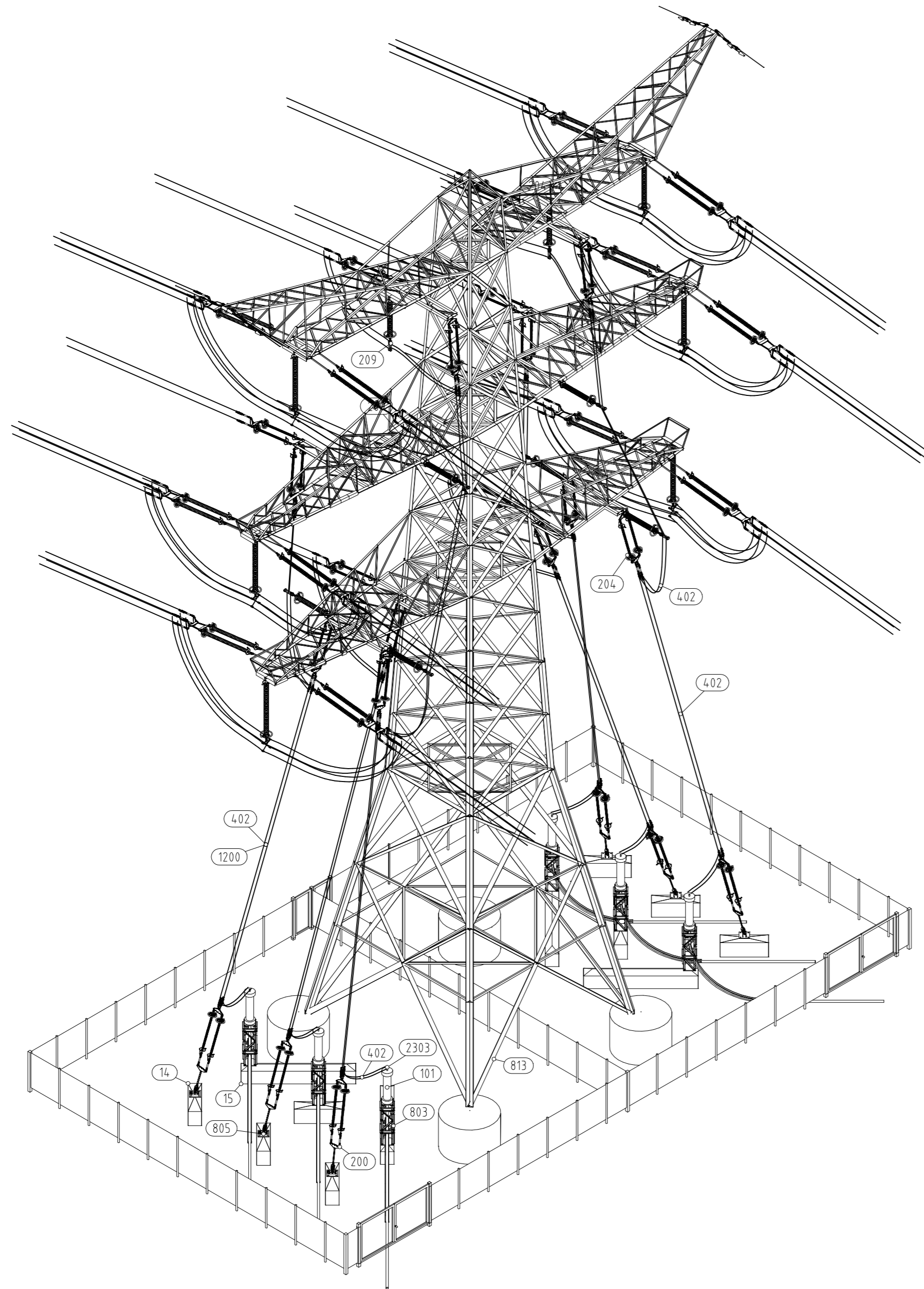
OSP 1051
 RD coördinaten mast 1051
 x,y,z: 88901.6, 395626.9, 2.0



DATUM: 22-03-2022
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

- Notes:
- Het kabel trace ontwerp dient afgestemd te worden met de opstelling van het OSP zoals in deze bladen weergegeven
 - Het RD coördinaat van de mast volgt uit de "stacking table VKA1.1" welke door TenneT is verstrekt

2.0			03-12-2021	oppervlak aangepast				
1.0			13-10-2021	Eerste uitgave				
Revisie	Datum	Omschrijving						
				Projectnaam: TenneT Engineering ZW380 kV Oost Status: CONCEPT Datum: 13-10-2021 Tekenaar: EKA Vrijgever:				
				Schaal: 1:1000		Unifs: mm		
				Projectnummer: 10124.719		DNV docnummer: 10124.719-11-1041		
Naam: 150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost						Tekeningstatus: CONCEPT		
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie		Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat	
							A 2	
Relatie			Thema					
Zie rapport 21-0967 (002.678.00 0928567)			Categorie					
			Documenttype					
Tekeningnummer (oud of nieuw):			Object ID: OSP 1051					
			Omschrijving: Situatie tekening OSP 1051					
			TenneT nummer: 002.678.00 0928570				Blad nummer: 1 van 5	

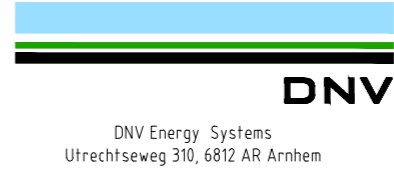


Overzicht met hoofdcomponenten

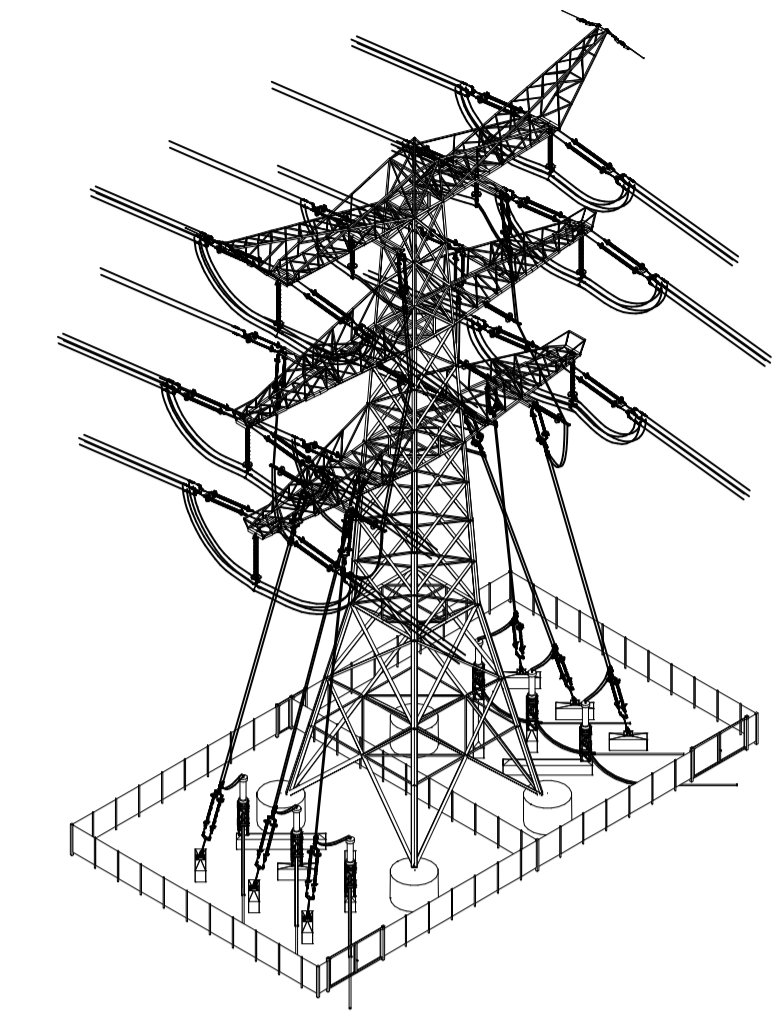
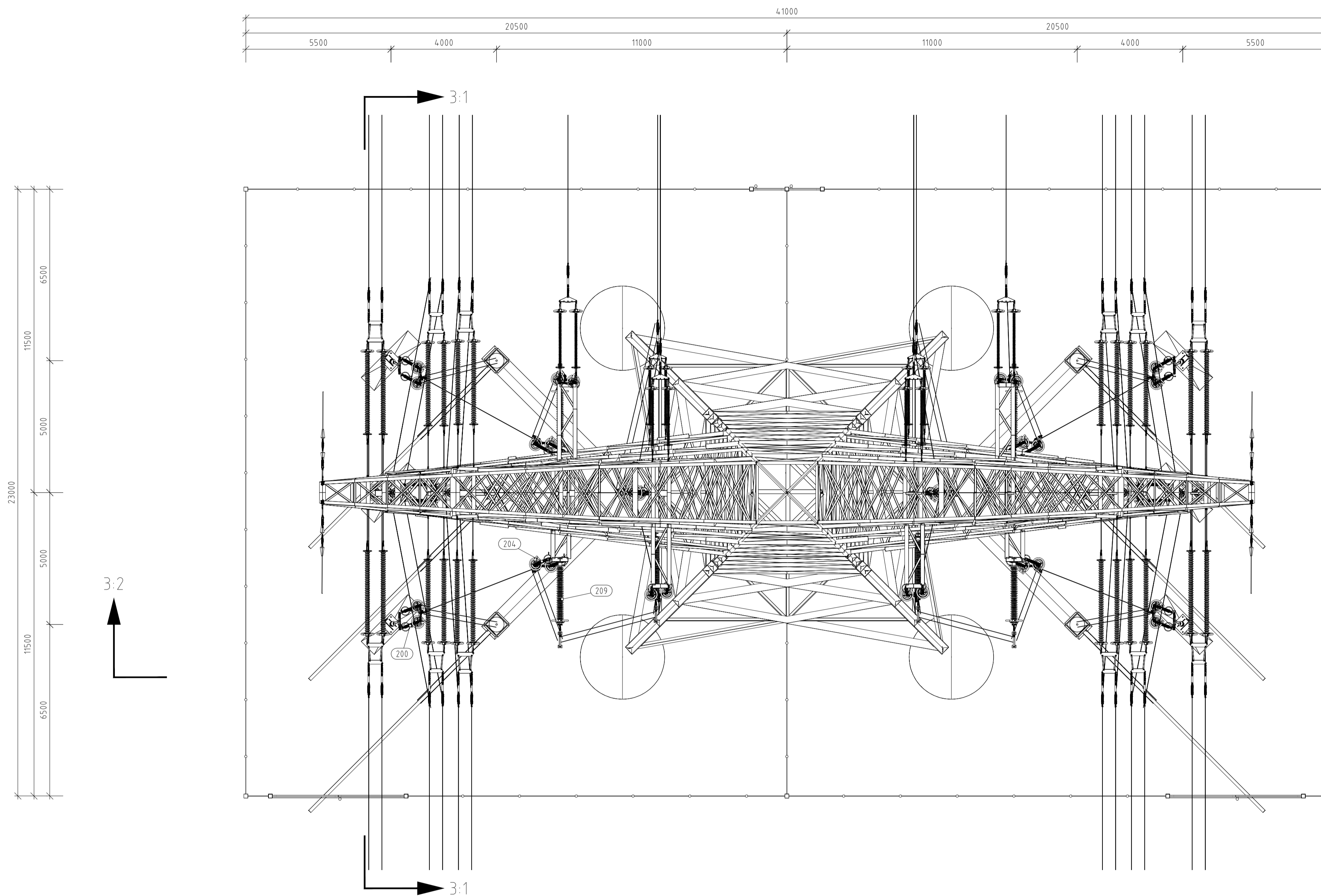
POS	Omschrijving	Id.nr.	Leverancier	Aant.
14	Fundatie Poer 800x1000x2500 (OSA380kV)	002.678.00.0935075 (10124.719-12-1020)	n.t.b.	8
15	Fundatie Poer 700x1000x5900	onbekend	n.t.b.	4
101	150kV Kabeindsluiting	n.t.b.	n.t.b.	6
200	150kV vertical-up strain insulator (opstijgpunten)	002.678.00.0944976 (10124.719-40-1035)	n.t.b.	6
204	150kV vertical insulator (opstijgpunten)	002.678.00.0928621 (10124.719-40-1030)	n.t.b.	10
209	150kV post-insulator	002.678.00.0928613 (10124.719-40-1033)	n.t.b.	8
402	AAAC-AL7 620 mm ²		n.t.b.	
803	Staalwerk KES 150kV	002.678.00.0935072 (10124.719-12-1004)	n.t.b.	6
805	Voetplaat grondafspanning isolatoren op OSP 380/150kV	002.678.00.0935073 (10124.719-12-1105)	n.t.b.	6
813	Mast type HA+0 ci	002.678.00.0927490 (10124.719-35-1040)	Moldau	1
1200	Spacer t.b.v. AAAC-AL7 620mm ² , 2 bundel	Spacer type 2 (150kV)	n.t.b.	18
2303	T-klem t.b.v. AAAC-AL7 620mm ² , 2 bundel	Clamp type 2 (150kV)	n.t.b.	6

Opmerkingen;

- 380kV armaturen zijn niet benoemd, en vallen onder geleidermontage
- 150kV afspanning t.b.v. verbinding zijn niet benoemd, en vallen onder geleidermontage

Revisie	Datum	Omschrijving				
2.0	26-11-2021	oppervlak aangepast				
1.0	13-10-2021	Eerste uitgave				
			Projectnaam: TenneT Engineering ZW380 kV Oost Status: CONCEPT Datum: 13-10-2021 Tekenaar: EKA Vrijgever:			
			Schaal: 1:100		Units: mm	
			Projectnummer: 10124.719		DNV docnummer: 10124.719-11-1041	
Naam: 150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost			Tekeningstatus: CONCEPT			
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Buit	Schaal	Formaat
						A 2
Relatie: Zie rapport 21-0967 (002.678.00.0928567)			Thema:			
			Categorie:			
			Documenttype:			
Tekeningnummer (oud of nieuw):			Object ID: OSP 1051			
			Omschrijving: 3D aanzicht OSP 1051			
			TenneT nummer: 002.678.00.0935057			Blad nummer: 2 van 5

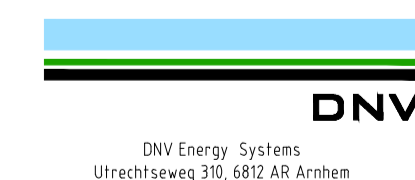



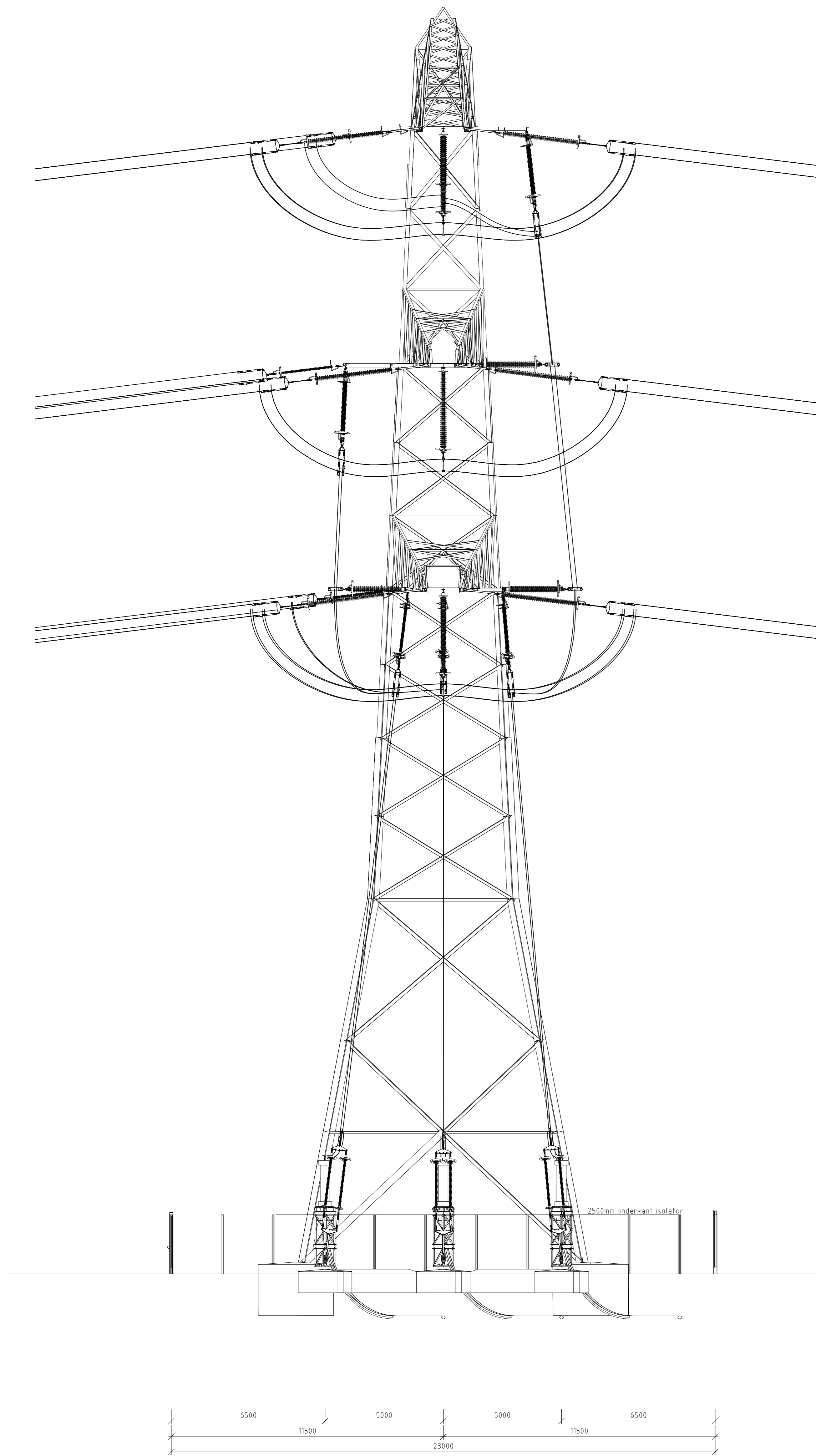


3D aanzicht
Schaal 1:500

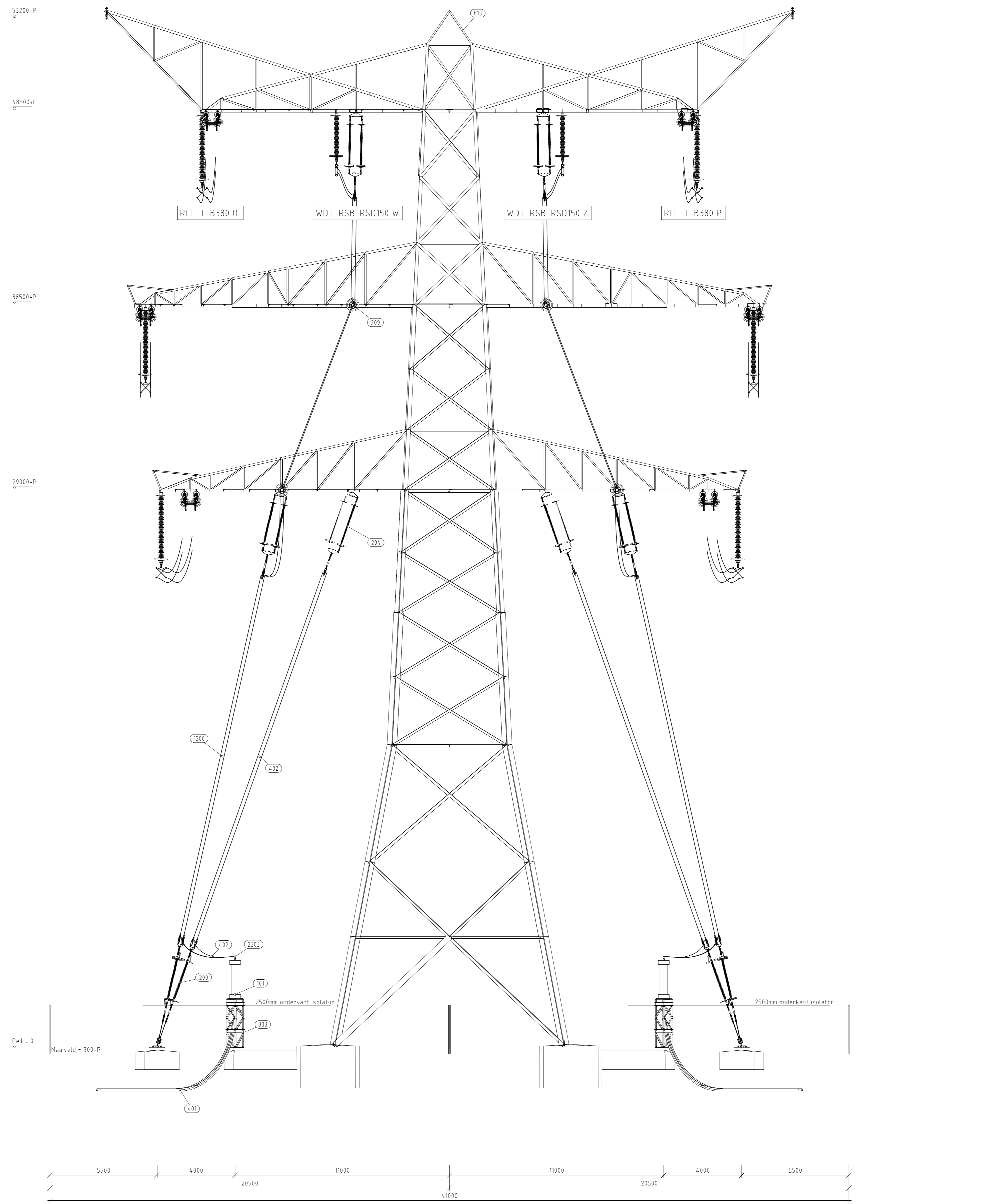
Overzicht van hoofd elementen t.b.v OSP			
Pos	Omschrijving	Id.nr.	Leverancier
101	150kV Kabeindsluiting	n.t.b.	n.t.b.
200	150kV vertical-up strain insulator (opstijgpunten)	002.678.00.094.4976 (10124.719-4.0-1035)	n.t.b.
204	150kV vertical insulator (opstijgpunten)	002.678.00.0928621 (10124.719-4.0-1030)	n.t.b.
209	150kV post-insulator	002.678.00.0928613 (10124.719-4.0-1033)	n.t.b.
803	Staalwerk KES 150kV	002.678.00.0935072 (10124.719-12-1004)	n.t.b.

- Opmerking:
 1) Voor de aanzichten zie blad 3
 2) Voor de civiele installatie zie blad 4

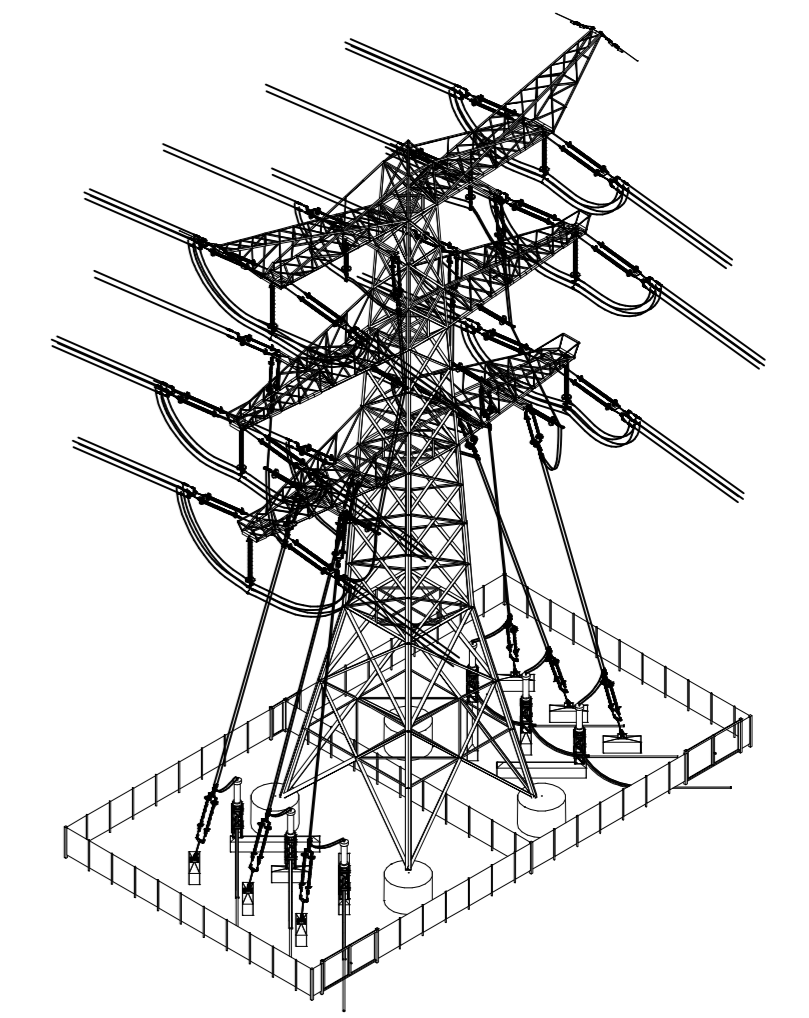
2.0	26-11-2021	oppelvlak aangepast			
1.0	13-10-2021	Concept versie			
Revisie	Datum	Omschrijving			
			Projectnaam: TenneT Engineering ZW380 kV Oost Status: CONCEPT Datum: 13-10-2021 Tekenaar: EKA Vrijgever:		
			Schaal: 1:100 Units: mm Projectnummer: 10124.719 DNV document: 10124.719-11-104.1		
Naam: 150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost			Tekeningstafus: CONCEPT		
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Gefokend	Datum As-Built	Schaal
					A 1
Relatie Zie rapport 21-0967 (002.678.00.0928567)		Thema Categorie Documenttype Object ID: OSP 1051 Omschrijving: Bovenaanzicht primaire installatie OSP 1051			
Tekennummer (oud of nieuw)		TeneT nummer: 002.678.00.0935057			
		Blad nummer: 3 van 5			



Doorsnede 3.1



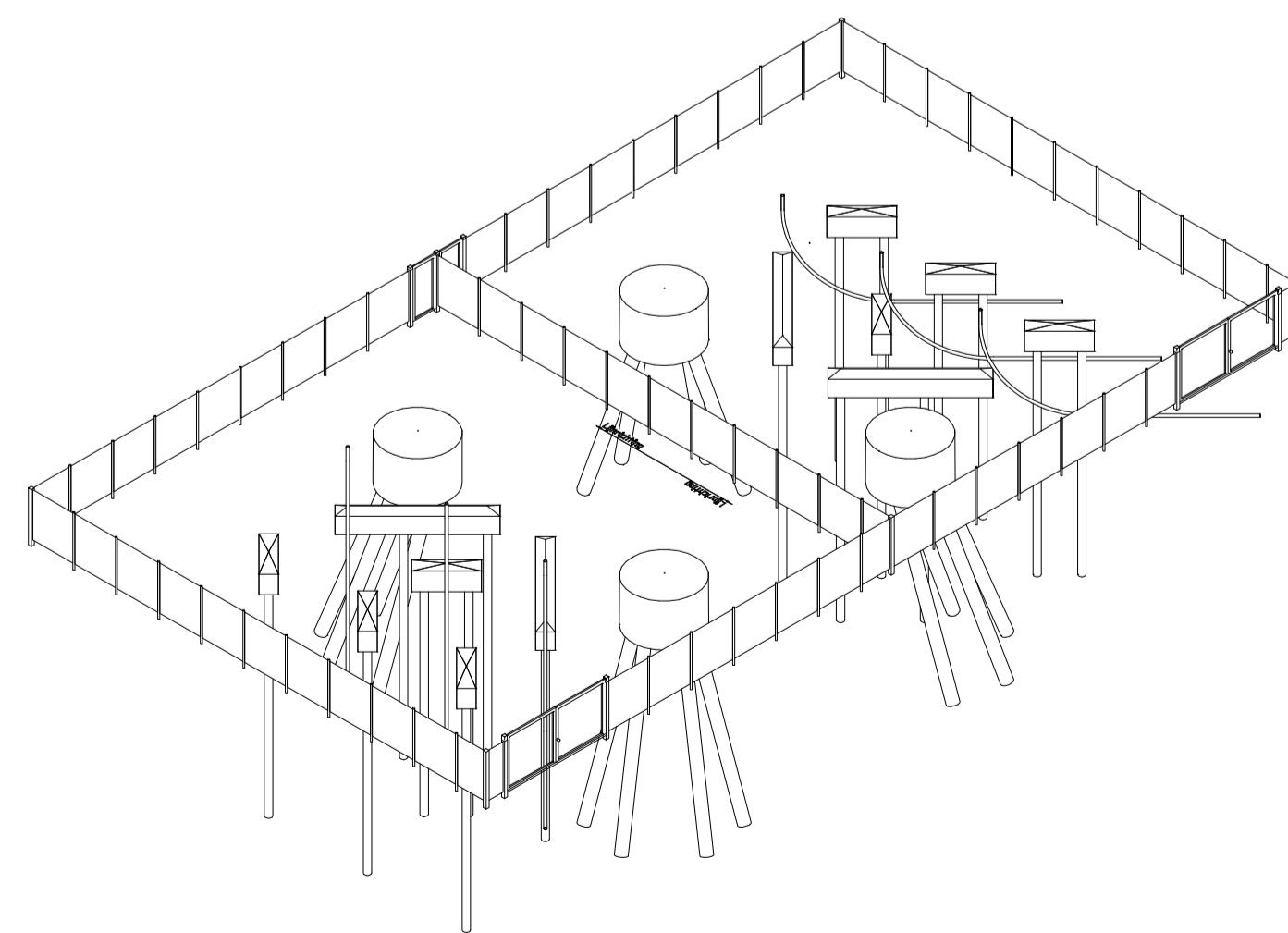
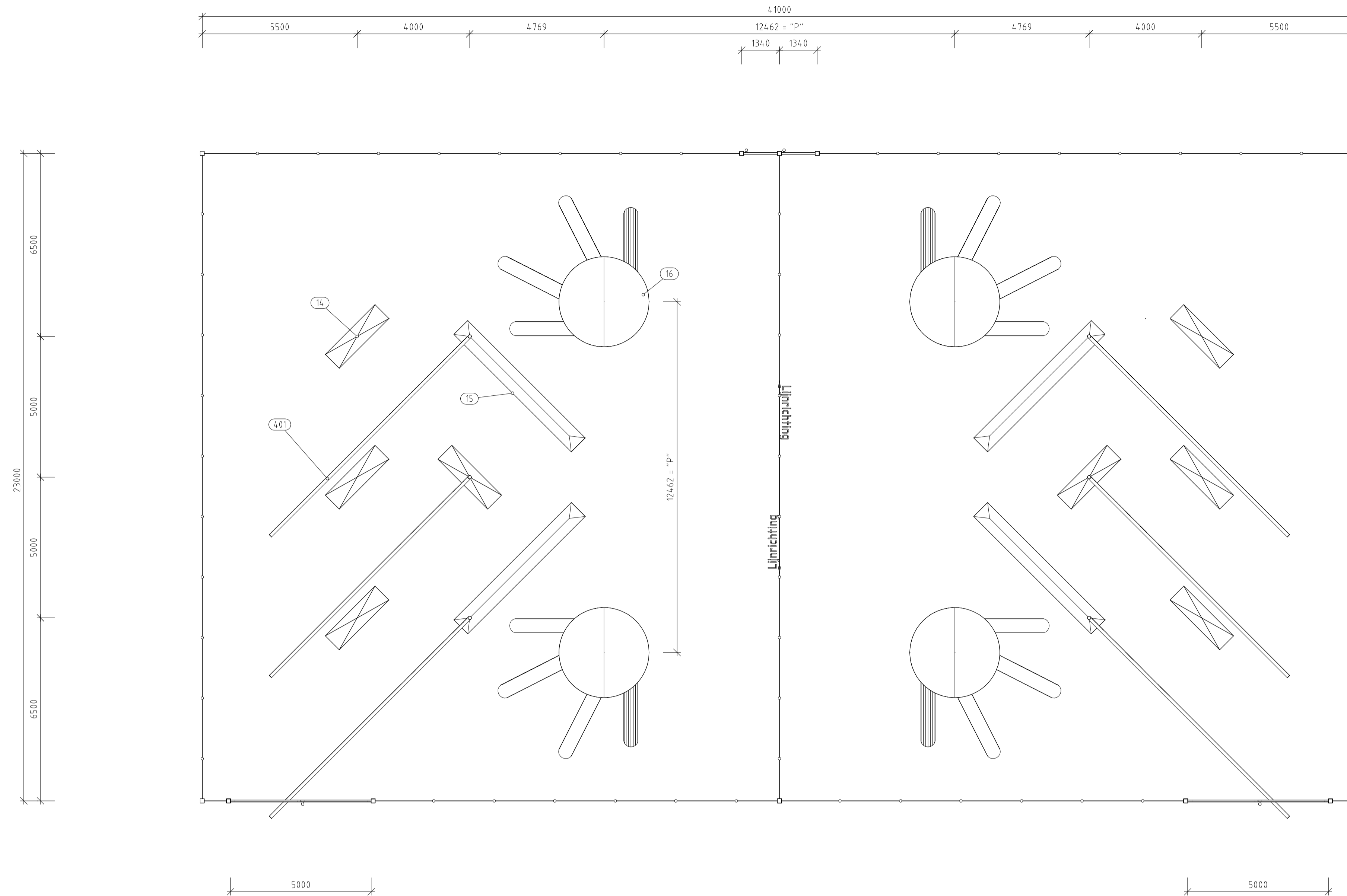
Doorsnede 3.2



3D aanzicht
Schaal 1:500

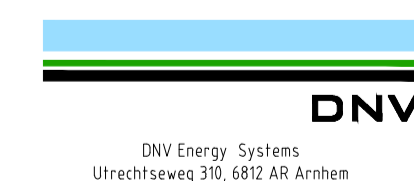

Overzicht van hoofd elementen t.b.v. OSP			
Pos	Omschrijving	Id nr.	Leverancier
101	150kV Kabelendsluiting	n.t.b.	n.t.b.
200	150kV verticaal-up straan insulator (opstijppunten)	002.678.00.0944976 10124719-40-10351	n.t.b.
204	150kV verticaal insulator (opstijppunten)	002.678.00.0928637 10124719-40-10301	n.t.b.
209	150kV post-insulator	002.678.00.0928613 10124719-40-10331	n.t.b.
401	150kV kabel	n.t.b.	n.t.b.
402	AAAC-ALT 620 mm²	n.t.b.	n.t.b.
803	Staalwerk KES 150kV	002.678.00.0935072 10124719-02-10143	n.t.b.
813	Mast type HA-0 ci	002.678.00.0927490 10124719-35-10101	Moldau
1200	Spacer t.b.v. AAAC-ALT 620mm², 2 bundel	Spacer type 2 (150kV)	n.t.b.
2303	T-klem t.b.v. AAAC-ALT 620mm², 2 bundel	(Lamp type 2 (150kV))	n.t.b.

Revisie	Datum	Omschrijving	Projectnaam	TenneT Engineering ZW380 kV Oost
00	26-11-2021	opgevat/ aangepast	Status	CONCEPT
01	13-10-2021	Concept versie	Datum	13-10-2021
			Schaal	1:100
			Unit	mm
			Tekenaar	EKA
			Projectnummer	10124719
			DWG nummer	10124719-11-101.1
			Projecttype	CONCEPT
Naam: 150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost				
Rev.	Datum/revise	Omschrijving/revise	Getekend	Datum Na-Best.
				Formaat
				A 0
Bladz. 4 Van 5 Zie rapport 21-067 (002.678.00.0938547)		Tekst Categorie Documenttype Object ID OSP-1051		
Aanspreekpunt: local of nieuw		Omschrijving Zijaanzichten primaire installatie OSP 1051		
002.678.00.0935057		Bladnummer 4 van 5		

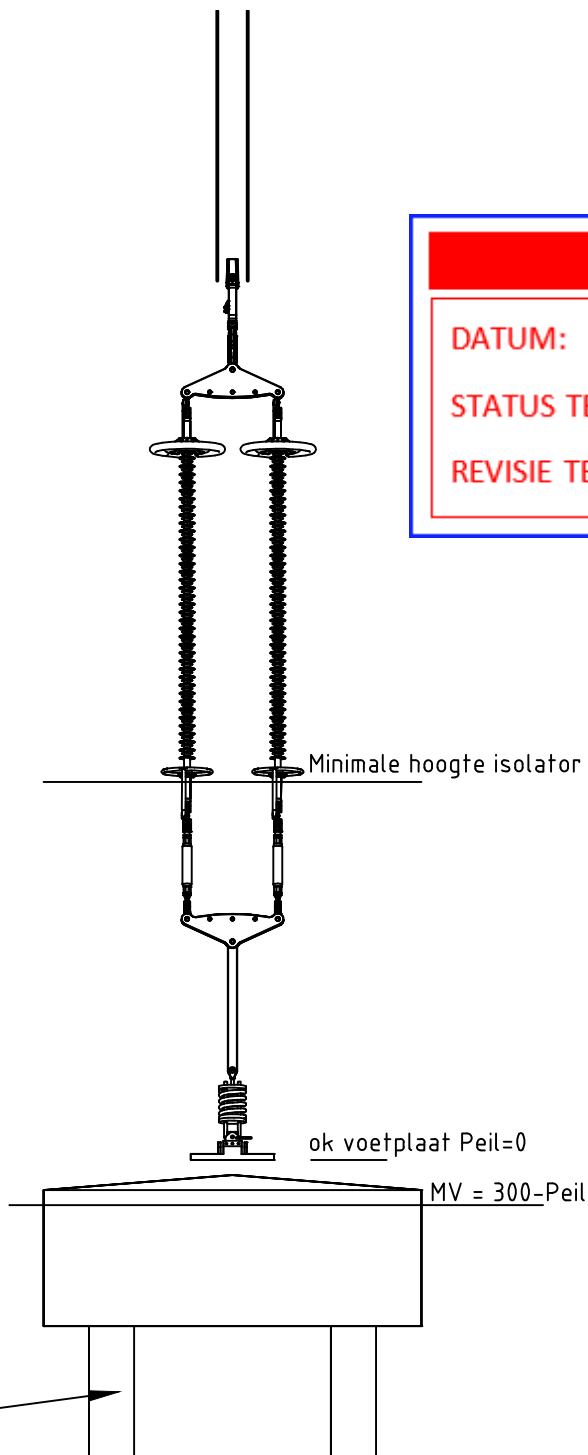
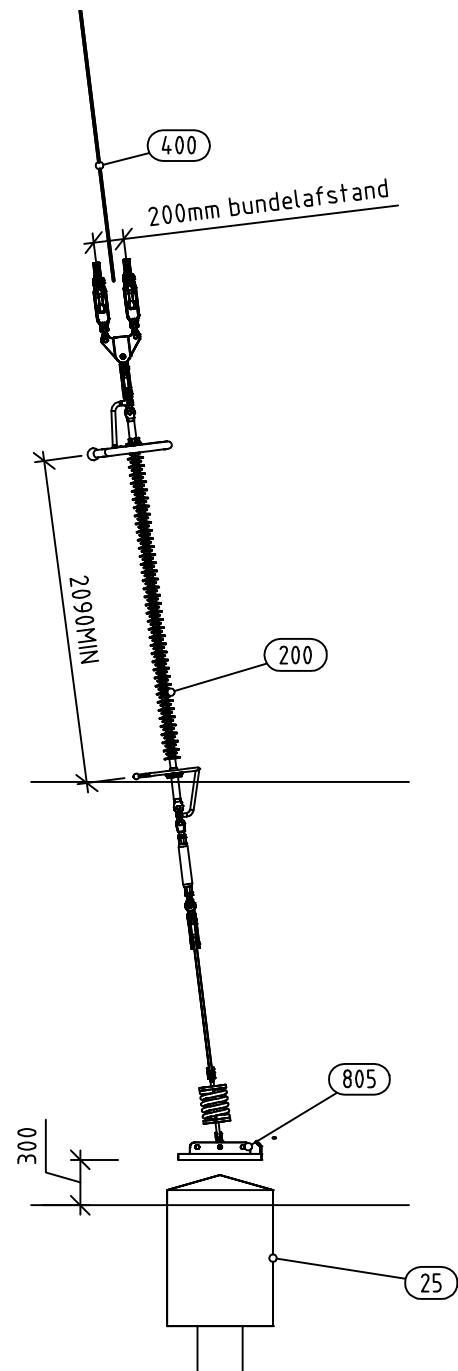


3D aanzicht
Schaal 1:250

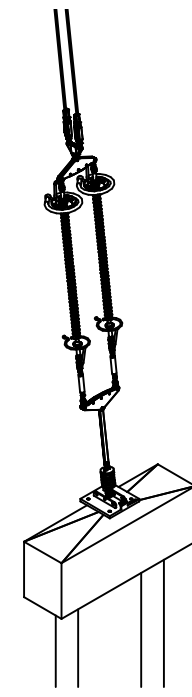
Overzicht van hoofd elementen t.b.v OSP			
Pos	Omschrijving	Id.nr.	Leverancier
14	Fundatie Poer 700x1000x2500	002.678.00.09034.75 (10124.719-032-1005)	n.t.b.
15	Fundatie Poer 700x1000x5900	002.678.00.09034.75 (10124.719-032-1005)	n.t.b.
16	4-paals poer (Masttype HA-0/ci)	002.678.00.09034.75 (10124.719-032-1005)	n.t.b.
4.01	150kV kabel		n.t.b.

2.0	26-11-2021	oppervlak aangepast			
1.0	13-10-2021	Concept			
Revisie	Datum	Omschrijving			
			Projectnaam: TenneT Engineering ZW380 kV Oost Status: CONCEPT Datum: 13-10-2021 Tekenaar: EKA Vrijgever:		
Naam: 150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost			Schaal: 1:100 Units: m/m Projectnummer: 10124.719 DNV documentnummer: 10124.719-11-104.1		
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Built	Schaal
					A 1
Relatie: Zie rapport 21-0967 (002.678.00.0928567)		Thema: Categorie: Documenttype: Object ID: OSP 1051			
Tekennummer (oud of nieuw):		Omschrijving: Bovenaanzicht civiele installatie OSP 1051			
			Tennaalnummer: 0002.678.00.0935057 Bladnummer: 5 van 5		

C.18 Opstellingstekening grondafspanning



DATUM: 11-11-2021
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

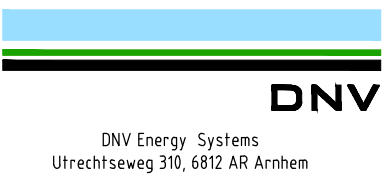


Voor de afmetingen palen geldt dat deze locatie specifiek zijn en door de uitvoerende aannemer bepaald moet worden

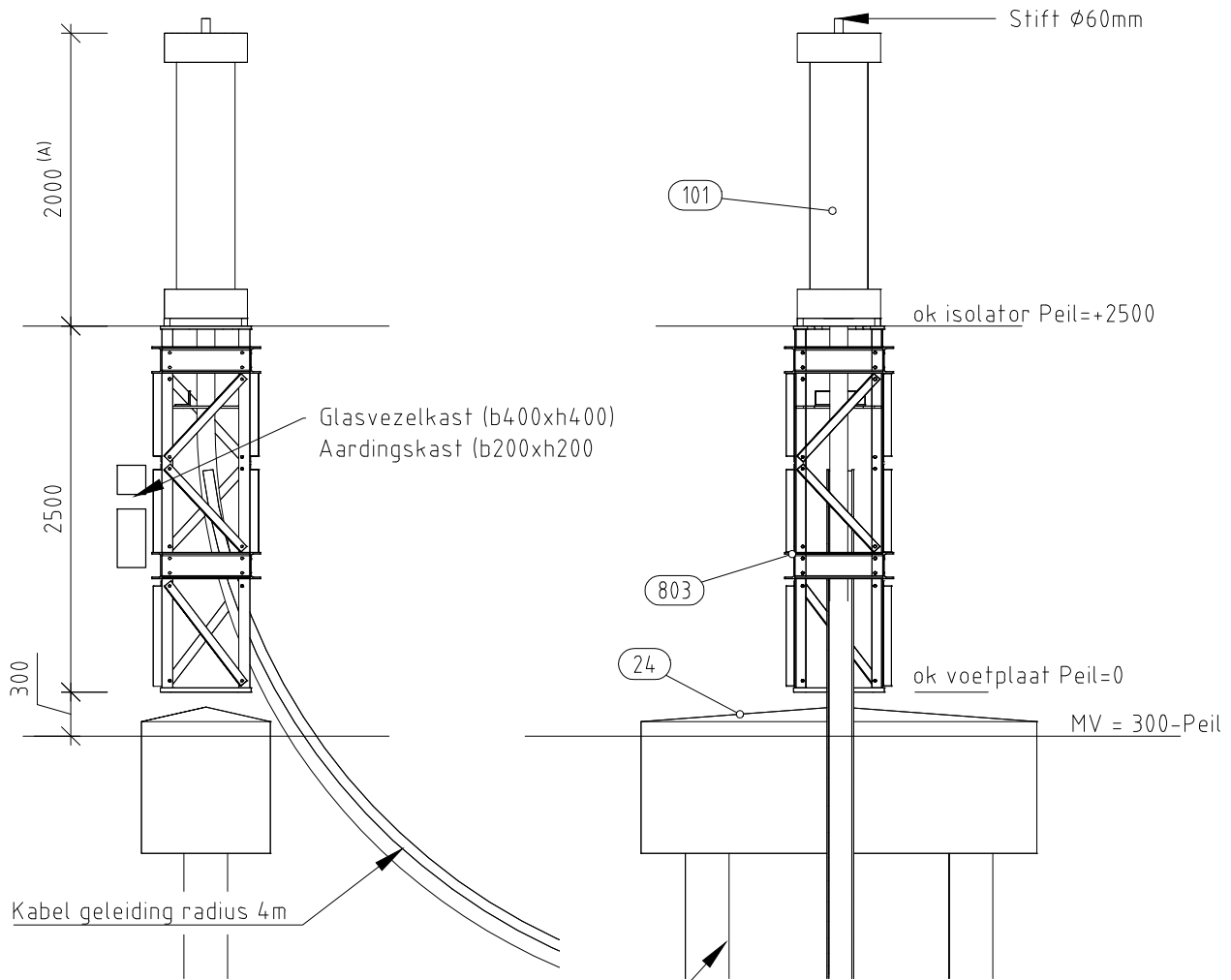
Notes:

- Voor POS 25 geldt dat dit de standaard uitvoering betaamd en locatie specifiek kan afwijken.

Overzicht met hoofdcomponenten				
POS	Omschrijving	Id.nr.	Leverancier	Ant.
25	Fundatie Poer 800x1000x2500 (VPL150/380kV)	002.678.00 0935080 (10124719-12-10235)	n.t.b.	1
200	150kV vertical-up strain insulator (opstijgpunten)	002.678.00 0944976 (10124719-40-1035)	n.t.b.	1
400	undefined wire			2
805	Voetplaat grondafspanning isolatoren op OSP 380/150kV	002.678.00 0935073 (10124719-12-1105)	n.t.b.	1

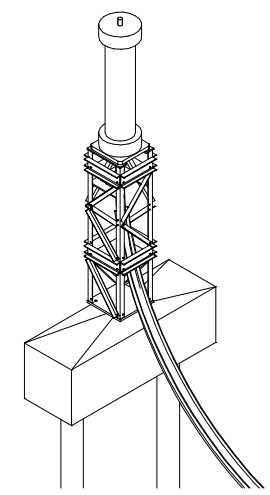
2.0	27-10-2021	RFA commentaar 0963139 verwerkt				
1.0	12-10-2021	Concept versie				
Revisie	Datum	Omschrijving				
 DNV Energy Systems Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem			Projectnaam: TenneT Engineering ZW380 kV Oost Status: DEFINITIEF Datum: 27-10-2021 Tekenaar: EKA Vrijgever:			
			Schaal: 1:50	Units: mm	Projectnummer: 10124719	DNV docnummer: 10124719-13-1002
Naam: 150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost Tekeningsstatus: DEFINITIEF						
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat
						A3
Relatie			Thema			
			Categorie			
			Documenttype			
			Object ID	OSP Locaties		
Tekeningsnummer (oud of nieuw):			Omschrijving: Opstellings tekening grondafspanning 150kV			
			TenneT nummer:	Blad nummer:		
			002.678.00 0928581	1		van: 1

C.19 Opstellingstekening KES



Voor de afmetingen palen geldt dat deze locatie specifiek zijn en door de uitvoerende aannemer bepaald moet worden

DATUM: 11-11-2021
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0



Notes:

- (A) maatvoering opgegeven door TenneT
- Voor POS 24 geldt dat dit de standaard uitvoering betaamd en locatie specifiek kan afwijken.
- Voor kasten geldt dat er maximaal 2 per ondersteuning geplaatst kunnen worden afmeting dienen afgestemd te worden met de leverancier. Per fase kan dient bepaald te worden welke kasten van toepassing zijn

Revisie	Datum	Omschrijving
2.0	25-10-2021	RFA commentaar 0960291 verwerkt
1.0	12-10-2021	Concept versie

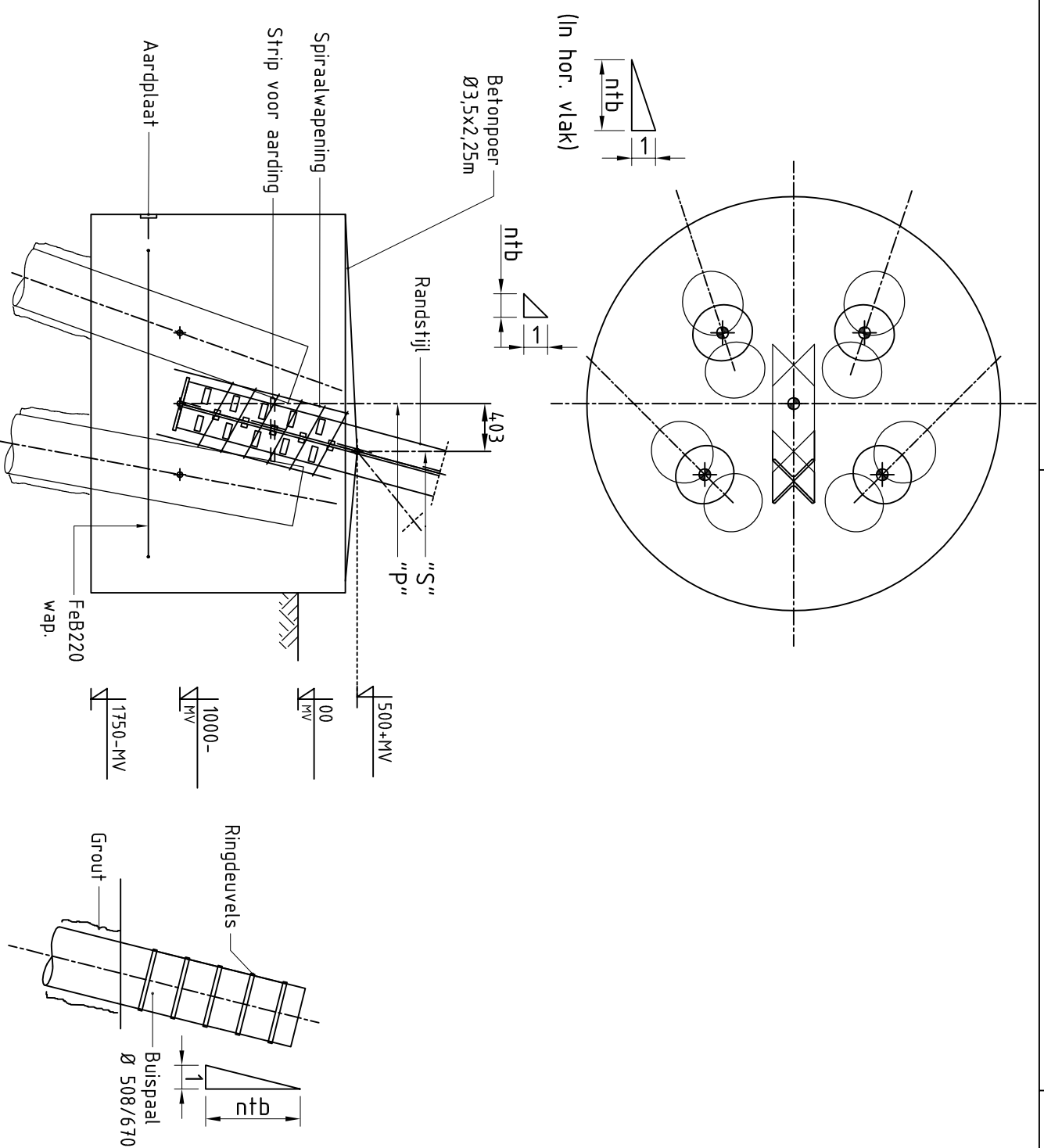
 DNV Energy Systems Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem	Projectnaam: TenneT Engineering ZW380 kV Oost	
	Status: DEFINTIEF	Schaal: 1:50
	Datum: 25-10-2021	Units: mm
	Tekenaar: EKA	Projectnummer: 10124719
Vrijgever:	DNV docnummer: 10124719-13-1004	

Naam: 150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost			Tekeningstatus: DEFINITIEF			
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat
						A3

Relatie	Thema				
Zie rapport 21-0967 (002.678.00 0928567)	Categorie				
	Documenttype				
	Object ID	OSP algemeen			
Tekeningnummer (oud of nieuw):	Omschrijving:	Opstellings tekening KES 150kV			
	TenneT nummer:	002.678.00 0928584			Blad nummer:
					1 van: 1

Hoofdcomponenten				
POS	Omschrijving	Id.nr.	Leverancier	Ant.
24	Fundatie Poer 880x1000x2500 (KES150kV)	002.678.00 0935079 (10124719-12-1024)	n.t.b.	1
101	150kV Kabeleindsluiting	n.t.b.	n.t.b.	1
803	Staalwerk KES 150kV	002.678.00 0935072 (10124719-12-1004)	n.t.b.	1

C.20 Fundatietekening



MASTTYPE	MASTNR:	Pootsprei "S"
EA-3/co	1025	11,602
EA-3/so	1014	10,999
EB+0/s	1205	11,275
EB-3/s	1001	10,999
HA+0/ci	1051, 1066, 1098, 1099, 114,7, 1153, 1167, 1168, 1204	11,762
HA+3/c	1094, 1095	12,902
HA+3/ca	1114	12,902
HC+0/c	1131, 1133, 1159, 1187	11,762
WA+0/c	1033, 1105, 1111	11,762
WB+0/c	1118	11,762

UITGANGSPUNTEN
 Betonsterkteklasse C30/37
 Milieuklasse XC4/XF3
 Wapeningstaal B500B, B220
 Staalkwaliteit S355J2H
 Gevolgklasse C2
 Ontwerp levensduur 100 jaar

Aarding:
 - Koppelstrip lassen tussen randstijl en wand stalen buispaal
 - In poer aardnet oplossen van zachtstralen wapening, verbinden met wapeningskorf, randstijl, palen en aardplaat.
 - Aardplaat oplossen in poer.

STATUS TENDENTIEF

REVISIE TENNET: 1.0

STATUS TENDENTIEF: DEFINITIEF

REVISIE TENDENTIEF: 1.0

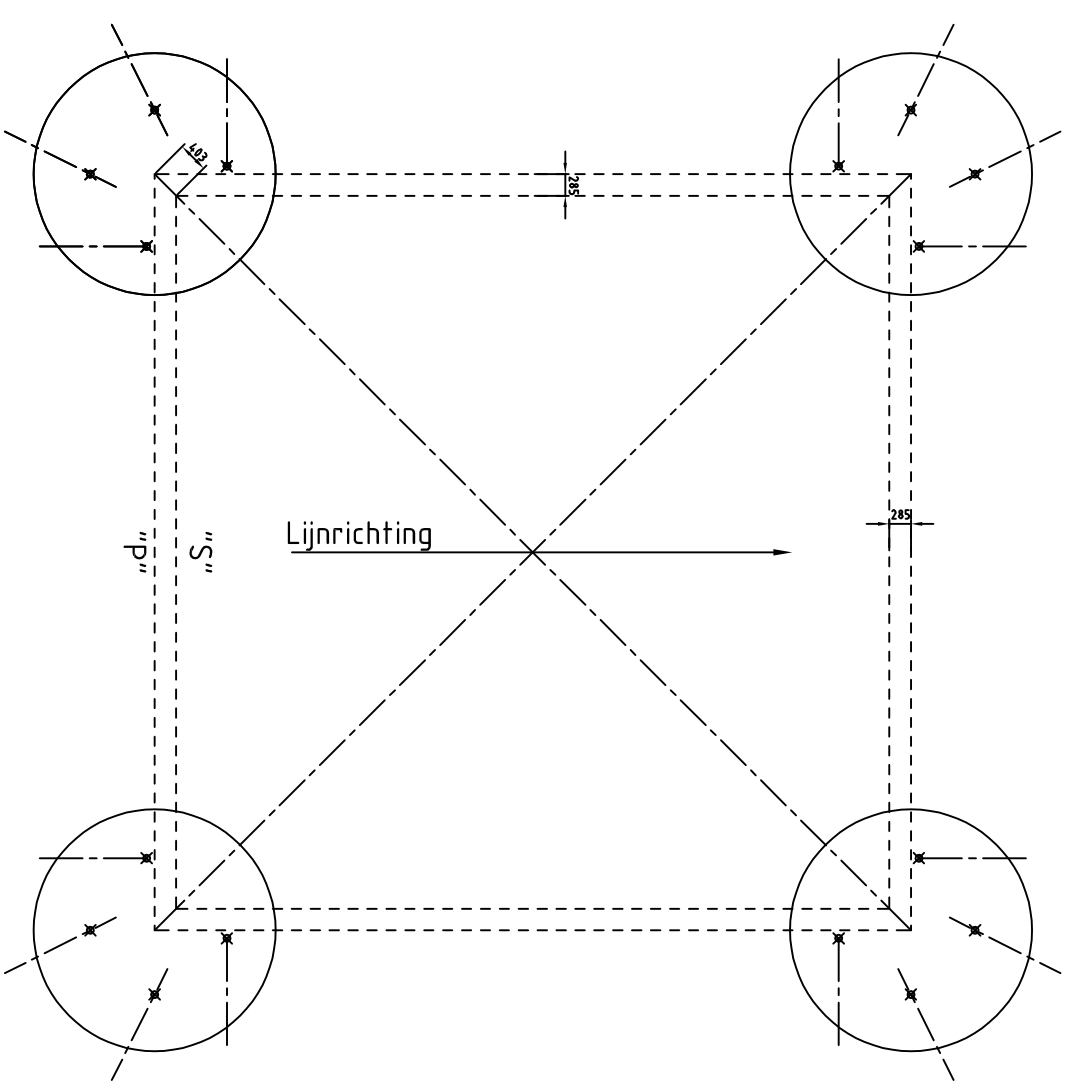
STATUS TENDENTIEF: DEFINITIEF

REVISIE TENDENTIEF: 1.0

DO-RAPPORTAGE
 002.678.00 0876917 21-0036 DNV Uitgangspunten DO Moldavasten
 002.678.00 0950632 21-1250 DNV Rapportage fundatie hoekmasten

Alternatief voor de schroefinjectie-paal zijn de volgende paaltypes toeepasbaar:
 Vibro-paal S57/610
 FGI-paal 54,0/660

DO-FASE
 Aftmetingen indicatief in DO-fase
 Paalafmeting definitief in UO-fase
 Paalpuntniveau definitief in UO-fase
 Paallengte en paaltipe afhankelijk van sonderingen en locatie



Rev.	Datum	omschrijving
3	14-06-2022	Mastnrs. VKA2.0, bemating aangepast
2	16-12-2021	Mastnrs aangepast
1	15-11-2021	RFA opmerkingen verwerkt

DNV
 DNV Energy Systems
 Utrechtseweg 310, 6817 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11

Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN
Status: DEFINITIEF
Datum: 15-10-2021
Tekenaar: DMR
Vrijgever: TBR

Schaal: 1:30
Units: mm
Projectnummer: 10124719
DNV document: 10124719-32-1004

Rev.	Datum	omschrijving	Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat
					1:30	A3

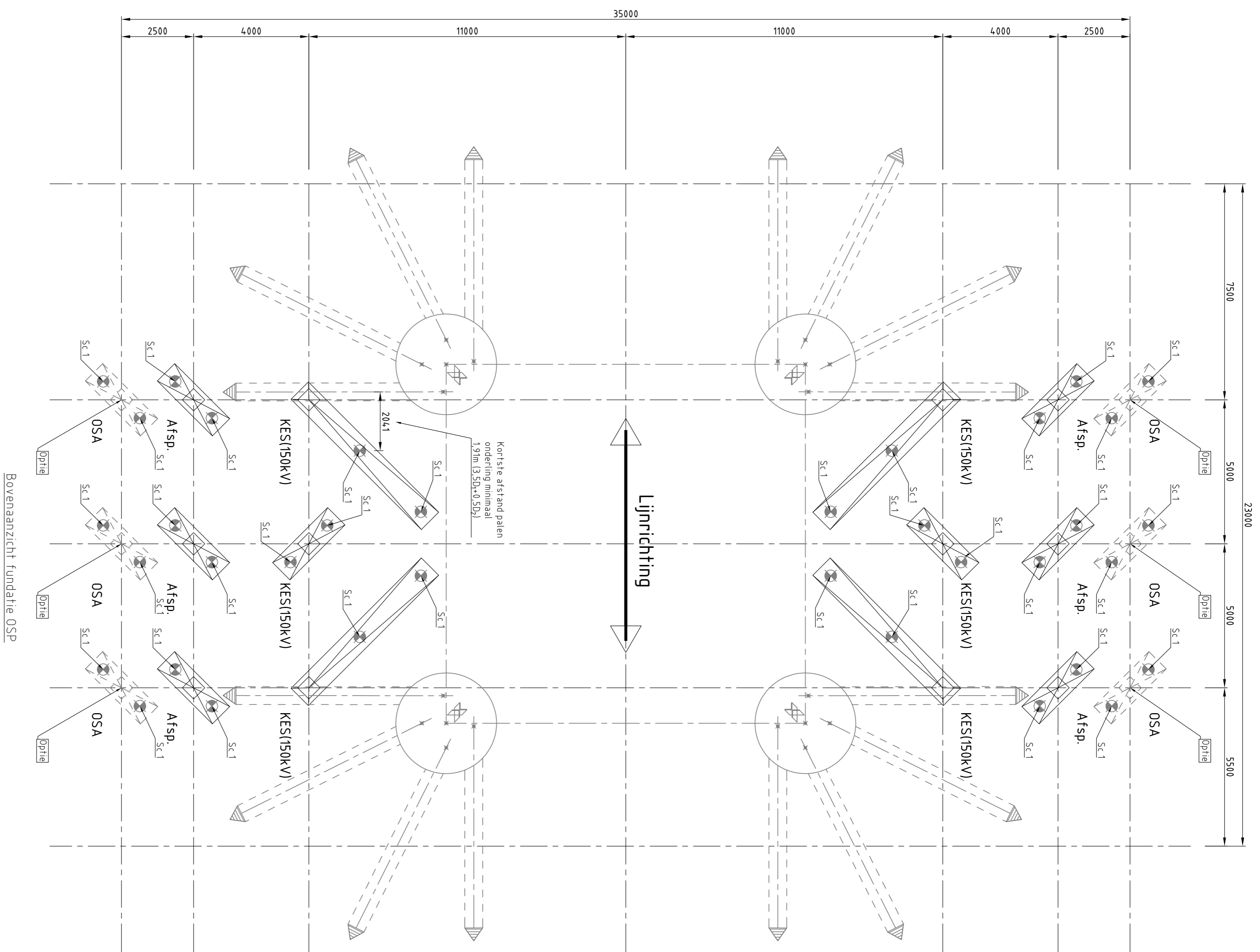
Relatie	Thema	Categorie	Documenttype	Object ID
				Hoekmasten Moldau

Tekeningnummer (oud of nieuw):

Omschrijving: Fundatietekening vierpaalsfundering hoekmast Moldavasten
Tennet nummer: 002.678.00 0928598



C.21 Fundatietekening opstijgpunt overall



Mastrn.	Masttype	Paalttype	Aantal	Paallengte (m)	b.k. paal t.o.v. N.A.P.(m)	M.V. t.o.v. N.A.P.(m)	PPN paal t.o.v. N.A.P.(m)	Schoorstand	Staalwaaiflief
1051	HA-0/G	Si-paal Ø323/425 (Sc 1)	36	11,99	+1,99	+1,99	-13,0	Nee	S355
1052	HA-0/G	Si-paal Ø323/425 (Sc 1)	36	11,99	+1,99	+1,99	-13,0	Nee	S355
1098	HA-0/G	Si-paal Ø323/425 (Sc 1)	36	7,73	+0,23	-2,28	-7,50	Nee	S355
1099	HA-0/G	Si-paal Ø323/425 (Sc 1)	36	7,78	+2,28	-2,28	-7,50	Nee	S355
114,7	HA-0/G	Si-paal Ø323/425 (Sc 1)	36	7,93	+0,43	-0,43	-7,50	Nee	S355
115,3	HA-0/G	Si-paal Ø323/425 (Sc 1)	36	6,66	+1,16	+1,16	-7,50	Nee	S355
116,7	HA-0/G	Si-paal Ø323/425 (Sc 1)	36	7,02	-0,48	-0,48	-7,50	Nee	S355
116,8	HA-0/G	Si-paal Ø323/425 (Sc 1)	36	7,02	-0,48	-0,48	-7,50	Nee	S355
1204	HA-0/G	Si-paal Ø323/425 (Sc 1)	36	8,68	+0,68	-10,68	+2,0	Nee	S355

DATUM: 04-05-2022
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

02	25-04-2022	Afstand tot schoorsteen mastconstructie
01	22-03-2022	Tabelien aangepast en betonfundaties

UITGANGSPUNTEN
 Betonsterkteklasse C30/37
 Milieuklasse XC4/ XF3
 Wapeningstaal B500B, B220
 Staalwaaiflief S355ZH
 Oefvolgklasse C2
 Ontwerptevensduur 100 jaar

Aandacht:
 - Kornegroef lassen tussen randstijf en wand
 stalen buspaal
 - In poer aardriet opnemen van zachtstalen wapening, verbinden met wapeningskorf, randstijf, paal en aerdplaat
 - Aardrietaf opnemen in poer

POEREN rondom de omtrek aanvullen met zand, laagsgewijs aantrillen. Peilmaat is indicatief.

RAPPORTAGE
 002.678.00.098882.21-1660 DNV rapport Fundaties 150 / 300 KV opstijpunten Hiddalsmaaten

DO-FASE
 Afmetingen definitief in DO-fase
 Paalontwerp definitief in DO-fase
 Paalontwerp en schoorstand definitief in DO-fase
 Paallengte en paalttype afhankelijk van sondingen en locatie

RIJ-11B380

DNV Energy System
 DNV Energy
 DNV Energy Systems, N.V. 5313 XG 9111

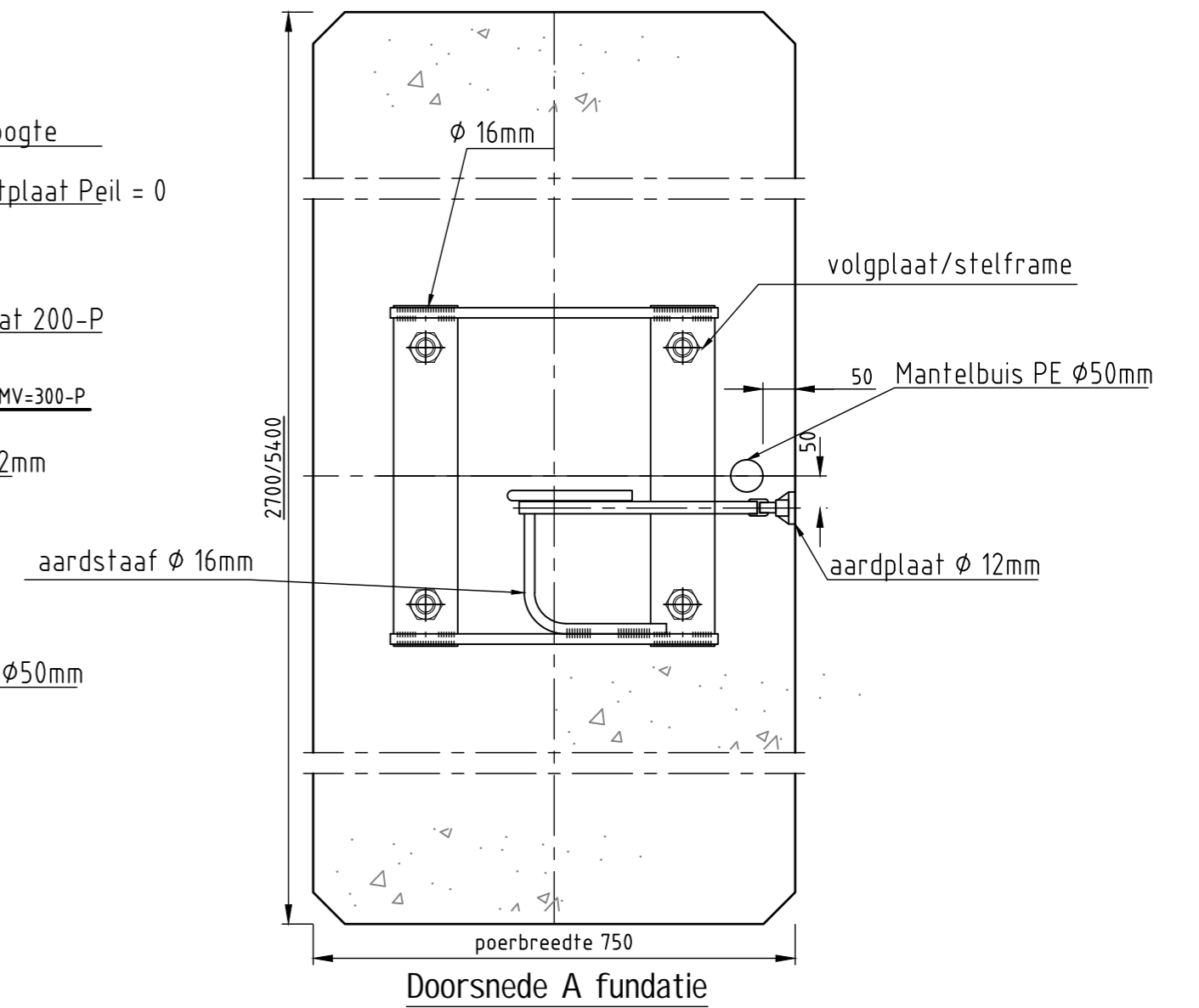
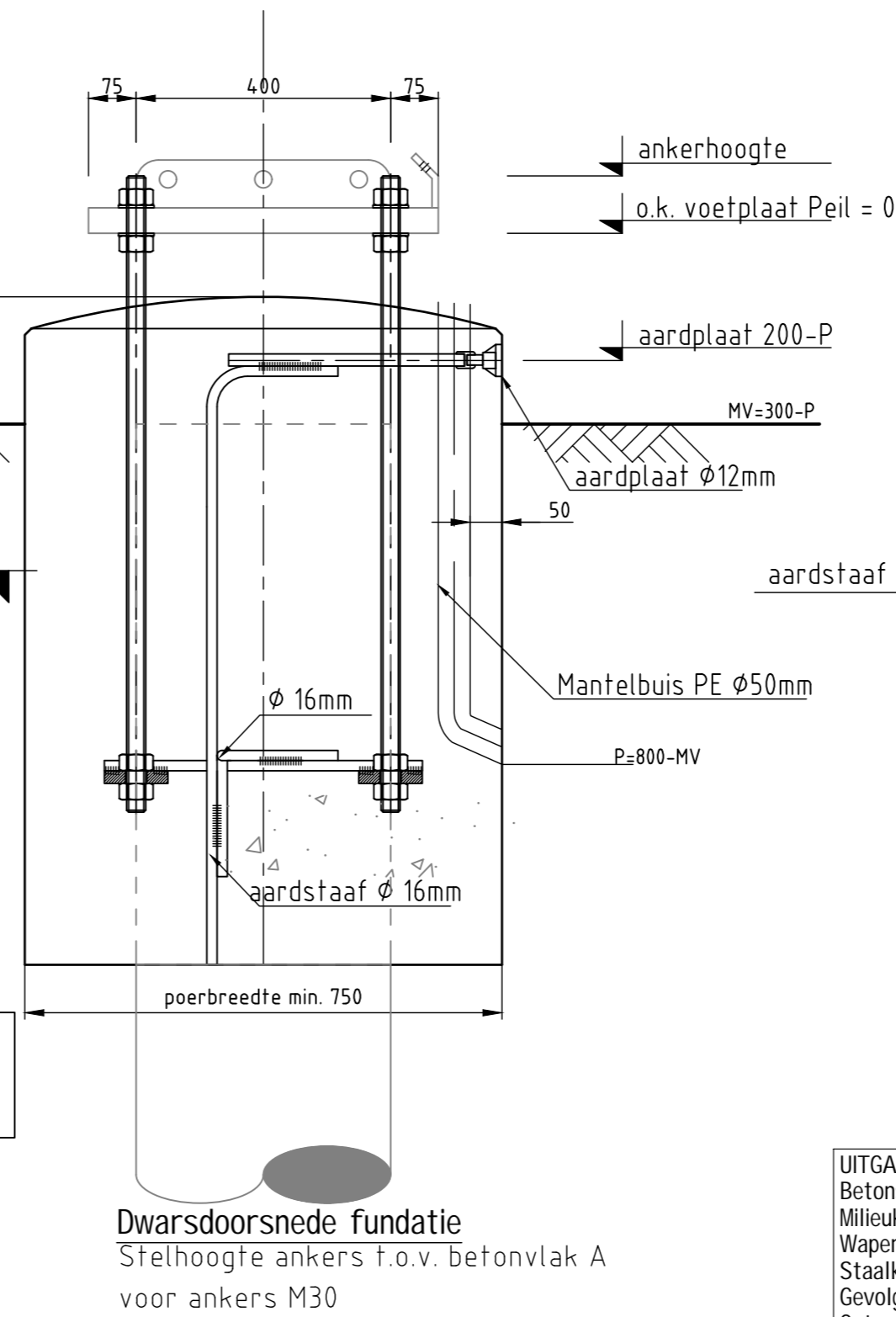
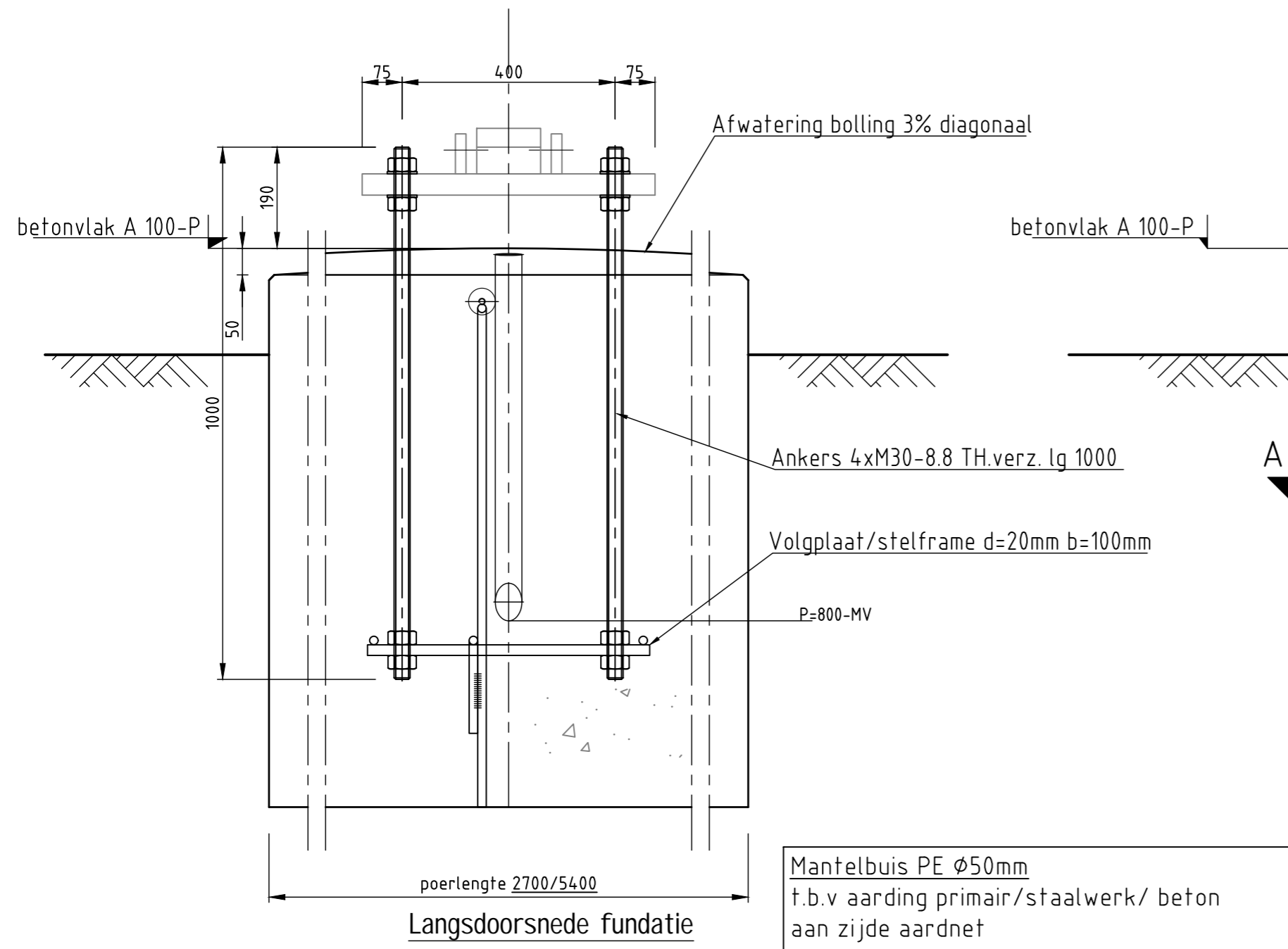
Projectnaam: ZUID-MEST 380 KV OOST VERBODINGEN
 Status: CONCEPT
 Datum: 11-02-2022
 Tekenaar: DNR
 Projectnummer: 0124719
 DW document: 0124719-12-012

Overzicht fundaties en palen HA-0/G

Tennet
 Rating PowerFuturer
 002.678.00.098882.2

C.22 Fundatietekening voetplaat grondafspanning isolatoren

M30/Grondafspanning 380kV



UITGANGSPUNTEN
 Betonsterkteklasse C30/37
 Milieuklasse XC4/XF3
 Wapeningstaal B500B, B220
 Staalkwaliteit S355J2H
 Gevolgklasse CC2
 Ontwerplevensduur 100 jaar

Aarding:
 - Koppelstrip lassen tussen randstijl en wand stalen buispaal
 - In poer aardnet opnemen van zachtstalen wapening, verbinden met wapeningskorf, randstijl, palen en aardplaat
 - Aardplaat opnemen in poer

Poeren rondom de omtrek aanvullen met zand, Laagsgewijs aantrillen. Peilmaat is indicatief.

RAPPORTAGE
 002.678.00 0969129 21-1660 DNV rapport Fundaties 150 / 380 kV opstijgpunten Moldaumasten

DO-FASE
 Afmetingen definitief in DO-fase
 Paalafmeting definitief in UO-fase
 Paalpuntniveau en schoorstand definitief in UO-fase
 Paallengte en paaltype afhankelijk van sonderingen en locatie

Revisie	Datum	Omschrijving
3	22-3-2022	Betonvlakhogte gewijzigd
2	11-2-2022	Paalbeëindiging in betonbalk
1	12-1-2022	Diverse aanpassingen poerbreedtes en ankers

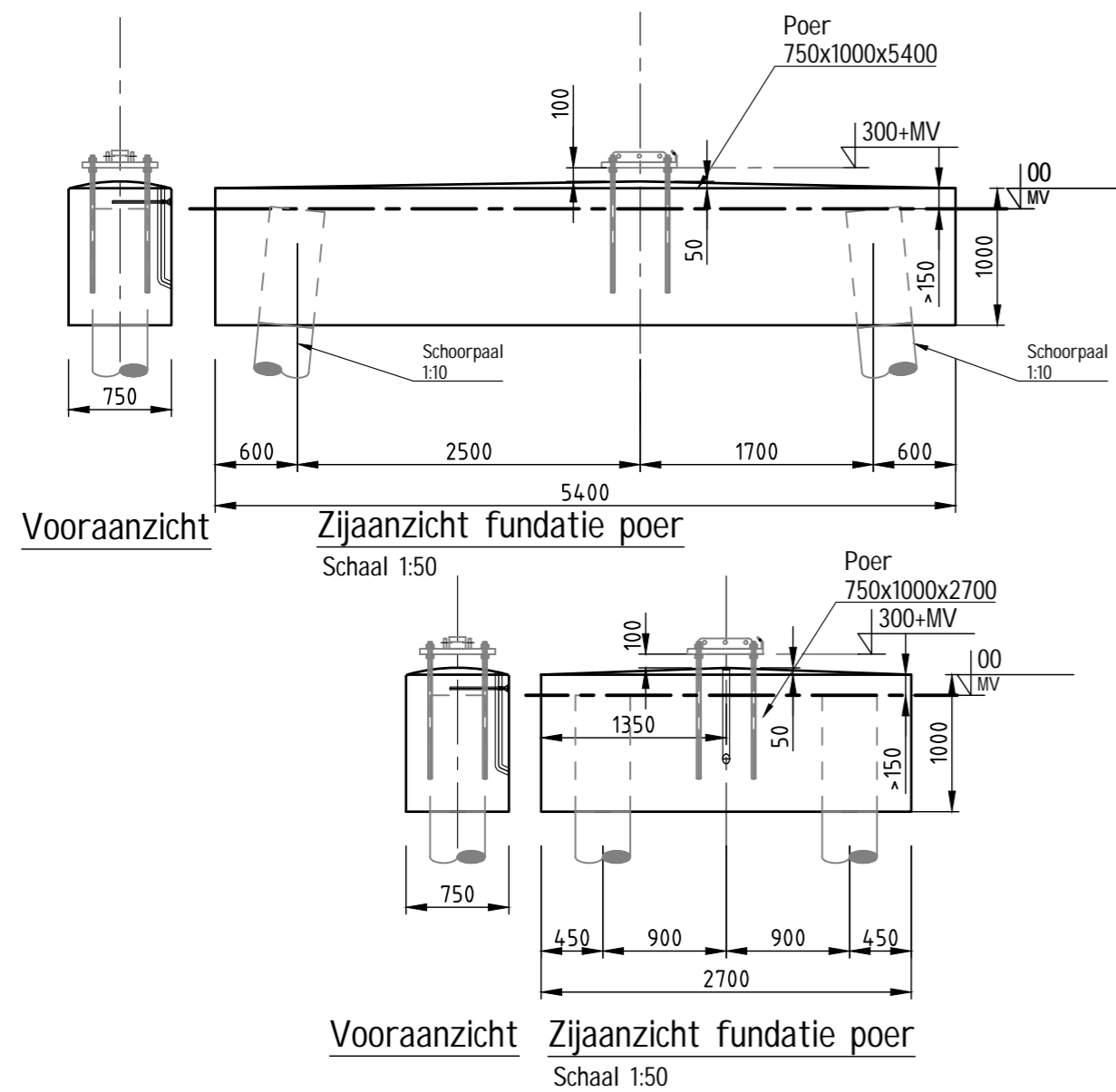
<p>DNV Energy Systems Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11</p>		Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN Status: CONCEPT Datum: 18-10-2021 Tekenaar: DMR Vrijgever: EKA	Schaal: 1:10/ 1:50 Units: mm Projectnummer: 10124719 DNV document: 10124719-12-1025
---	--	--	--

Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat
			DNV		1:10/ 1:50	A2

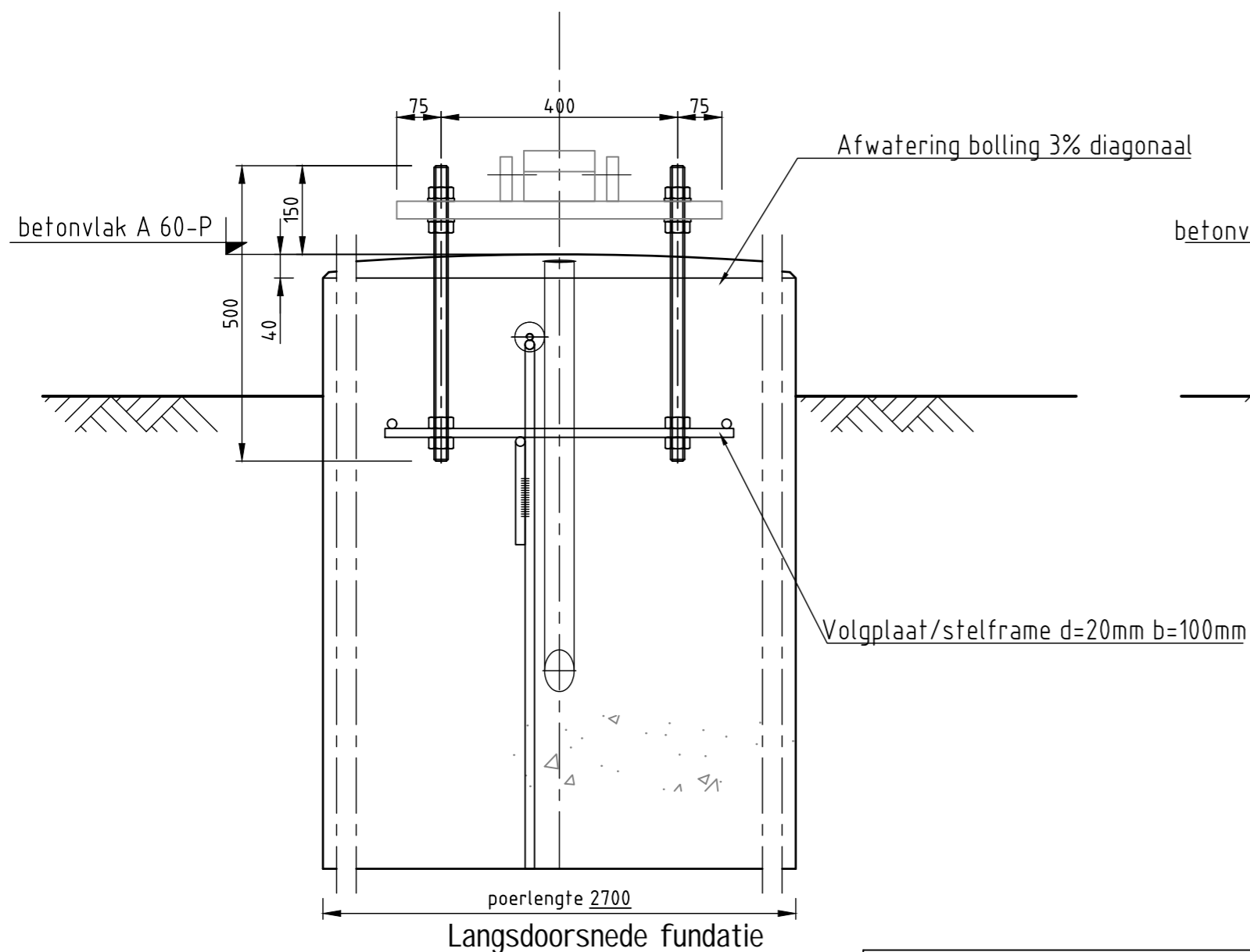
Naam: RLL-TLB380 Tekeningstatus:	
Relatie:	Thema:
Tekeningsnummer (oud of nieuw):	Object ID: Fundaties OSP Omschrijving: Fundatietekening voetplaat grondafspanning isolatoren op OSP 380kV / 150kV TennaT nummer: 002.678.00 0935080

Voor M24 ankers
 Grondafspanning 150kV
 zie blad 2

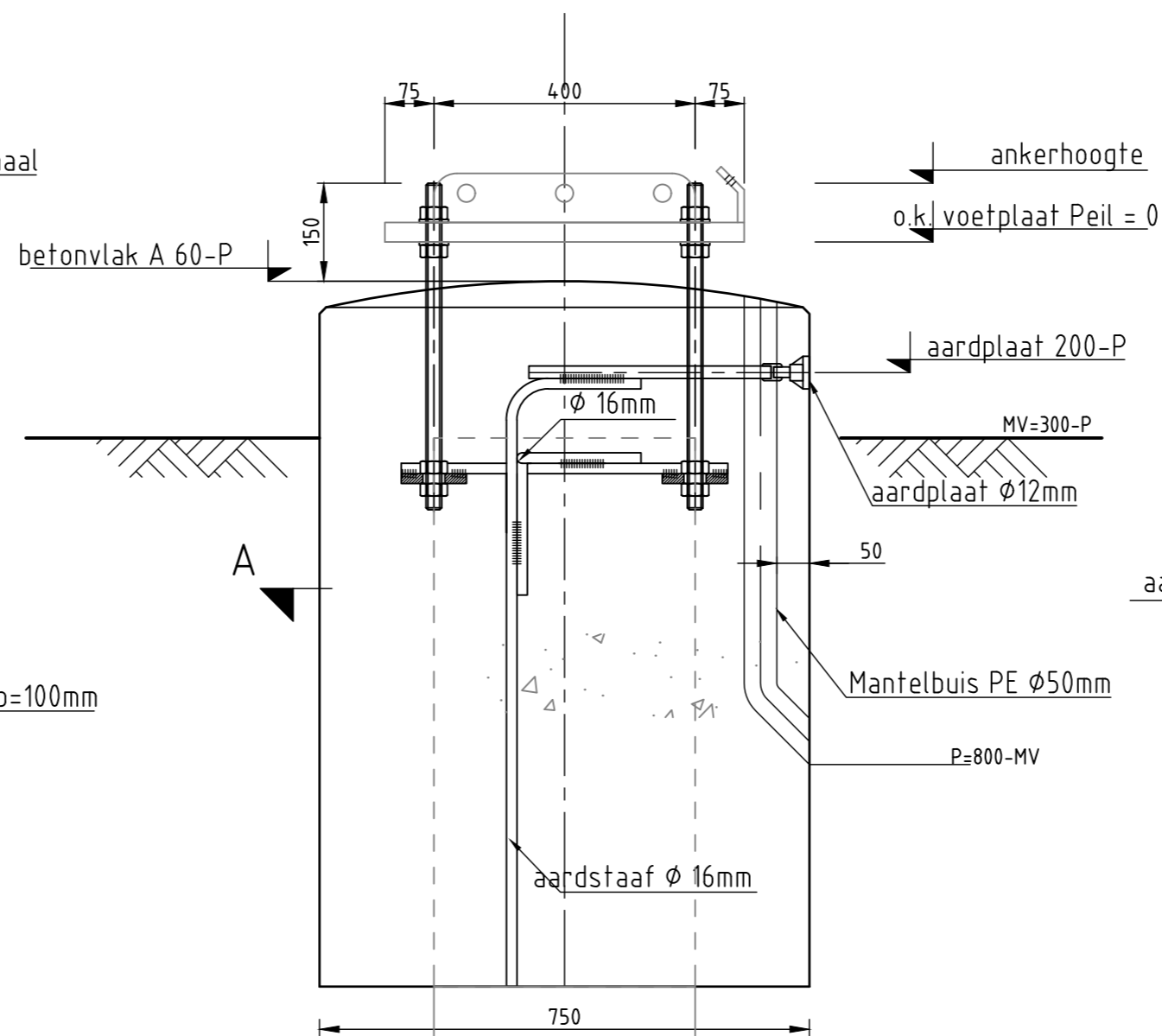
DATUM: 04-04-2022
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0



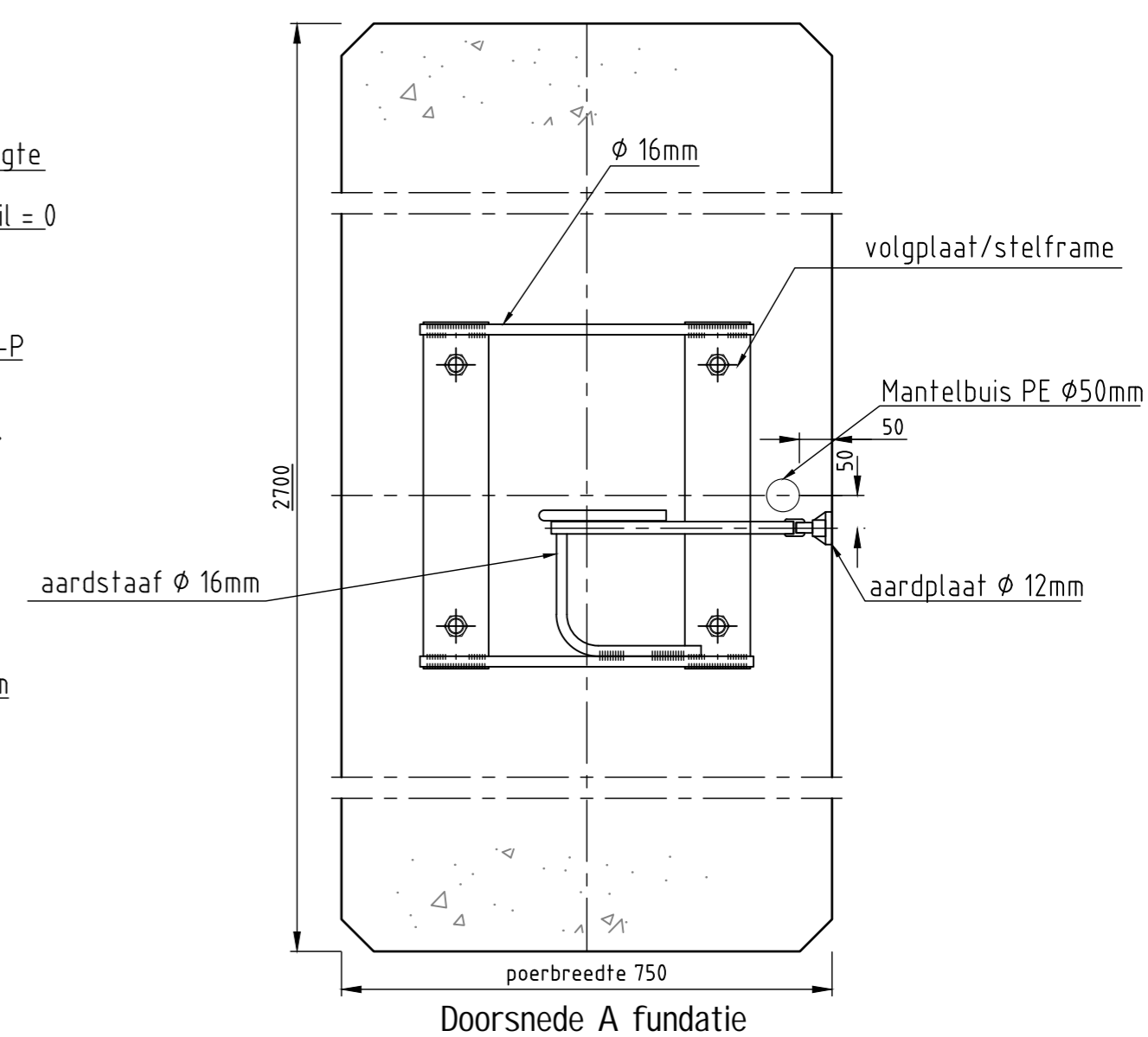
M24/Grondafspanning 150kV



Langdoorsnede fundatie

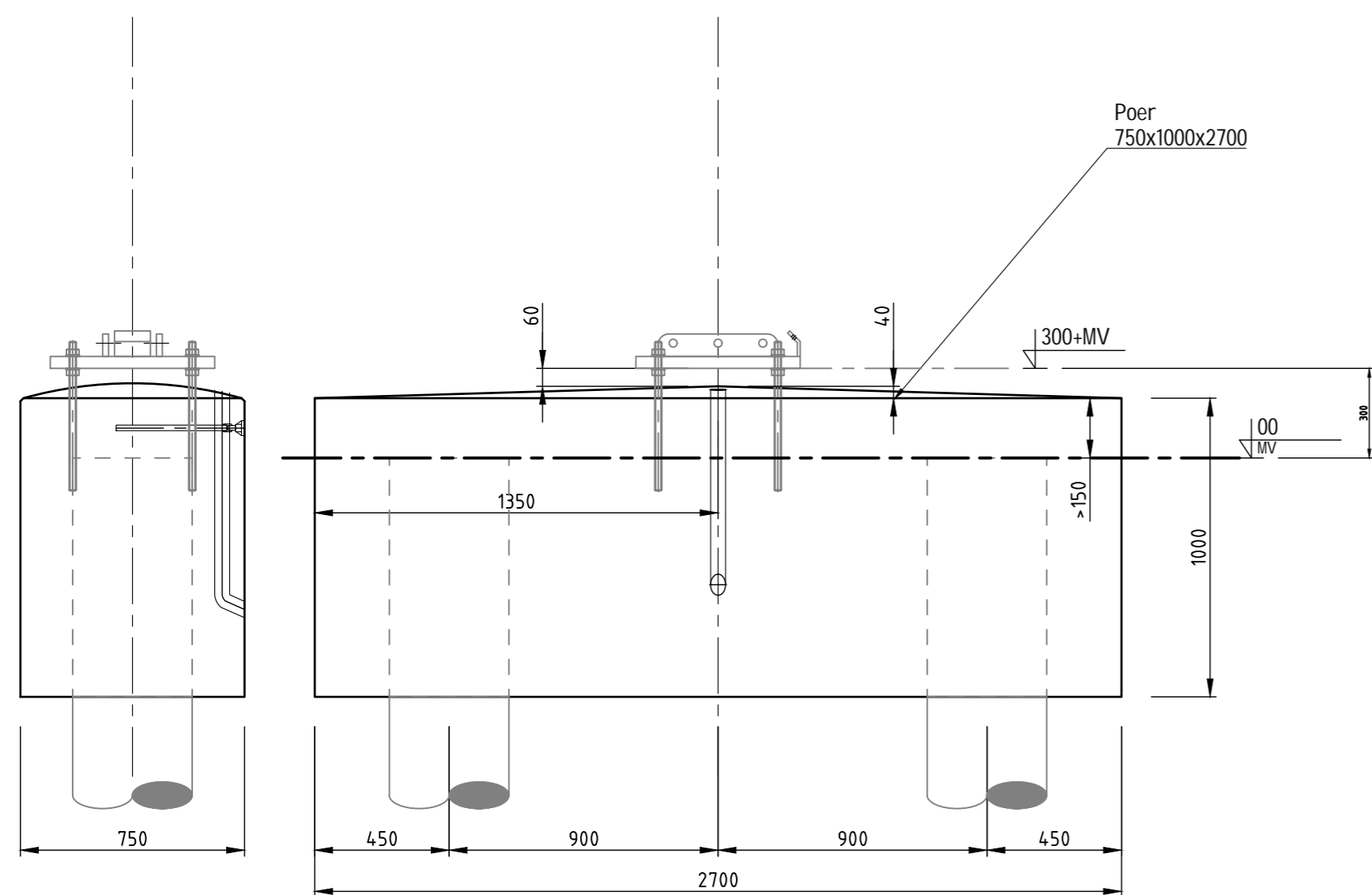


Dwarsdoorsnede fundatie
Stelhoogte ankers f.o.v. betonvlak A voor ankers M24



Doorsnede A fundatie

Mantelbuis PE Ø50mm
f.b.v aarding primair/staalwerk/ beton
aan zijde aardnet



Vooraanzicht

Zijaanzicht fundatie poer 150kV
Schaal 1:20

Voor M30 ankers
Grondafspanning 380kV
zie blad 1

UITGANGSPUNTEN
Betonsterkteklasse C30/37
Milieuklasse XC4/XF3
Wapeningstaal B500B, B220
Staalqualiteit S355J2H
Gevolgklasse CC2
Ontwerplevensduur 100 jaar

Aarding:
- Koppelstrip lassen tussen randstijl en wand stalen buispaal
- In poer aardnet opnemen van zachtstalen wapening, verbinden met wapeningskorf, randstijl, palen en aardplaat
- Aardplaat opnemen in poer

Poeren rondom de omtrek aanvullen met zand, Laagsgewijs aantrillen. Peilmaat is indicatief.

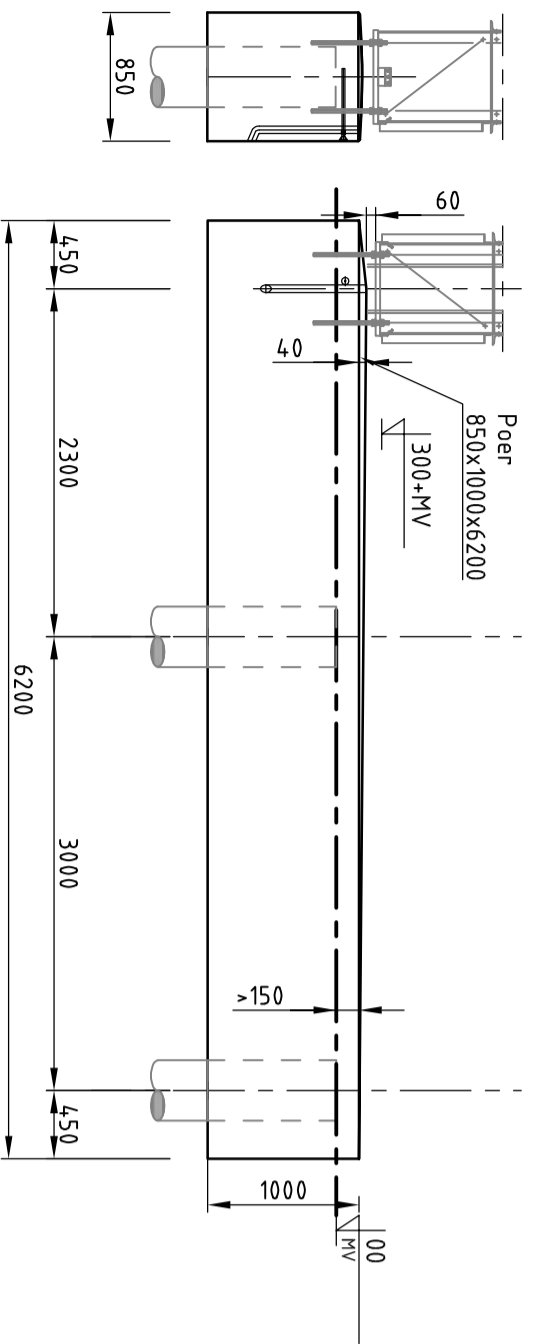
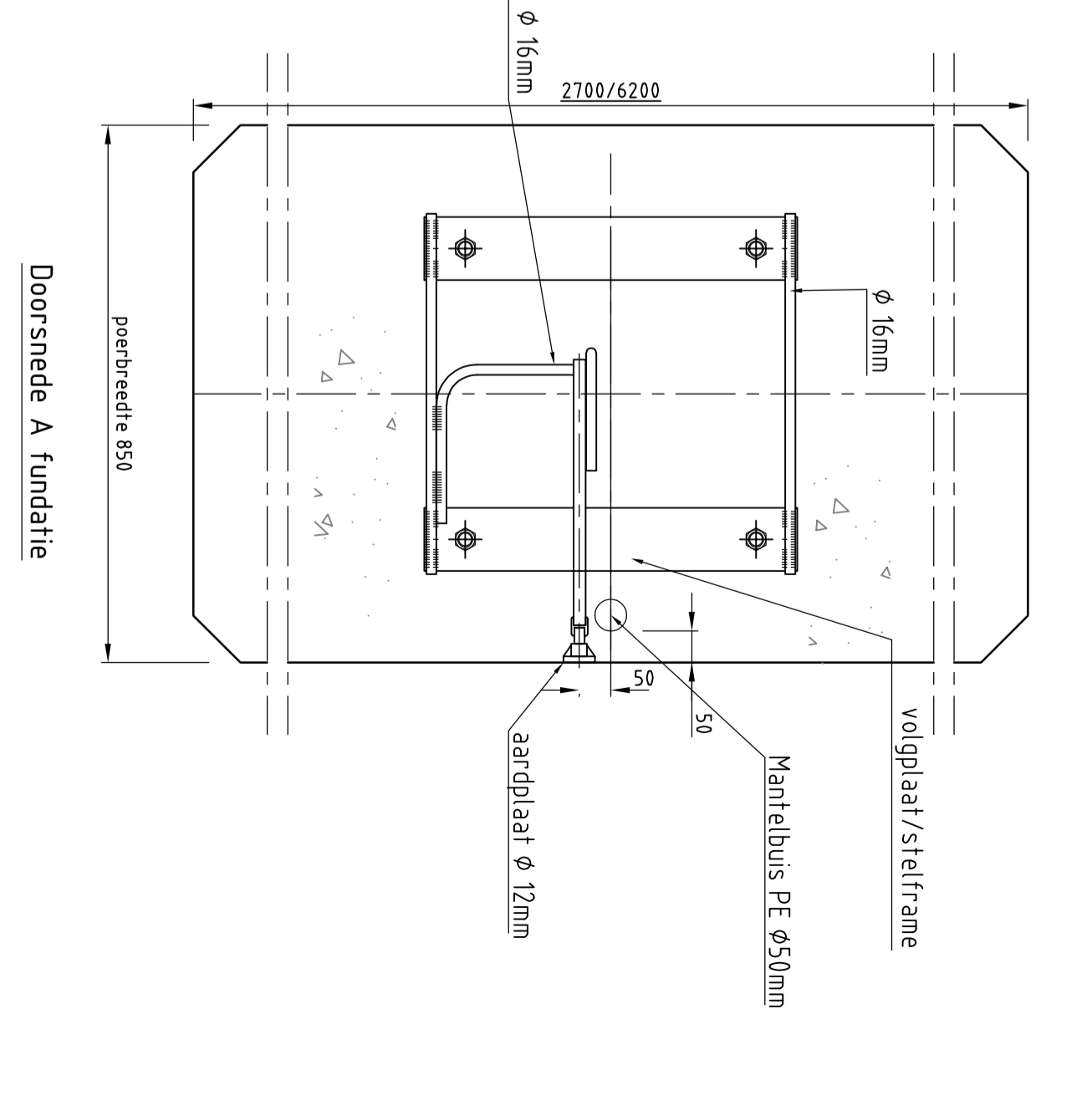
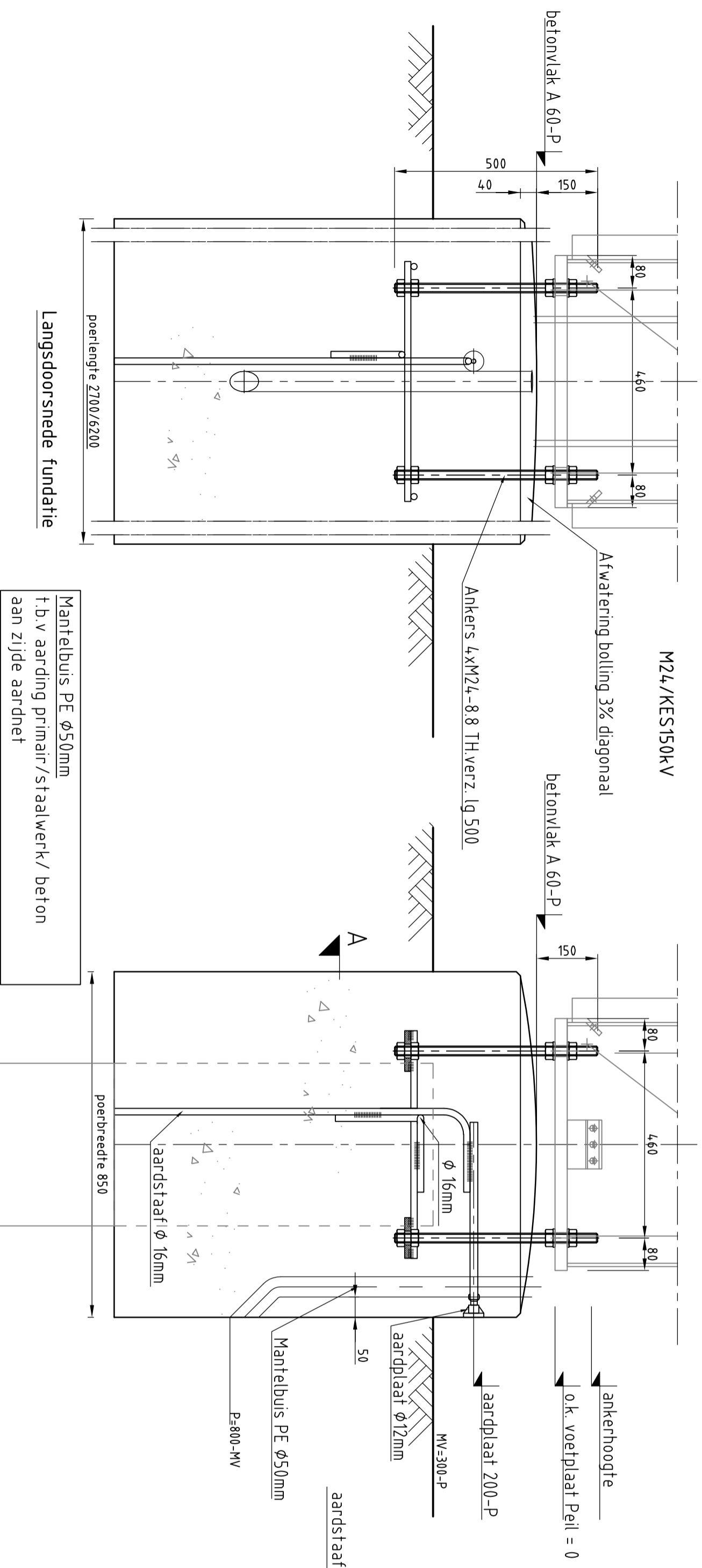
RAPPORTAGE
002.678.00 0969129 21-1660 DNV rapport Fundaties 150 / 380 kV opstijgpunten Moldaumasten

DO-FASE
Afmetingen definitief in DO-fase
Paalafmeting definitief in UO-fase
Paalpuntniveau en schoorstand definitief in UO-fase
Paallengte en paaltype afhankelijk van sonderingen en locatie

Revisie	Datum	Omschrijving
3	22-3-2022	Betonvlakhoogte gewijzigd
2	11-2-2022	Paalbeeindiging in betonbalk
1	12-01-2022	Diverse aanpassingen poerbreedtes en ankers

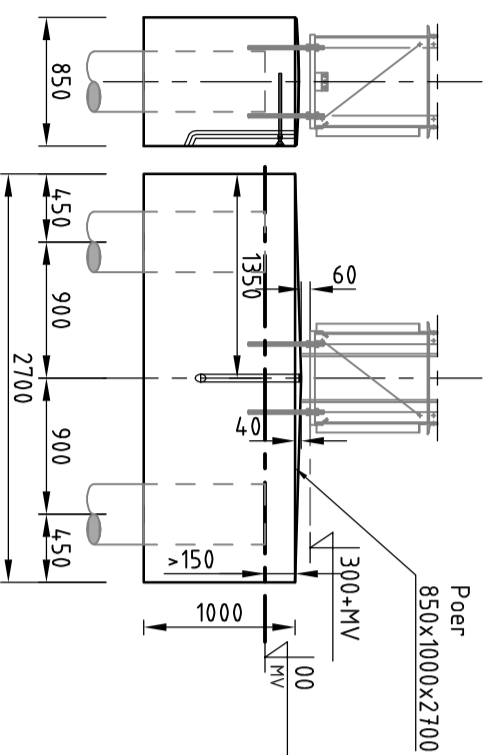
<p>DNV Energy Systems Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem, tel: +31 26 3 56 91 11</p>		Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN Status: CONCEPT Datum: 18-10-2021 Tekenaar: DMR Vrijgever: EKA	Schaal: 1:10 / 1:50 Units: mm Projectnummer: 10124719 DNV document: 10124719-12-1025			
Naam: RLL-TLB380						
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat
			DNV		1:10 / 1:50	A2
Relatie		Thema				
		Categorie				
		Documenttype				
		Object ID				
Tekeningnummer (oud of nieuw):		Fundaties OSP				
		Omschrijving:				
		Fundatietekening voetplaat grondafspanning isolatoren op OSP 380kV / 150kV				
		TenneT nummer:				
		002.678.00 0935080				

C.23 Fundatietekening KES



Vooraanzicht Zijaanzicht fundatie overstekpoer

Schaal 1:50



Vooraanzicht Zijaanzicht fundatie overstekpoer

Schaal 1:50

Dwarsdoorsnede fundatie
Stelhoogte ankers t.o.v. betonvlak A
voor ankers M24

Doorsnede A fundatie

UITGANGSPUNTEN

Betonsterkteklasse C30/37
Milieuklasse XCL/XP3
Wapeningstraal B500B, B220
Staalwaaier S35J2H
Gevolgklasse CC2
Ontwerp levensduur 100 jaar

Aarding:

- Koppelingstrip lassen tussen randstijl en wand stalen buispaal
- In poer aardnet opnemen van zachtstalen wapening, verbinden met wapeningskorf, randstijl, palen en aardplaat
- Aardplaat opnemen in poer

Poeren rondom de omtrek aanvullen met zand, laagsgewijs aantillen. Peilmaat is indicatief.

RAPPORTAGE

002.678.00 09569129 21-1660 DNV rapport Fundaties 150 / 380 kV opstijlpunten Moldaunmasten

DO-FASE
Afmetingen definitief in DO-fase
Paalafmeting definitief in UO-fase
Paalpuntniveau en schoorstand definitief in UO-fase
Paallengte en paaltipe afhankelijk van sonderingen en locatie

3	22-3-2022	Betonvlakhoogte gewijzigd
2	11-2-2022	Paalbeëindiging in betonbalk
1	12-01-2022	Diverse aanpassingen poerbreedtes en ankers

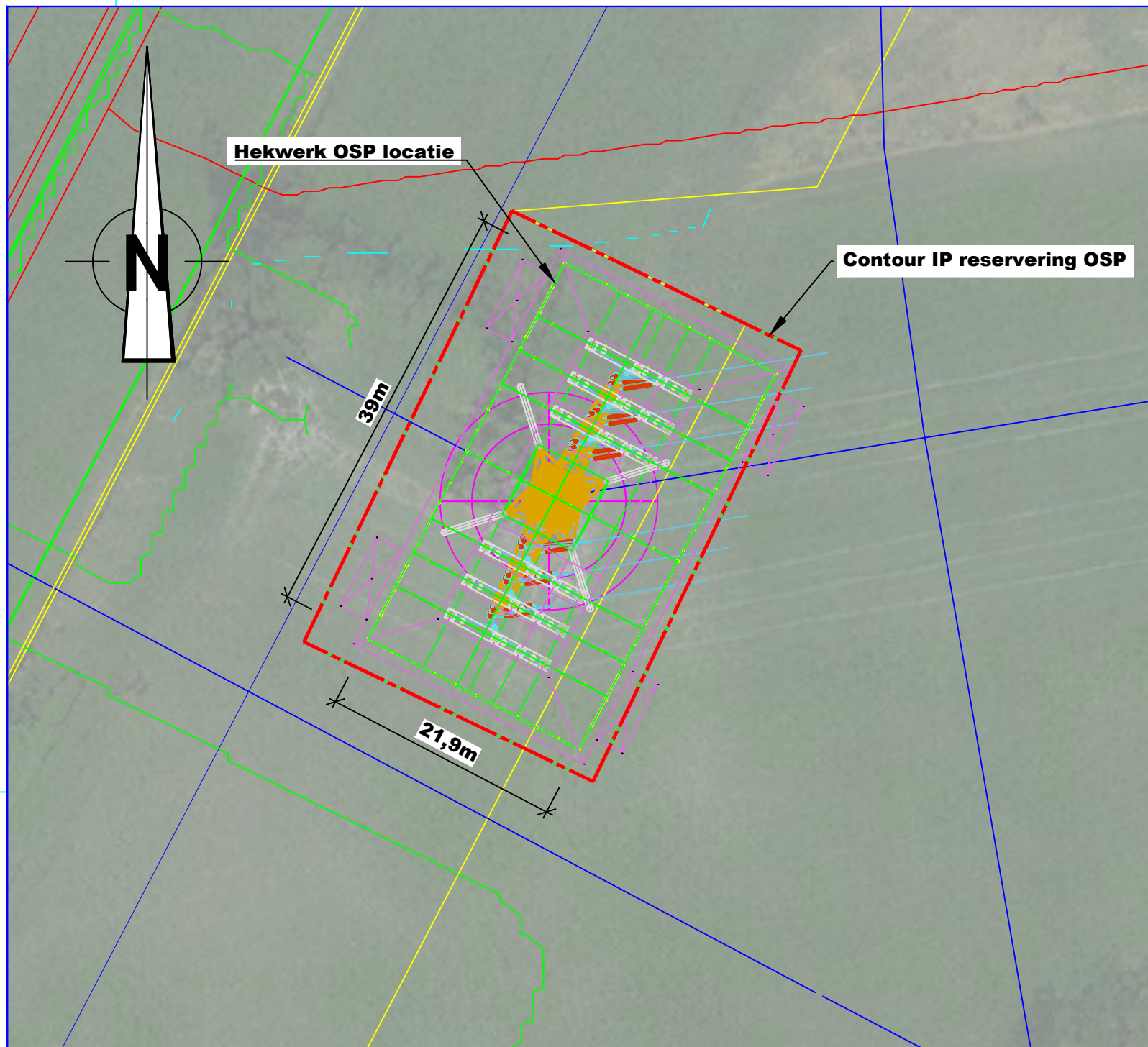
		Projectnaam: ZUID-WEST 380 KV OOST VERBINDINGEN	
Status:	CONCEPT	Schaal:	1:10 / 1:20
Datum:	18-10-2021	Units:	mm
Tekenaar:	DNR	Projectnummer:	10124.719
Yrigerever:	EKA	DNV documentnummer:	10124.719-12-1024

Revisie: RLL-TIB380		Tekeningstatus:	
Rev:	Datum revisie	Omschrijving revisie	getekend
			DNV
Revisie	Datum	Omschrijving	getekend
			1:10 1:20
			A2

Titel:	Fundatie OSP
Categorie:	Fundatieontwerp
Documenttype:	Fundatieontwerp
Objekt ID:	Fundatieontwerp
Tekeningnummer (of of mesh):	Fundatieontwerp KES 150kV
Tekennummer:	002.678.00 0935079

DATUM: 04-04-2022
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0

C.24 Mastbeeldtekening OSP & mast - situatietekening



Legenda ondergrondse infra

- **Contour Leidingstraat**
- **Klic infra Gas (hoge druk) en gevaarlijke inhoud**
- **Klic infra middenspanning**
- **Klic infra water en riool (hoge druk)**
- **Klic infra water en riool (lage druk)**
- **Klic infra overige**
- **150kV kabel TenneT**
- **Contour IP oppervlakte OSP**

OPMERKING

DATUM: 17-05-2022

STATUS TENNET: DEFINITIEF

REVISIE TENNET: 1.0

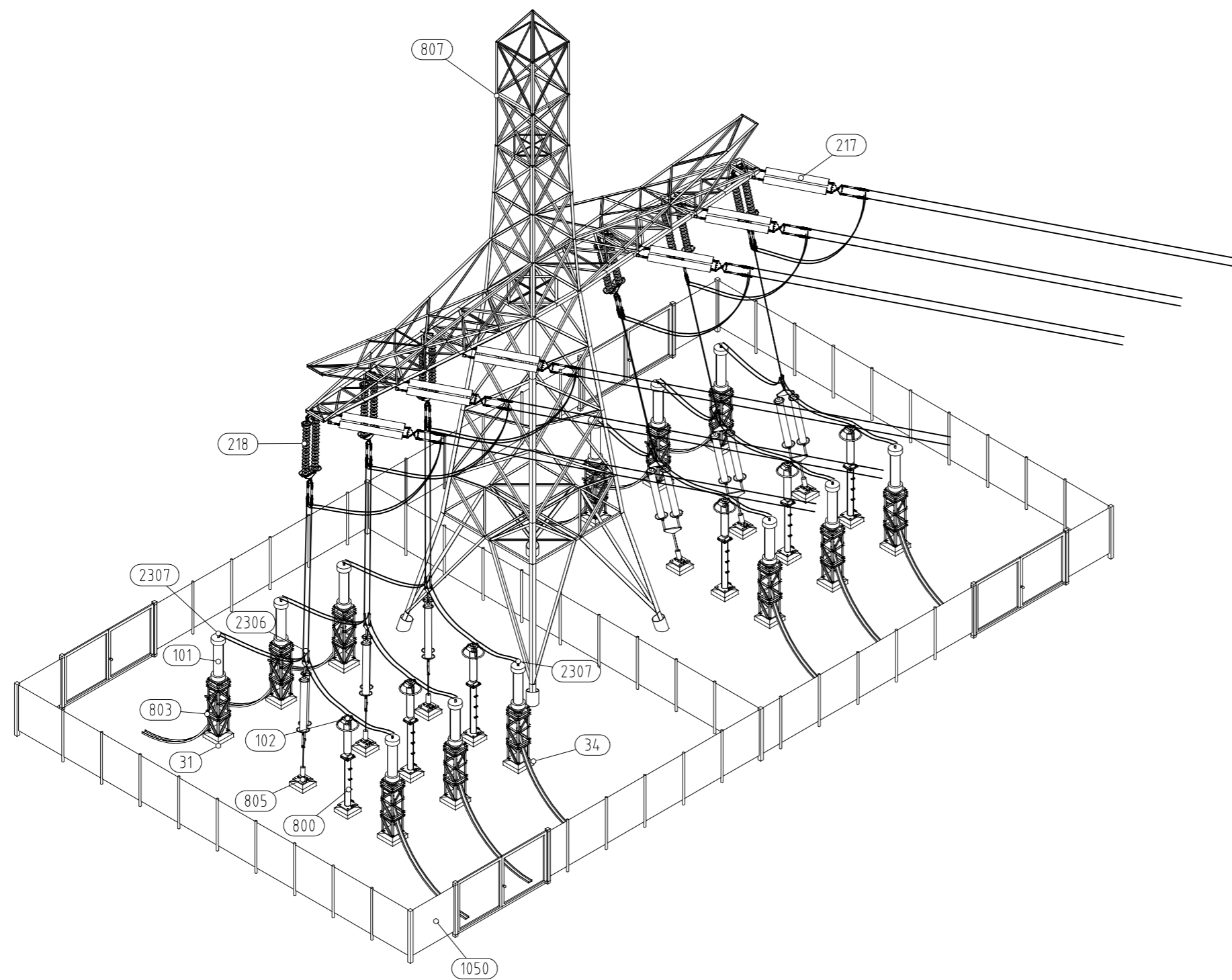
Bovenaanzicht OSP 19A
schaal 1:500

3.0	09-03-2022	Update naar aanleiding RFA 0972615 versie 0.4
2.0	12-01-2021	Update naar aanleiding RFA 0972615 versie 0.2
1.0	05-11-2021	Was niet vrijgegeven
Revisie	Datum	Omschrijving

 DNV Energy Systems Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem	Projectnaam: TenneT Engineering ZW380 kV Oost	
	Status: CONCEPT	Schaal: 1:1
	Datum: 09-03-2022	Units: mm
	Tekenaar: EKA	Projectnummer: 10124719
Vrijgever:	DNV docnummer: 10124719-11-1010	

Naam		150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost		Tekeningstatus		CONCEPT	
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat	
						A3	

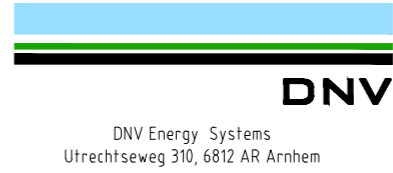
Relatie	Thema							
Zie rapport 21-0969 (002.678.00 0928655)	Categorie							
	Documenttype							
Tekeningnummer (oud of nieuw):	Object ID	OSP Mast 19A						
 Taking power further	Omschrijving:	Geolocation Mast 19A (WDT-RSB-RSD150)						
	TenneT nummer:	002.678.00 0935044				Blad nummer:	1 van 5	

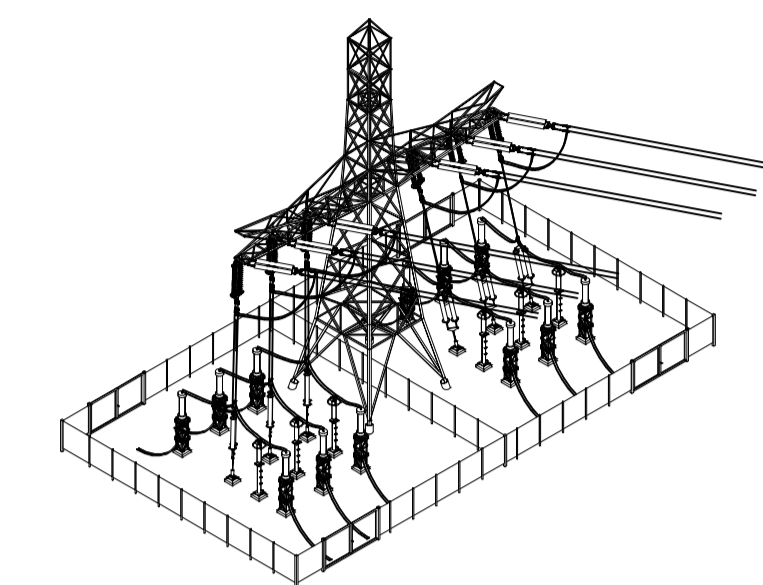
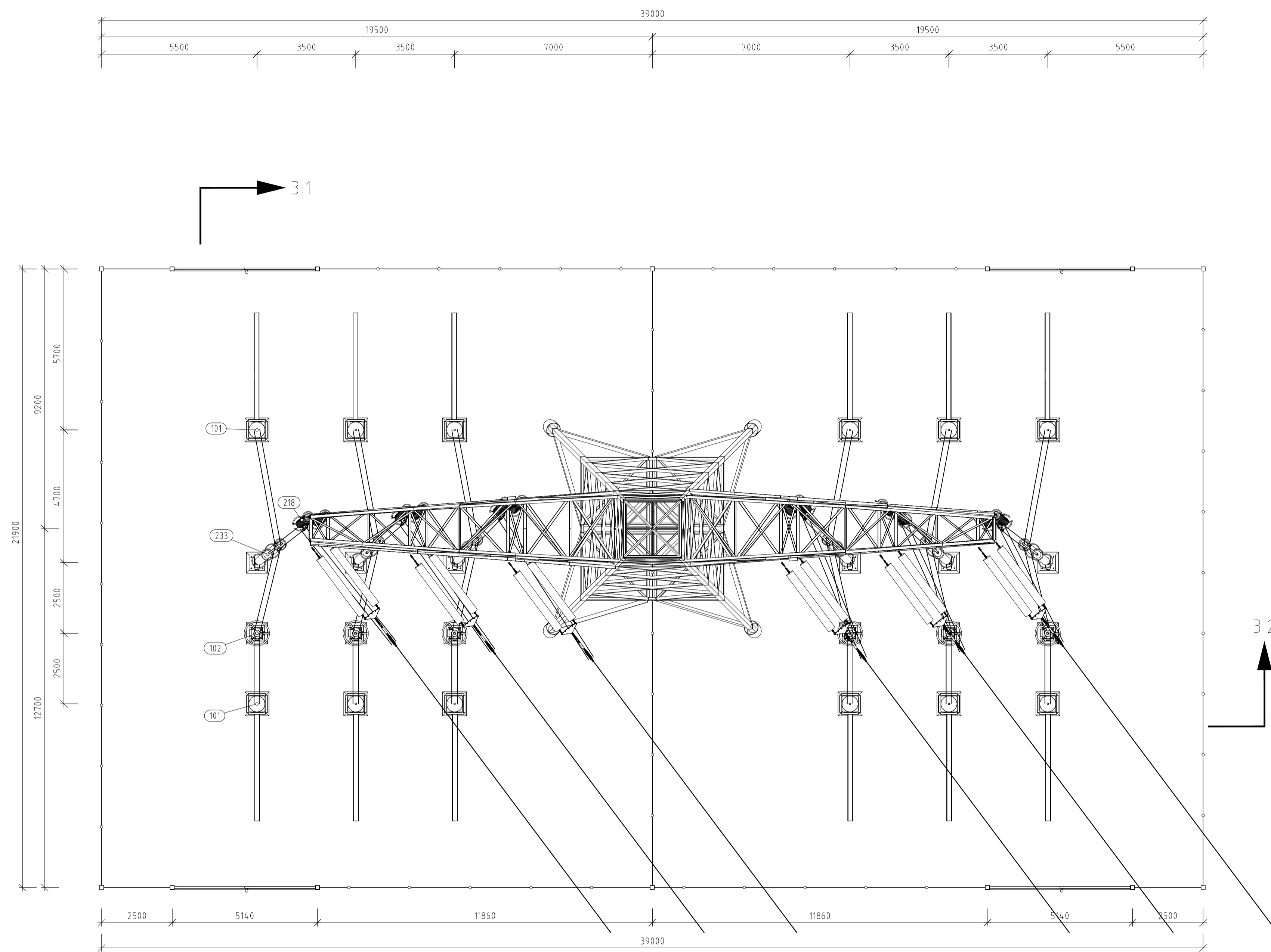


Overzicht met hoofdcomponenten				
POS	Omschrijving	Id.nr.	Leverancier	Aant.
31	Fundatie Poer 1000x1000x10550 (OSP 19A, as 2-3)	002.678.00 0971934 (10124.719-12-1030)	n.t.b.	4
34	Fundatie Poer 1000x1000x10550 (OSP 19A, as 1)	002.678.00 0971934 (10124.719-12-1030)		2
101	150kV Kabeindsluiting	n.t.b.	n.t.b.	12
102	150kV overspanningsafleider	n.t.b.	n.t.b.	6
217	150kV Tension insulators set (2 bundel)	Bestaand	n.t.b.	6
218	150kV vertical insulator (OSP 19A)	002.678.00 0936376 (10124.719-40-1205)	n.t.b.	6
219	150kV vertical-up strain insulator (OSP 19A)	002.678.00 0936377 (10124.719-40-1206)	n.t.b.	6
404	ACSR_Bobolink		n.t.b.	
800	Staalwerk OSA 150kV	002.678.00 0935071 (10124.719-12-1003)	n.t.b.	6
803	Staalwerk KES 150kV	002.678.00 0935072 (10124.719-12-1004)	n.t.b.	12
805	Voetplaat grondafspanning isolatoren op OSP 380/150kV	002.678.00 0935073 (10124.719-12-1105)	n.t.b.	6
807	Overzicht mast 19A (RSD-RSB-WDT150)	10124.719-35-1125	Bestaand	1
1050	Hekwerk	SPE.04.002	n.t.b.	
1203	Spacer t.b.v. Bobolink, 2 bundel	Spacer type 5 (150kV)	n.t.b.	
2306	Parallelklem t.b.v Bobolink	n.t.b.		24
2307	T-klem stift Ø30 t.b.v 2 bundel Bobolink	n.t.b.		18

Opmerkingen;

- Afspanning in de lijn zijn bestaand en worden niet vervangen
- Voor Pos 403, 1050 en 1203 geldt dat hoeveelheid door aannemer bepaald moet worden

3.1	31-03-2022	Wijziging paalposities				
3.0	09-03-2022	Update naar aanleiding RFA 0972615 versie 0.4				
2.0	12-01-2022	Update naar aanleiding RFA 0972615 versie 0.2				
1.0	05-11-2021	Eerste uitgave				
Revisie	Datum	Omschrijving				
 DNV Energy Systems Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem			Projectnaam: TenneT Engineering ZW380 kV Oost			
			Status: CONCEPT	Schaal: 1:100		
			Datum: 03-09-2022	Units: mm		
			Tekenaar: EKA	Projectnummer: 10124.719		
			Vrijgever:	DNV docnummer: 10124.719-11-1010		
Naam: 150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost			Tekeningstatus: CONCEPT			
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Buit	Schaal	Formaat
						A 2
Relatie		Thema				
Zie rapport 21-0969 (002.678.00 0928655)		Categorie				
		Documenttype				
Tekeningnummer (oud of nieuw):		Object ID: OSP Mast 19A				
		Omschrijving: 3D view Mast 01 (GT-BD150)				
		TenneT nummer: 002.678.00 0935044				
		Blad nummer: 2 van 5				

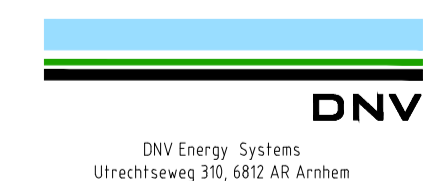



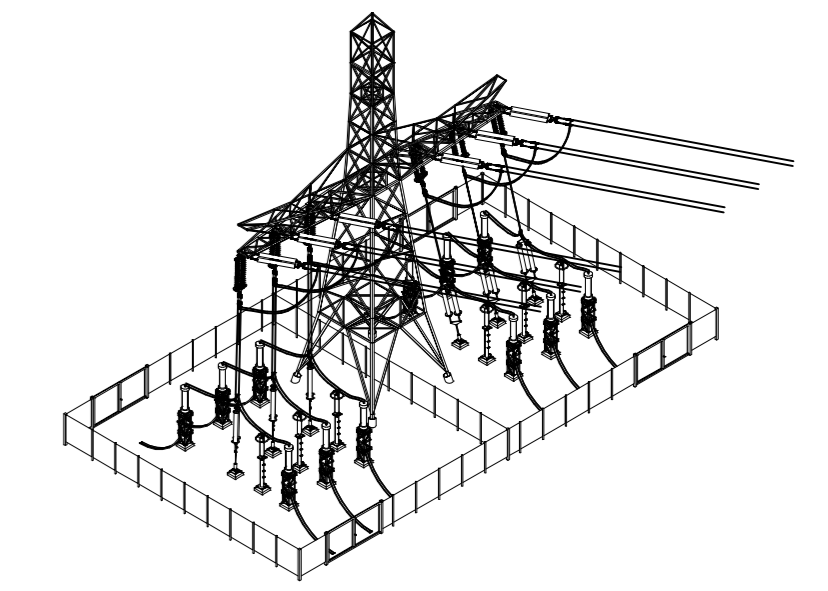
3D aanzicht
Schaal 1:500

Overzicht van hoofd elementen t.b.v OSP			
Pos	Omschrijving	Id.nr.	Leverancier
101	150kV Kabeindsluiting	n.t.b.	n.t.b.
102	150kV overspanningsafleider	n.t.b.	n.t.b.
217	150kV Tension insulators set (2 bundel)	Bestaand	n.t.b.
218	150kV vertical insulator (OSP 19A)	002.678.00.0936376 (10124.719-4.0-1205)	n.t.b.
233	150kV vertical-up strain insulator (OSP 19A)	002.678.00.0936377 (10124.719-4.0-1206)	n.t.b.

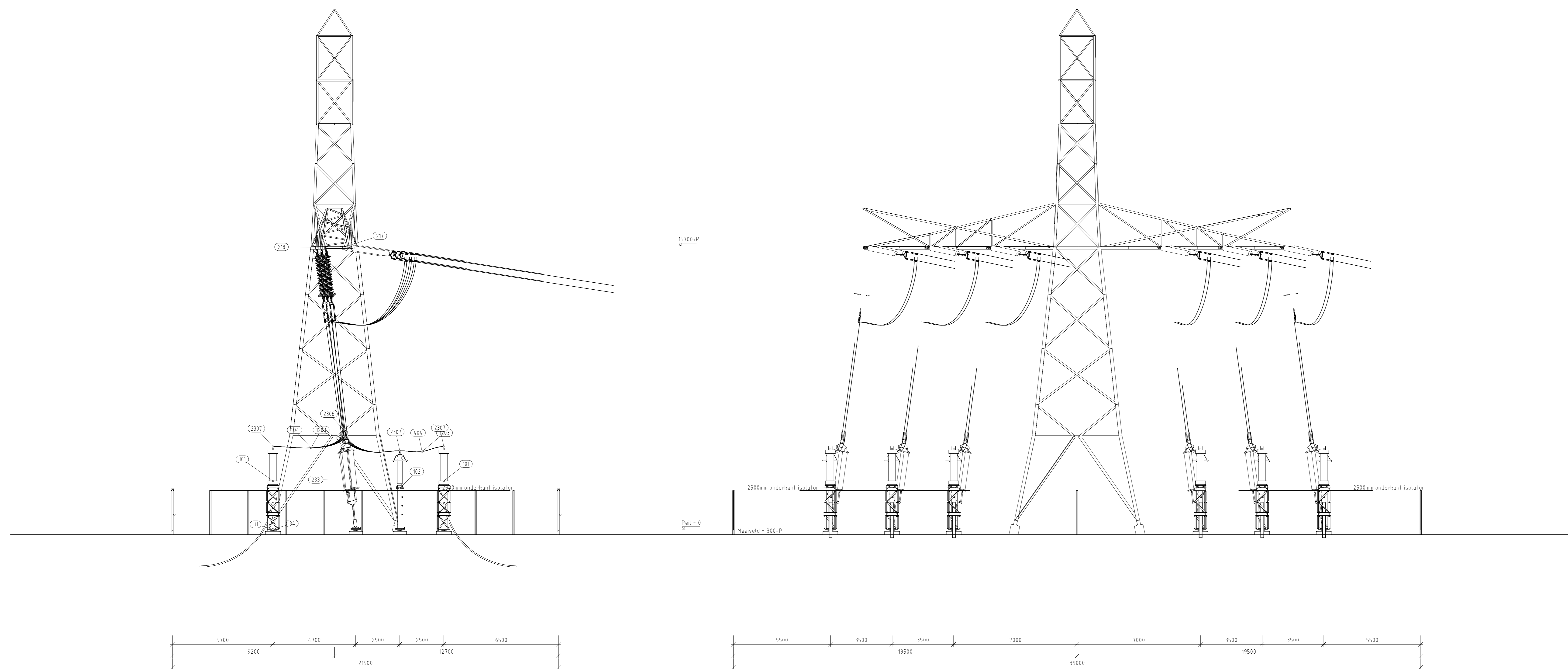
- Opmerking:
- 1) Voor de aanzichten zie blad 3
 - 2) Voor de civiele installatie zie blad 4

Revisie	Datum	Omschrijving
3.1	31-03-2022	Wijziging paalposities
3.0	09-03-2022	Update naar aanleiding RFA 0972615 versie 0.4
2.0	12-02-2022	Update naar aanleiding RFA 0972615 versie 0.2
1.0	05-11-2021	Concept versie

		Projectnaam: TenneT Engineering ZW380 kV Oost Status: CONCEPT Datum: 09-03-2022 Tekenaar: EKA Vrijgever:	Schaal: 1:100 Units: mm Projectnummer: 10124.719 DNV documentnummer: 10124.719-11-1010			
Naam: 150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost Tekeningstafus: CONCEPT						
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Getekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat
						A 1
Relatie Zie rapport 21-0969 (002.678.00.0928655)		Thema Categorie Documenttype Object ID OSP Mast 19A		Tekeningnummer (oud of nieuw) 002.678.00.0935044		
		Omschrijving Bovenaanzicht primaire installatie Mast 19A		TennaT nummer: 002.678.00.0935044 Blad nummer: 3 van 5		



3D aanzicht
Schaal 1:500

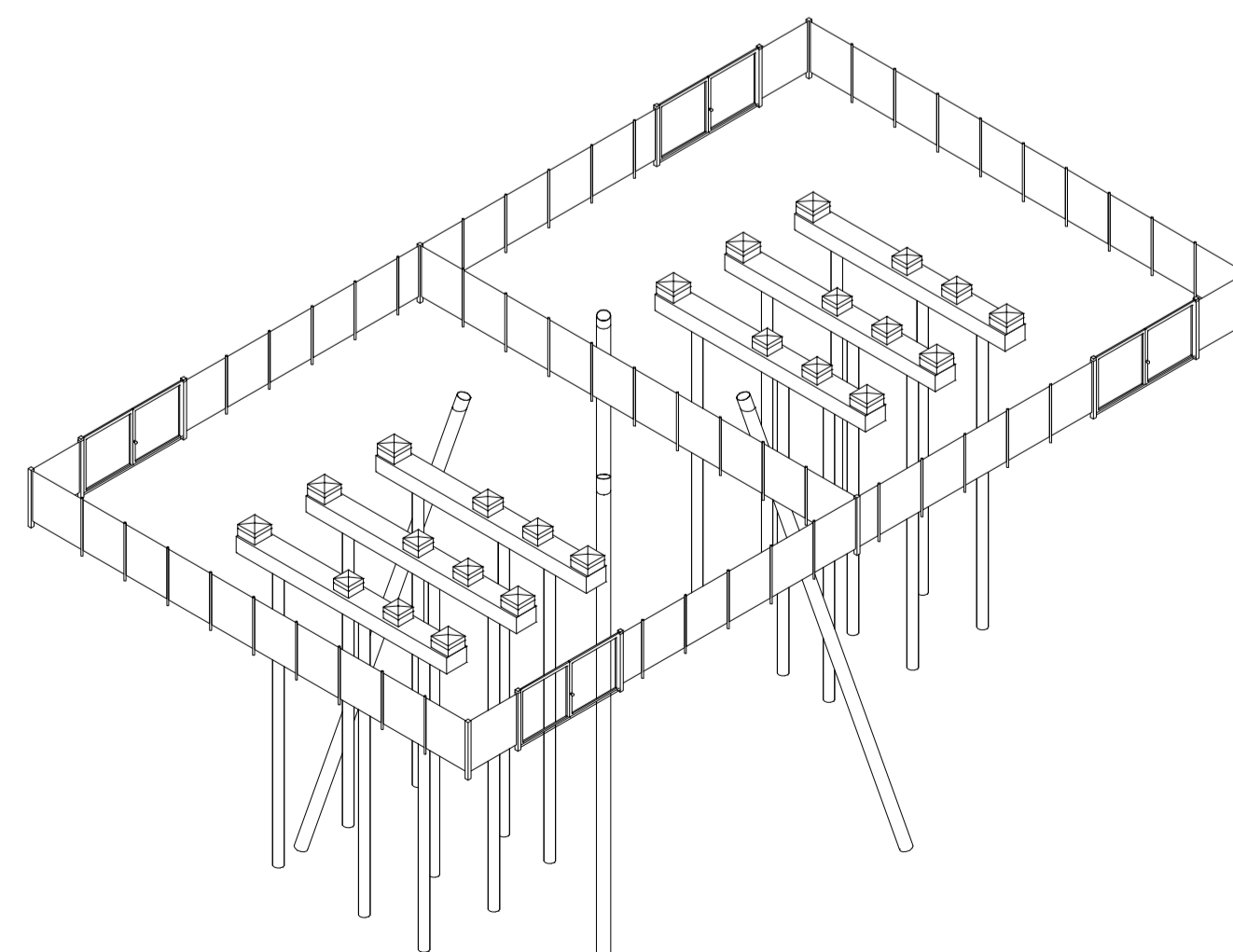
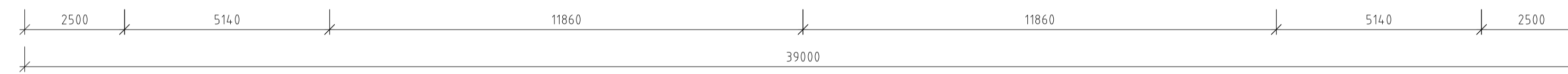
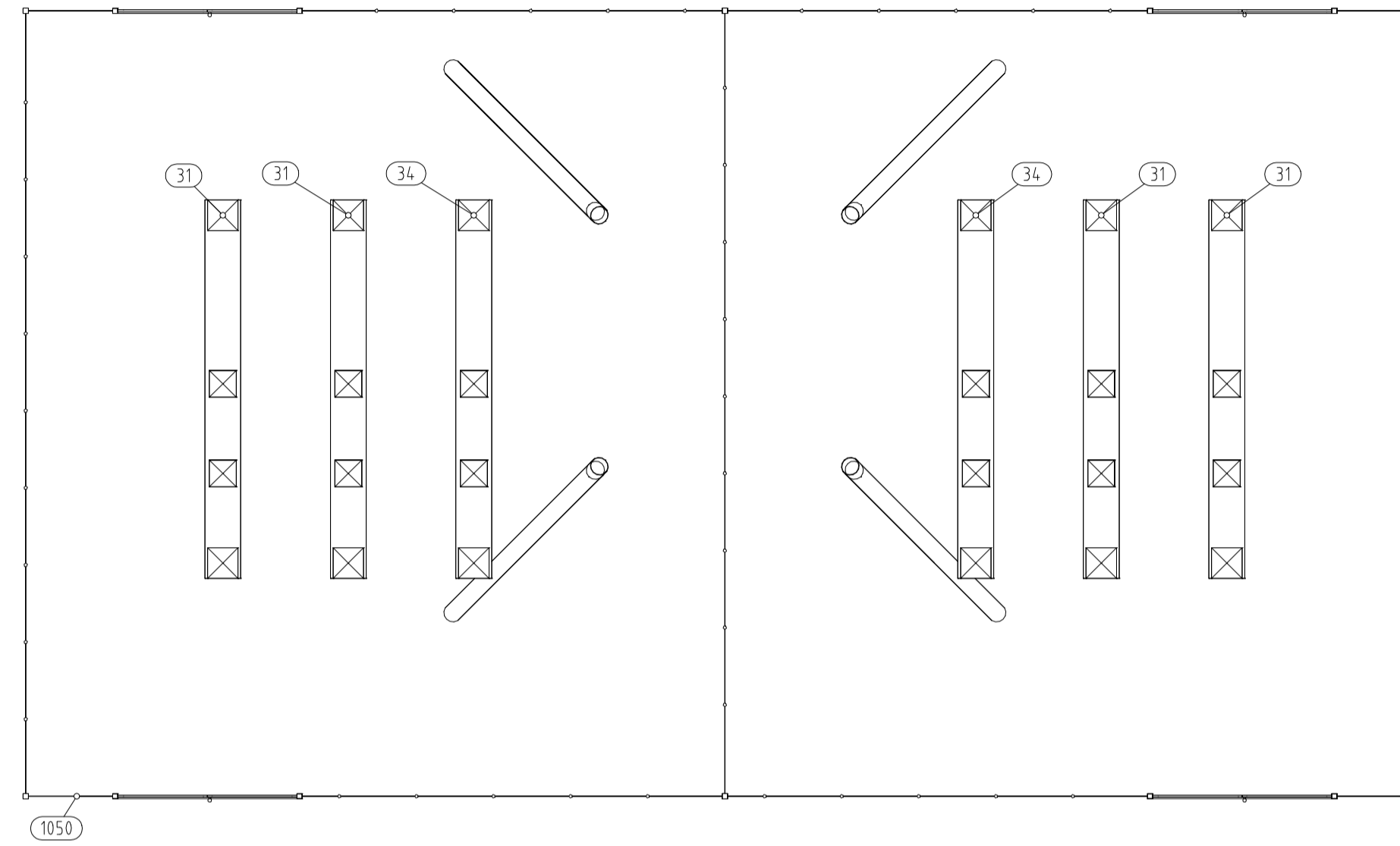
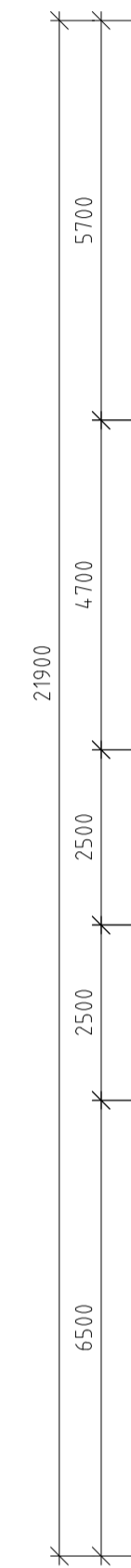
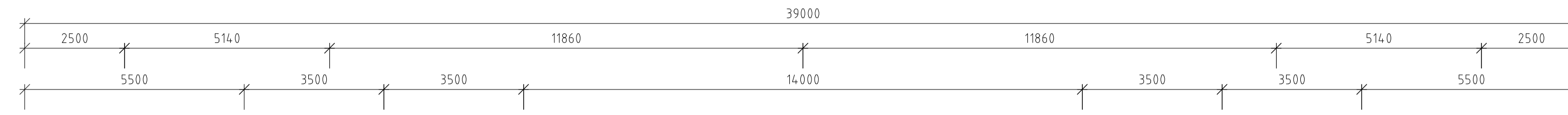


Doorsnede 3.1

Doorsnede 3.2

Pos	Omschrijving	Id.nr.	Leverancier
31	Fundatie Poer 1000x1000x1050 OSP 19A, as 2-3)	002.678.00.097193L (10124.719-12-1030)	n.t.b.
34	Fundatie Poer 1000x1000x1050 OSP 19A, as 1)	002.678.00.097193L (10124.719-12-1030)	n.t.b.
101	150kV Kabelsluiting	n.t.b.	n.t.b.
102	150kV overspanningsafleider	n.t.b.	n.t.b.
217	150kV Tension insulators set (2 bundel)	Bestaand	n.t.b.
218	150kV vertical insulator (OSP 19A)	002.678.00.0936376 (10124.719-40-1025)	n.t.b.
233	150kV vertical-up strain insulator (OSP 19A)	002.678.00.0936377 (10124.719-40-1026)	n.t.b.
400	undefined wire	n.t.b.	n.t.b.
404	ACSR Bobolink	n.t.b.	n.t.b.
800	Staalwerk OSA 150kV	002.678.00.0935071 (10124.719-12-1003)	n.t.b.
803	Staalwerk KES 150kV	002.678.00.0935072 (10124.719-12-1004)	n.t.b.
805	Voetplaat grondafspanning isolatoren op OSP 380/150kV	002.678.00.0935073 (10124.719-12-1105)	n.t.b.
807	Overzicht mast 19A (RSD-RSB-wDT150)	10124.719-35-1025	Bestaand
1203	Spacer t.b.v. Bobolink, 2 bundel	Spacer type S 150kV)	n.t.b.
2306	Parallelekien t.b.v Bobolink	n.t.b.	n.t.b.
2307	T-klem stift 830 t.b.v 2 bundel Bobolink	n.t.b.	n.t.b.

3.1	31-03-2022	Wijziging paalposities																				
3.2	09-03-2022	Update naar aanleiding RFA 0972615 versie 0.4																				
2.0	12-01-2022	Update naar aanleiding RFA 0972615 versie 0.2																				
1.0	05-11-2021	Concept versie																				
Revisie	Datum	Omschrijving																				
<table border="1"> <tr> <td>Projectnaam</td> <td>TenneT Engineering ZW380 kV Oost</td> </tr> <tr> <td>Status</td> <td>CONCEPT</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>09-03-2022</td> </tr> <tr> <td>Tekenaar</td> <td>EKA</td> </tr> <tr> <td>Projectnummer</td> <td>10124.719</td> </tr> <tr> <td>Origineel</td> <td>OSP Mast 19A</td> </tr> <tr> <td>Projectlocatie</td> <td>CONCEPT</td> </tr> </table>			Projectnaam	TenneT Engineering ZW380 kV Oost	Status	CONCEPT	Datum	09-03-2022	Tekenaar	EKA	Projectnummer	10124.719	Origineel	OSP Mast 19A	Projectlocatie	CONCEPT						
Projectnaam	TenneT Engineering ZW380 kV Oost																					
Status	CONCEPT																					
Datum	09-03-2022																					
Tekenaar	EKA																					
Projectnummer	10124.719																					
Origineel	OSP Mast 19A																					
Projectlocatie	CONCEPT																					
<table border="1"> <tr> <td>Revisie</td> <td>Datum</td> <td>Omschrijving</td> <td>Schaal</td> <td>Formaat</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1:100</td> <td>A 0</td> </tr> </table>			Revisie	Datum	Omschrijving	Schaal	Formaat				1:100	A 0										
Revisie	Datum	Omschrijving	Schaal	Formaat																		
			1:100	A 0																		
<table border="1"> <tr> <td>Bladzijde</td> <td>Tekst</td> </tr> <tr> <td>Zie rapport 21-0668 (002.678.00.093655)</td> <td>Categorie</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Documenttype</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Object</td> </tr> <tr> <td></td> <td>OSP Mast 19A</td> </tr> <tr> <td>Gebruiker (ind. of nieuw)</td> <td>Omschrijving</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Zijaanzichten primaire installatie Mast 19A</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Bladnummer</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>van 5</td> </tr> </table>			Bladzijde	Tekst	Zie rapport 21-0668 (002.678.00.093655)	Categorie		Documenttype		Object		OSP Mast 19A	Gebruiker (ind. of nieuw)	Omschrijving		Zijaanzichten primaire installatie Mast 19A		Bladnummer		4		van 5
Bladzijde	Tekst																					
Zie rapport 21-0668 (002.678.00.093655)	Categorie																					
	Documenttype																					
	Object																					
	OSP Mast 19A																					
Gebruiker (ind. of nieuw)	Omschrijving																					
	Zijaanzichten primaire installatie Mast 19A																					
	Bladnummer																					
	4																					
	van 5																					
<table border="1"> <tr> <td>002.678.00.0935044</td> <td>Bladnummer</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>van 5</td> </tr> </table>			002.678.00.0935044	Bladnummer	4	van 5																
002.678.00.0935044	Bladnummer																					
4	van 5																					



3D aanzicht
Schaal 1:250

Overzicht van hoofd elementen t.b.v OSP			
Pos	Omschrijving	Id.nr.	Leverancier
31	Fundatie Poer 1000x1000x10550 (OSP 19A, as 2-3)	002.678.00.0971934 (10124.719-12-1030)	n.t.b.
34	Fundatie Poer 1000x1000x10550 (OSP 19A, as 1)	002.678.00.0971934 (10124.719-12-1030)	
1050	Hekwerk	SPE.04.002	n.t.b.

3.1	31-03-2022	Wijziging paalpositie
3.0	09-03-2022	Update naar aanleiding RFA 0972615 versie 0.3
2.0	12-01-2022	Update naar aanleiding RFA 0972615 versie 0.2
1.0	05-11-2021	Concept
Revisie	Datum	Omschrijving

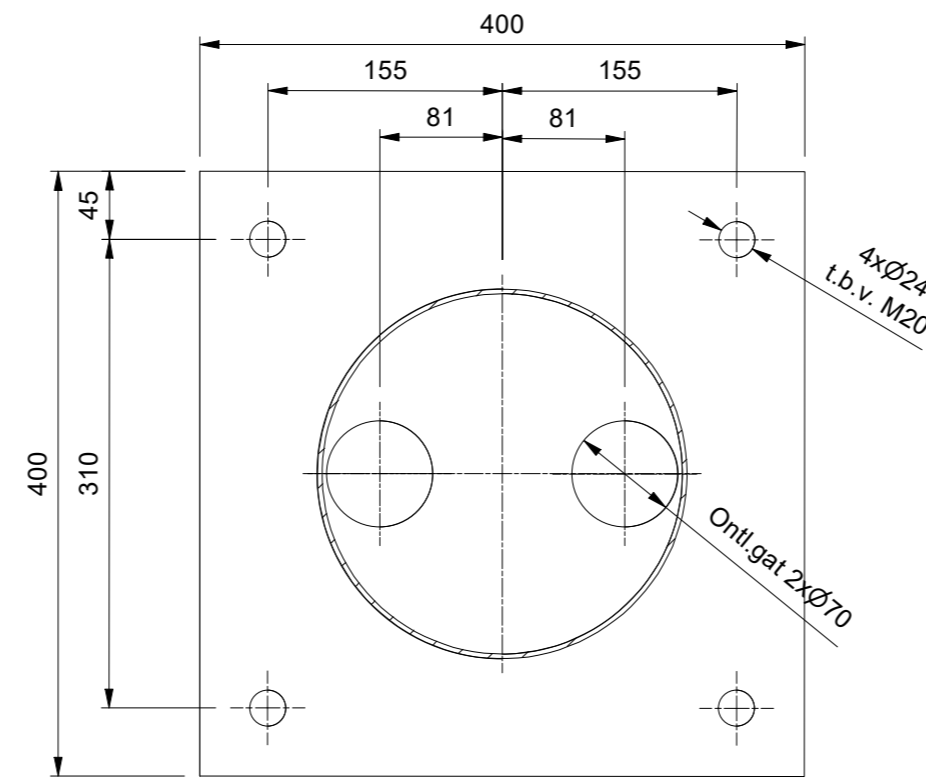
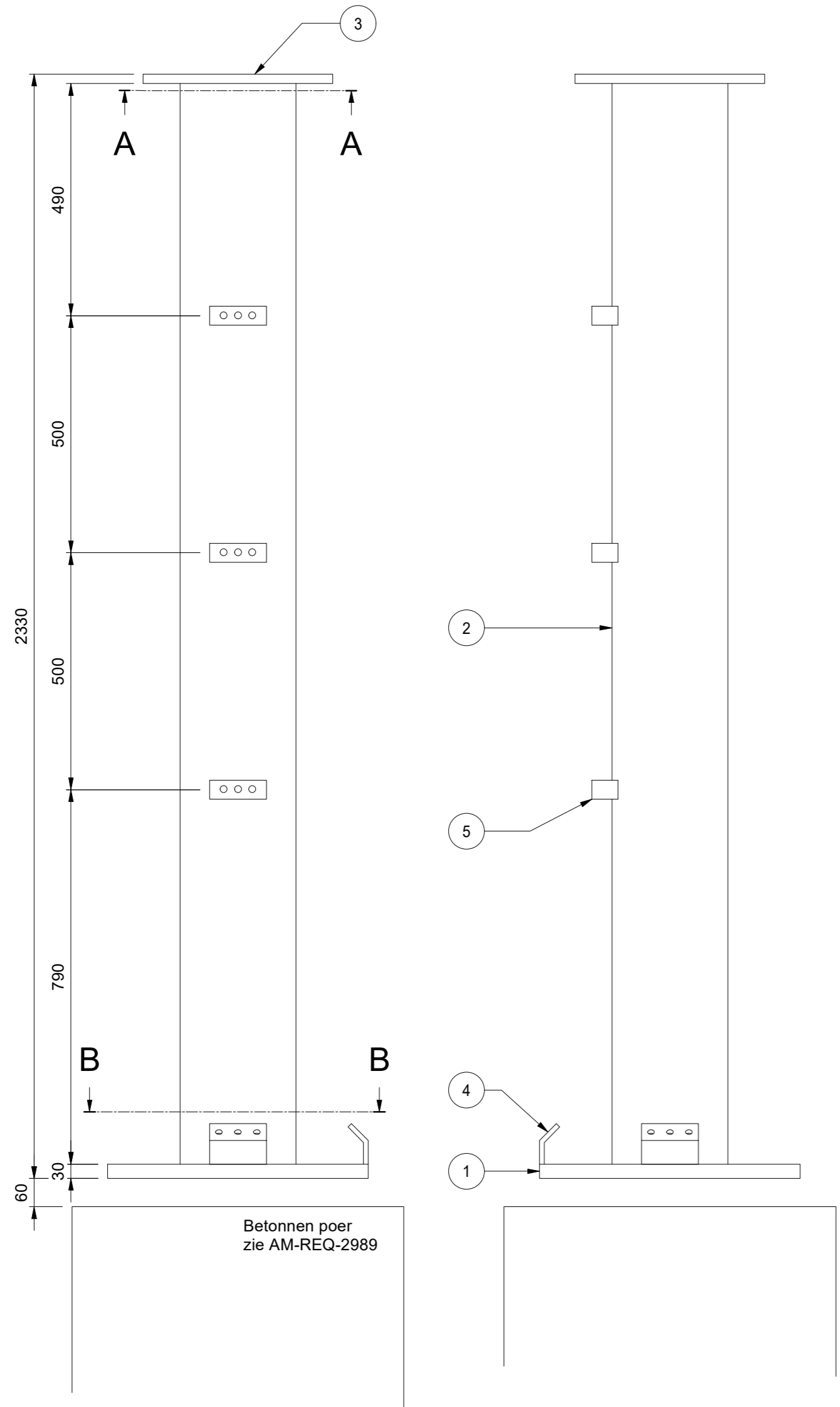
 DNV Energy Systems Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem		Projectnaam: TenneT Engineering ZW380 kV Oost Status: CONCEPT Datum: 09-03-2022 Tekenaar: EKA Vrijgever:	Schaal: 1:100 Units: mm Projectnummer: 10124.719 DNV document: 10124.719-11-1010
--	--	--	---

Naam: 150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost Tekeningstafus: CONCEPT		Datum As-Built:	Schaal:	Formaat: A1		
Rev.	Datum revisie	Omschrijving revisie	Gefekend	Datum As-Built	Schaal	Formaat

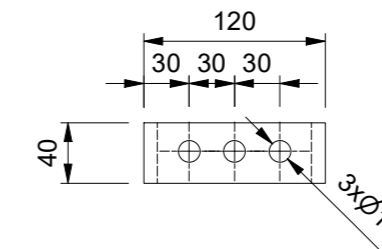
Relatie: Zie rapport 21-0967 (002.678.00.0928567)	Thema: OSP Mast 19A
Tekeningnummer (oud of nieuw):	Omschrijving: Bovenaanzicht civiele installatie OSP Mast 19A

 Taking power further	TeneT nummer: 002.678.00.0935044	Blad nummer: 5 van 5
--------------------------	-------------------------------------	-------------------------

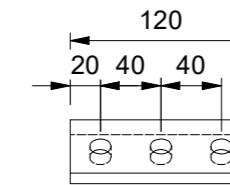
C.25 Staalwerk OSA



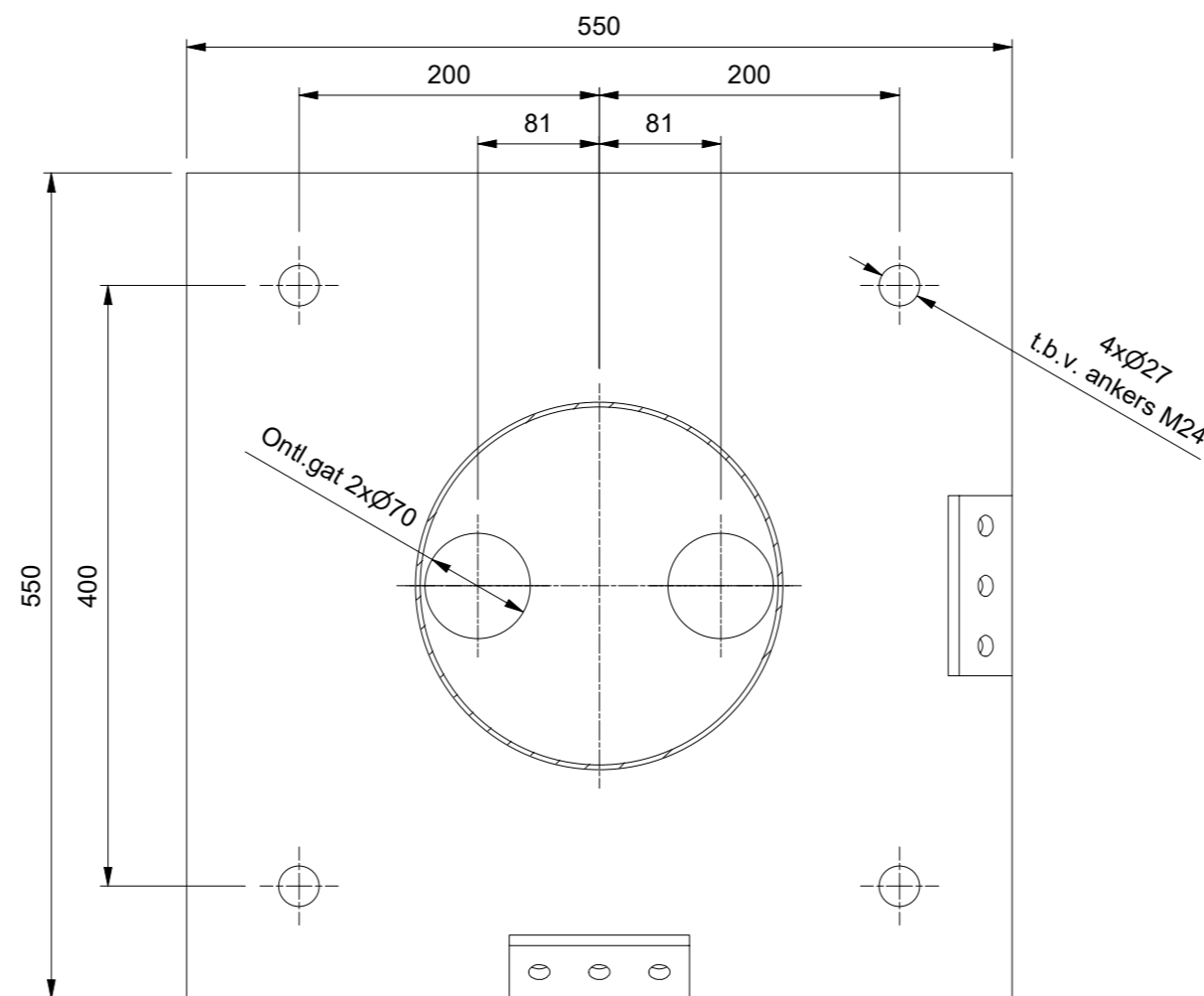
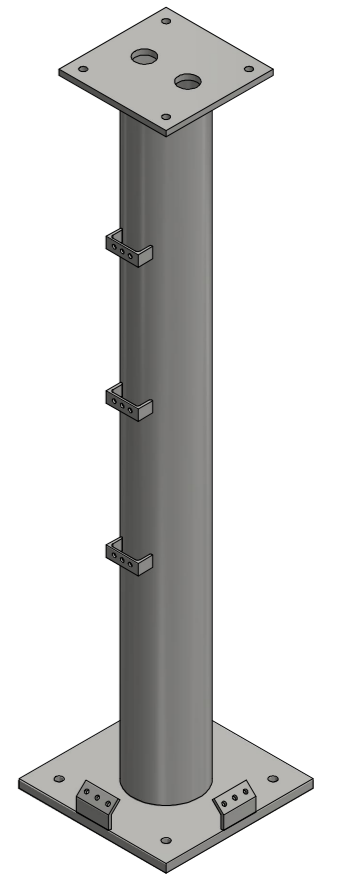
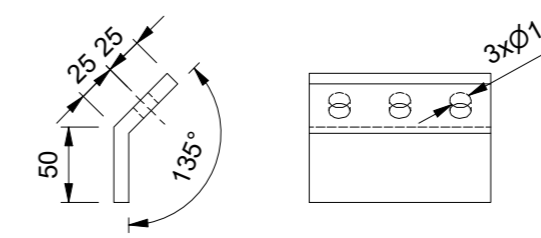
POS 3 , PL400x400x20
A-A (1 : 5)



POS 5, UNP120 Lg40 (1 : 5)



POS 4, PL100x10 Lg120 (1 : 5)



POS 1, PL 550x550x30
B-B (1 : 5)

Gewicht ca 139 kg

Item	Qty	Description	MATERIAL	MASS
5	3	UNP120 LG40	S355J2	0,5 kg
4	2	PL100x10 LG120	S355J2	0,9 kg
3	1	PL400x400x20	S355J2	23,6 kg
2	1	Buis 244,5x6,3	S355J2	42,7 kg
1	1	PL550x550x30	S355J2	68,9 kg

Rev.	Date	Description
3.0	3-11-2021	Update naar aanleiding RFA rapportage
2.0	27-07-2021	RFA commentaar verwerkt

Project: TenneT Engineering ZW380 kV Oost	
Design State: Released	Scale: 1 : 10
Date: 27-7-2021	Units: mm
Author: EKA	Projectno: 10124.719
Approved: EPL	DNV Doc.no: 10124.719-12-1003

Title: 150/380 kV Verbinding ZW 380kV Oost		Design State	
Rev.No.	Date revision	description revision	Author:
			Date As-Built
			Scale
			Format
			1 : 10
			A2

Relationship to other drawings	Theme
	Category
	Documenttype
Drawing no. (old or new)	Object ID
	Description
	TenneT number: 002.678.00 0935071

DATUM: 20-12-2021
STATUS TENNET: DEFINITIEF
REVISIE TENNET: 1.0



C.26 Fundatietekening opstijgpunt

D.1 4 Vergunningsrapportage BW HDD 8.1

Kruising 2 HDD's met de Nieuwe Roosendaalsche Vliet

Vergunningsrapport waterschap Brabantse Delta



Verantwoording

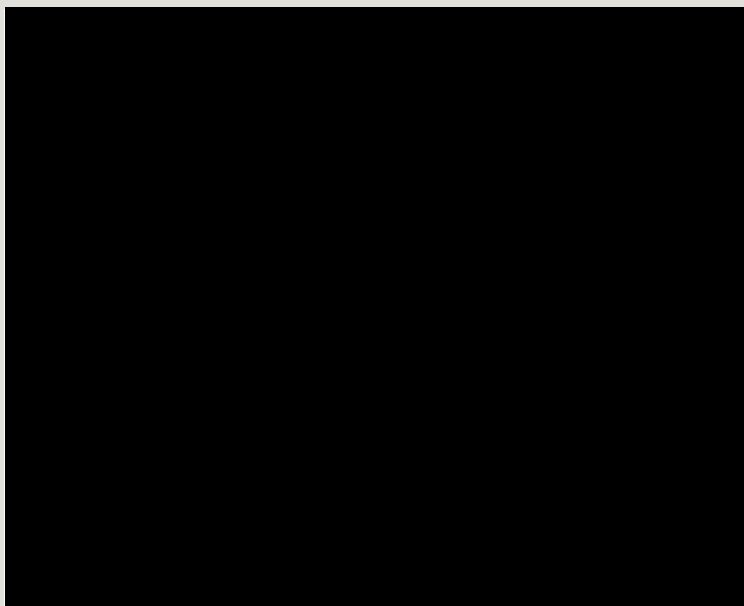
Titel: Kruising 2 HDD's met de Nieuwe Roosendaalsche Vliet
Onderwerp: Vergunningsrapport waterschap Brabantse Delta
Projectnummer: 51001237
Klant: TenneT
Referentienummer: NL22-648800269-22723
Versie: D1

Datum: 26-04-2022

Auteurs:
E-mailadres:

Gecontroleerd door:
Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door:
Paraaf vrijgegeven:



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1	Situatie	5
1.2	Leeswijzer	6
2.	Uitgangspunten	7
2.1	Gebruikte documenten	7
2.2	Vigerende normen en richtlijnen	7
2.3	Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen	8
2.4	Horizontale ligging en tussenafstand	8
2.5	Diepteligging	8
2.6	Inwendige overdruk	9
2.7	Grondwaterstand	9
2.8	Belasting- en ondersteuningshoek	10
2.9	Importantiefactor	10
2.10	Geotechnische parameters	10
2.11	Boortechnische gegevens	11
2.12	Verkeersbelasting	11
2.13	Boogstralen	11
3.	Ontwerp	13
3.1	Gegevens HDD	13
3.2	Boorparameters	14
3.3	Intredepunt	14
3.4	Uittredepunt en uitlegstrook	14
4.	Berekeningsresultaten	16
4.1	Trekkrachtberekening	17
4.2	Sterkteberekening bedrijfsfase	17
4.3	Muddrukberekening	17
4.4	Implosie	17
4.5	Kwelweg	18
4.5.1	Kwel uit het eerste watervoerende pakket	18
4.5.2	Kwel tussen de peilgebieden	19
5.	Risico's en aandachtspunten	21
6.	Conclusie	22
6.1	Algemeen	22
6.2	Uitkomsten ontwerp en berekening	22
	Bijlage 1 – Ontwerptekening	23
	Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek	24

Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline25

1. Inleiding

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen sleufloos worden uitgevoerd door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's) en persingen.

Dit rapport betreft de kruising met de Nieuwe Roosendaalsche Vliet. De kruising (met codering BW HDD8.1) is vergunningsplichtig bij waterschap Brabantse Delta. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en de Richtlijn Boortechnieken.

1.1 Situatie

Het tracé start aan de westzijde van Rijksweg A17. Het tracé kruist van oost naar west de Nieuwe Roosendaalsche Vliet, een hoofdwaterloop en vaarweg in het beheer van waterschap Brabantse Delta, een slibopvang van Suez en kruist nabij het uittredepunt een persleiding Ø1.500 mm van waterschap Brabantse Delta. Verder kruist de HDD een aantal kabels en leidingen waaronder tweemaal een leiding van DOW Benelux. Kruisend met het tracé is een toekomstige mastenroute van TenneT geprojecteerd. De HDD's hebben een lengte van circa 826 m.

Het tracé bestaat uit twee 150kV-circuits, waardoor twee afzonderlijke parallelle HDD-bundels moeten worden gemaakt. Eén bundel bestaat uit 4 mantelbuizen PE100 Ø315 mm SDR 11. In drie van de mantelbuizen wordt een hoogspanningskabel ingetrokken en één mantelbuis is beschikbaar als reserve.



Figuur 1 Overzicht situatie BW HDD8.1

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten, hoofdstuk 3 het ontwerp en de berekeningen, hoofdstuk 4 bevat de berekeningsresultaten, hoofdstuk 5 de risico's en aandachtspunten en hoofdstuk 6 de conclusies. Als bijlagen zijn toegevoegd de ontwerptekening, grondgegevens en de berekeningen.

2. Uitgangspunten

2.1 Gebruikte documenten

Bij het opstellen van de berekeningen is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Ontwerptekening van BW HDD8.1, tekeningnummer BW-HDD8.1 versie E, d.d. 11-04-2022 opgesteld door Sweco (bijlage 1);
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket en uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek (bijlage 2);
- Grondwaterstand, opgevraagd 25-03-2022, website: <https://embed.hydronet.com>;
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3);
- KLIC-levering 21O045920 en 21O045921 opgevraagd d.d. 04-04-2022;
- Wegbeheerders, opgevraagd d.d. 24-03-2022, website: <https://www.rijkswaterstaat.nl/kaarten/wegbeheerders>;
- Regeling veranderen en gebruiken van wegen Noord-Brabant, Provincie Noord Brabant 2013, website: https://www.brabant.nl/actueel/regelingen/cvdr93041_2.

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Keur en leggers van Waterschap Brabantse Delta;
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0 van Rijkswaterstaat;
- Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50);
- Algemene regels waterschap Brabantse Delta, <https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR358593/5>;
- VELIN Richtlijn nr. 2017/6 Versie september 2019;
- Voorschriften behorende bij de overeenkomst tot gebruik van de Buisleidingenstraat en tot exploitatie van daarin gelegen leidingen – januari 2017 van LSNed.

2.3 Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen

- NEN 3650-1: 2020, bijlage F.4.3 stelt: De afstand (dagmaat) tussen een parallelleiding of -boring moet minimaal 5 m bedragen, tenzij wordt aangetoond dat een kleinere afstand toelaatbaar is.
- De minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen conform de Richtlijn Boortechnieken is:
 - o De minimale dagmaat bij een kruising met een bestaande HDD-boring is 5,0 meter, onafhankelijk van de grondslag;
 - o De minimale dagmaat in zandgrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 5,0 meter;
 - o De minimale dagmaat in klei-/veengrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 10,0 meter;
 - o Bij gelijktijdige uitvoering van meerdere HDD-boringen is het risico op schade minder groot omdat de ligging onderling beter bekend is en omdat kabels en leidingen nog niet in bedrijf zijn. In deze situatie kan de onderlinge dagmaat verkleind worden, zodanig dat stuurcorrecties onbelemmerd kunnen plaatsvinden. De vergunningaanvrager dient een afwijkende dagmaat te onderbouwen, waarbij aantoonbaar wordt gemaakt dat er geen risico ontstaat voor het rijkswaterstaatswerk.

De Richtlijn is specifiekier dan de NEN 3650, voor het ontwerp houden we daarom de Richtlijn Boortechnieken aan. De eerste circa 10 m -mv bestaat uit klei- en veenlagen, maar omdat de HDD's voor circa 90% in de pleistocene zandlaag liggen is een dagmaat van 5 m als uitgangswaarde genomen. De HDD's zullen daarnaast met een gyroscoop geboord worden, zodat de afwijkingen minimaal zijn.

2.4 Horizontale ligging en tussenafstand

In het ontwerp zijn de volgende afstanden gehanteerd:

- Voor de horizontale afstand van de HDD's tot hoogspanningsmast is aan maaiveld een minimale dagmaat afstand van 10 meter uit de teen van de mast aangehouden.

2.5 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- De HDD's dienen een dagmaat van 10 meter onder de waterbodem van de waterloop/vaarweg te liggen (NEN 3651:2020 paragraaf 9.6.2).
 - o De bodemdieptes zijn ontleend aan de legger van waterschap Brabantse Delta. Het Nieuwe Roosendaalsche Vliet heeft een bodemdiepte van NAP -3,50 m. Het hart van de HDD's liggen hier op een diepte van circa NAP -19,00 m en de bovenkant van de HDD's liggen hier op een diepte van circa NAP -18,5 m. De diepteligging voldoet hiermee aan de eis.
- De Algemene Regels van het waterschap Brabantse Delta vereisen een minimale dekking van 2,5 m onder de waterbodem van een vaarweg. De maatgevende richtlijn uit NEN 3651 is in dit geval aangehouden als uitgangspunt voor het ontwerp.

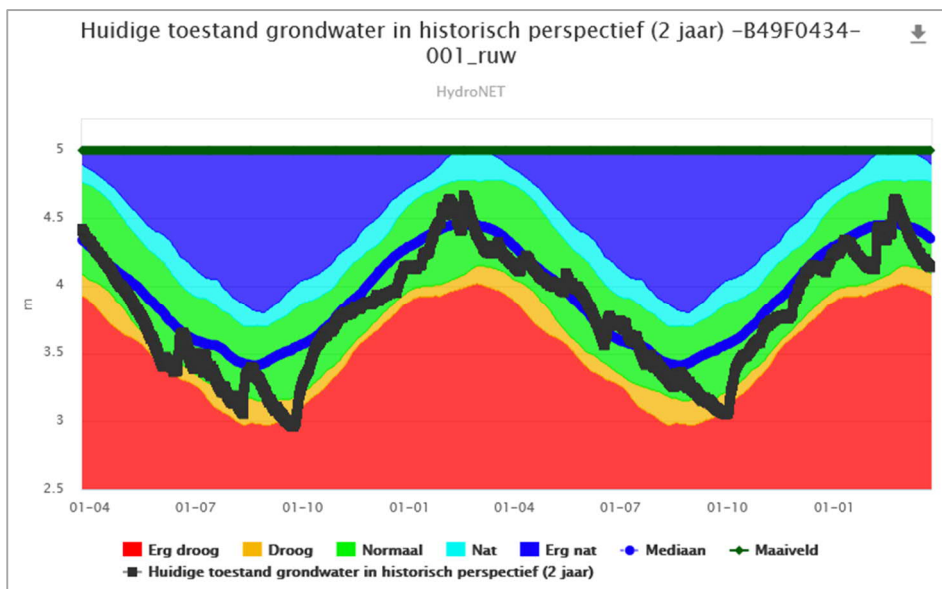
- De HDD's dienen een minimale afstand tot gesloten verhardingen van Provincie Brabant te hebben van 3 meter (Regeling veranderen en gebruiken van wegen Noord-Brabant, 2013)
 - Bij de Westelijke Havendijk en de Vlietweg liggen de HDD's dieper dan 10 m ten opzichte van het maaiveld. De leiding voldoet hiermee aan de dekkings- en afstandseisen.
- Voor de tussenafstand met (kruisende) kabels en leidingen conform VELIN Richtlijn nr. 2017/6 Versie september 2019 minimaal een dagmaat van 5 m aangehouden.
 - De HDD's lopen op een minimale afstand van 9 m langs een buisleiding voor het transport van gevaarlijke stoffen van DOW. Dit voldoet aan de VELIN richtlijn.
- Voor kruising met overige kabels en leidingen waaronder de persleiding van waterschap Brabantse Delta wordt een dagmaat van 5 meter aangehouden.

2.6 Inwendige overdruk

Het betreft mantelbuizen. Er is dus niet gerekend met inwendige overdruk.

2.7 Grondwaterstand

In dit gebied zijn grondwaterstandmetingen schaars. Via HydroNet zijn grondwaterstandmetingen uit de omgeving gevonden, op circa 2 km afstand. De grondwaterstand fluctueert door het jaar heen, maar heeft een gemiddelde van circa 1 m-mv (zie figuur 2). Dit nemen wij als uitgangspunt voor BW HDD8.1.



Figuur 2 Grondwaterstand nabij BW HDD8.1

2.8 Belasting- en ondersteuningshoek

Conform NEN3650-1:2020 paragraaf C.4.1.3 bedraagt voor een HDD de:

- belastingfactor voor trekkracht : 1,8;
- belastinghoek : 30°;
- ondersteuningshoek : 30°.

2.9 Importantiefactor

Voor de HDD is conform paragraaf 6.5 van NEN 3651 een importantiefactor van 1,0 gehanteerd.

2.10 Geotechnische parameters

De gebruikte geotechnische gegevens en parameters zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek. De ID-nummers, dieptes en de afstanden tot het boortracé van de gebruikte boringen en sonderingen staan in Tabel 2-1. De volledige boringen en sonderingen staan in bijlage 2 van deze rapportage. Op basis van dit grondonderzoek heeft Sweco een maatgevend bodemprofiel langs het geplande boortracé opgesteld. Dit bodemprofiel is gecontroleerd met behulp van het 3-D ondergrondmodel GeoTOP. Dit is een model van de grondlagen in de Nederlandse ondiepe ondergrond, opgesteld door de Geologische Dienst Nederland, onderdeel van TNO.

Tabel 2-1 Overzicht van het gebruikte grondonderzoek.

ID-nummer	Type	Diepte [NAP m]	Afstand tot boortrace [m]
B49E1003	Boring	-2	100
B49E0015	Boring	-25	100
1174.S03	Sondering	-19	220
1174.S04	Sondering	-19	220
1174.S05	Sondering	-24	220

De sonderingen, uitsluitend ruim 200 m ten westen van het tracé genomen, geven de aanwezigheid van zand in de toplagen aan. Echter, uit de boringen op kleinere afstand van het tracé blijkt dat de bovenste lagen tot circa -8,5 m NAP bestaan uit zandige klei- en veenlagen. De enkele beschikbare sonderingen laten deze zandige klei- en veenlagen echter niet zien. Hieruit kunnen we concluderen dat aanvullend grondonderzoek noodzakelijk is om een grondprofiel met grotere nauwkeurigheid vast te stellen. Om veiligheidsmarge in de berekening in te bouwen, zijn de relatief slappe klei- en veenlagen over het gehele boortracé aangehouden. Tabel 2.2 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs het profiel zien.

Tabel 2.2 Grondparameters gebruikt in de berekening

Niveau bovenkant [m t.o.v. NAP]	Niveau onderkant [m t.o.v. NAP]	Lithologie	γ_d [kN/m ³]	γ_n [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Su top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
1,3	-0,0	Zand, sterk siltig, kleiig	18	20	0,0	25,0	0,0	15000
-0,0	-2,0	Veen, slap	11	11	1,5	15,0	25,0	200
-2,0	-8,5	Zand, sterk siltig, kleiig	18	20	0,0	25,0	0,0	15000
-8,5	-14,0	Zand, schoon, los	17	19	0,0	30,0	0,0	15000
-14,0	-29,0	Zand, schoon, vast	19	21	0,0	35,0	0,0	75000

2.11 Boortechnische gegevens

De boortechnische parameters voor het ontwerp en de muddrukberoeeningen zijn betrokken uit het Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50), NEN 3650:2020 en NEN 3651:2020. De voor de berekeningen gehanteerde waarden zijn terug te vinden in de invoer van de muddrukberoeeningen in bijlage 3.

2.12 Verkeersbelasting

Ter plaatse van de kruising met de Westelijke Havendijk en de Vlietweg is verkeersklasse II gehanteerd conform figuur C17 uit NEN3650-1:2020.

2.13 Boogstralen

Het beleid van TenneT is dat HDD's met een gyroscoop geboord worden. De minimaal mogelijke boogstraal van een gyroscoop bedraagt volgens leverancier Brownline 180 m.

In dit ontwerp is sprake van horizontale bochten van 1750 en 1755 m en verticale bochten van 227 en 250 m. De boogstraal voldoet aan de minimaal vereiste straal van 180 m voor de gyroscoop.

Met de toepassing van een gyroscoop kan tijdens de pilotboring worden bijgestuurd om afwijkingen te compenseren. Het boren met gyroscoop zorgt er daarom voor dat de afwijkingstolerantie bij de uitvoering van de HDD's binnen de afwijkingstolerantie blijven zoals benoemd in tabel 2.1 uit de Richtlijn Boortechnieken.

Tabel 2-1 afwijkingstoleranties HDD

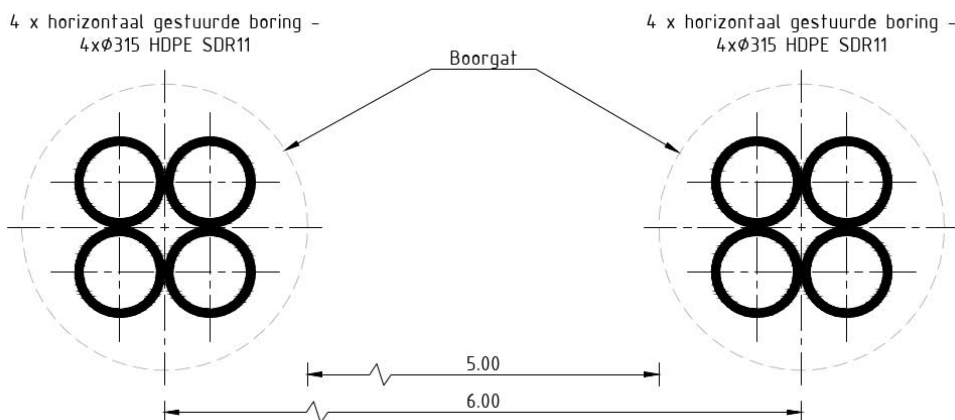
RICHTING	MAXIMALE UITVOERINGSAFWIJKING
Verticaal*	+1/-1 m
Horizontaal:	
- in lengterichting; t.p.v. uittredepunt	+5/-2 m
- in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt	+1/-1 m
- in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	+5/-5 m
Bochtstralen	< 10%

3. Ontwerp

3.1 Gegevens HDD

Het ontwerp van de twee HDD's heeft de volgende kenmerkende parameters:

- materiaal: PE100 4x Ø315 mm SDR 11;
- lengte: 826 m;
- maximale diepte hart buis: NAP -19 m;
- intredehoek: 15°;
- uittredehoek: 17° en 18°;
- verticale boogstralen: 227 en 250 m;
- horizontale boogstralen: 1750 en 1755 m.



Figuur 3 Doorsnede van de 2 HDD's

Aan de hand van NEN 3650 en NEN 3651 en de Richtlijn Boortechneik is een ontwerp gemaakt voor de HDD's. De voornaamste randvoorwaarden voor het ontwerp zijn:

- De HDD dient een zodanig tracé te volgen dat er voldoende dekking aanwezig is in het gehele tracé om een blow-out te voorkomen;
- De sterkte van de leiding dient zodanig te zijn dat deze intact blijft gedurende de aanleg en in de bedrijfsfase.

3.2 Boorparameters

Bij de berekeningen zijn de volgende boorparameters aangehouden:

- boorinstallatie : maxi-rig, minimaal 50 ton;
- diameter boorstang : 0,17 m;
- volumegewicht bentoniet : 11,5 kN/m³;
- diameter pilothole : Ø300 mm;
- ruimgat : Ø500 mm;
- boorgat : Ø1000 mm.

3.3 Intredepunt

Het intredepunt ligt in het bouwland tussen de A17 en de Nieuwe Roosendaalsche Vliet (zie figuur 4). De locatie is bereikbaar vanaf de Vlietweg aan de westzijde van het intredepunt. Op circa 9 m vanaf het intredepunt ligt een buisleiding voor het transport van gevaarlijke stoffen van DOW. Het werkterrein ligt buiten deze leiding. Om het werkterrein te betreden dient met DOW afgestemd te worden welke maatregelen nodig zijn.

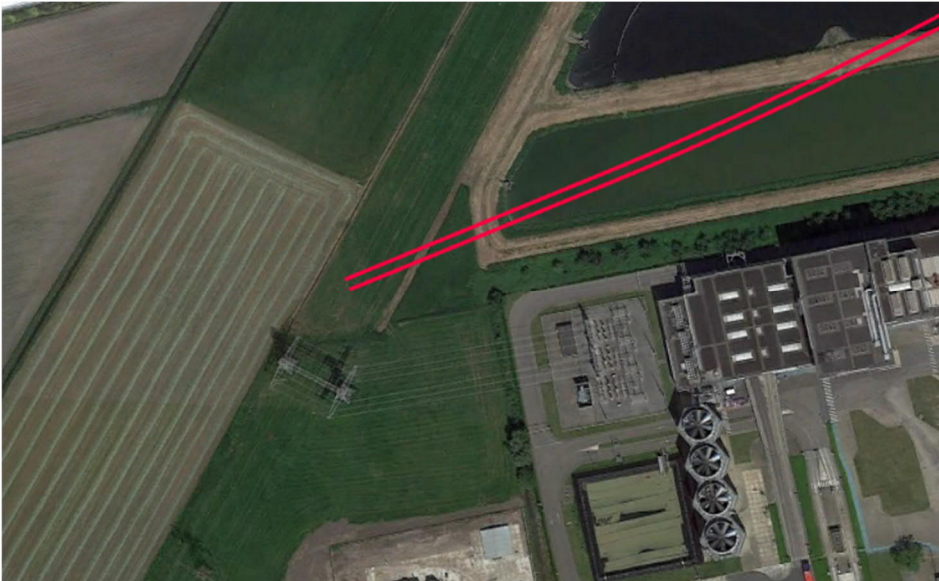


Figuur 4 Intredepunt BW HDD8.1

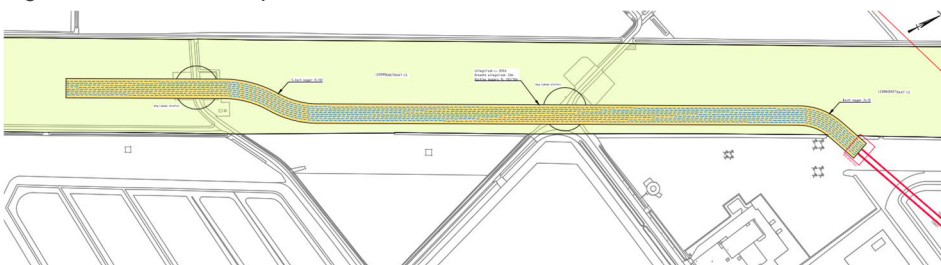
3.4 Uittredepunt en uitlegstrook

Het uittredepunt ligt in bouwland aan de westzijde van het boortracé naast een mast van TenneT (mast 19A, RSD-WDT 150kV) en onder bovengrondse hoogspanningskabels (zie figuur 5). Het uittredepunt ligt voorbij de persleiding Ø1.500 mm van waterschap Brabantse Delta (minimale afstand 30 m) en net voor de leidingenstraat van LSNed. De locatie is bereikbaar via de Potendreef.

De uitlegstrook ligt in de leidingenstraat van LSNed (zie figuur 6). De uitlegstrook kruist twee keer een weg: de T-splitsing tussen de Noordstraat en de Potendreef en de Hogeweg. De T-splitsing dient tijdelijk afgesloten te worden voor verkeer. De Hogeweg betreft een doodlopende straat. Bij het uittredepunt en de uitlegstrook dient de aannemer rekening te houden met het werken onder en nabij hoogspanningsmasten.



Figuur 5 Uittredepunt BW HDD8.1



Figuur 6 Uitlegstrook BW HDD8.1 in de leidingenstraat van LSned

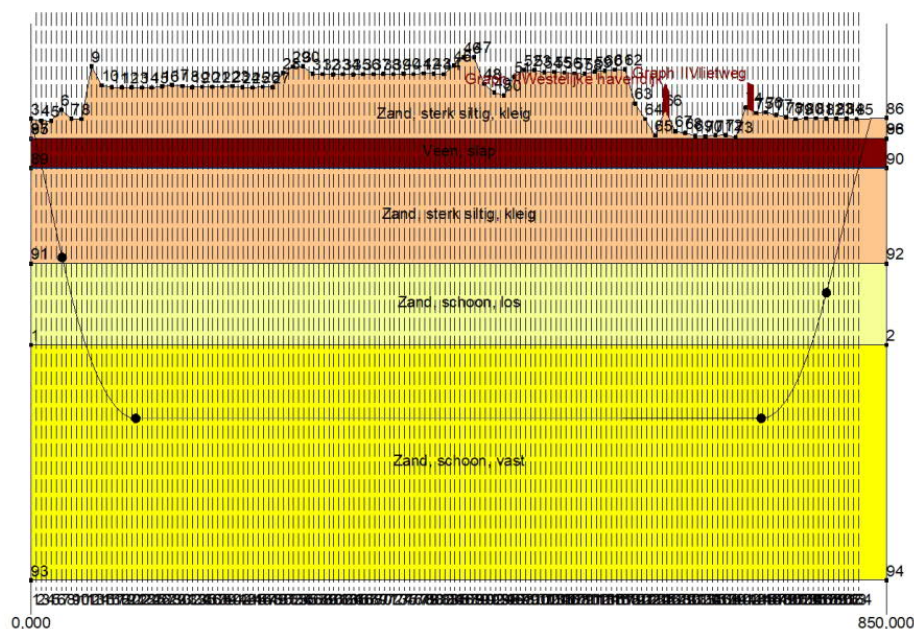
4. Berekeningsresultaten

De volgende berekeningen zijn voor de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd:

- een trekkrachtberekening;
- een sterkteberekening voor de bedrijfsfase;
- een muddrukberekening;
- een implosieberekening;
- een kwelwegbeschouwing.

Er is één berekening, dus maar één profiel, opgesteld voor beide HDD's. Uitgangspunt is dat de verschillen tussen de profielen van de twee HDD's verwaarloosbaar klein zijn.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd als bijlage 3. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



Figuur 7 D-Geo Pipeline-model van HDD's

4.1 Trekkkrachtberekening

De berekende maximale trekkracht bedraagt $270 \times 1,8 = 486$ kN bij volledig met water gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van $4,87$ N/mm² aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is 10 N/mm².

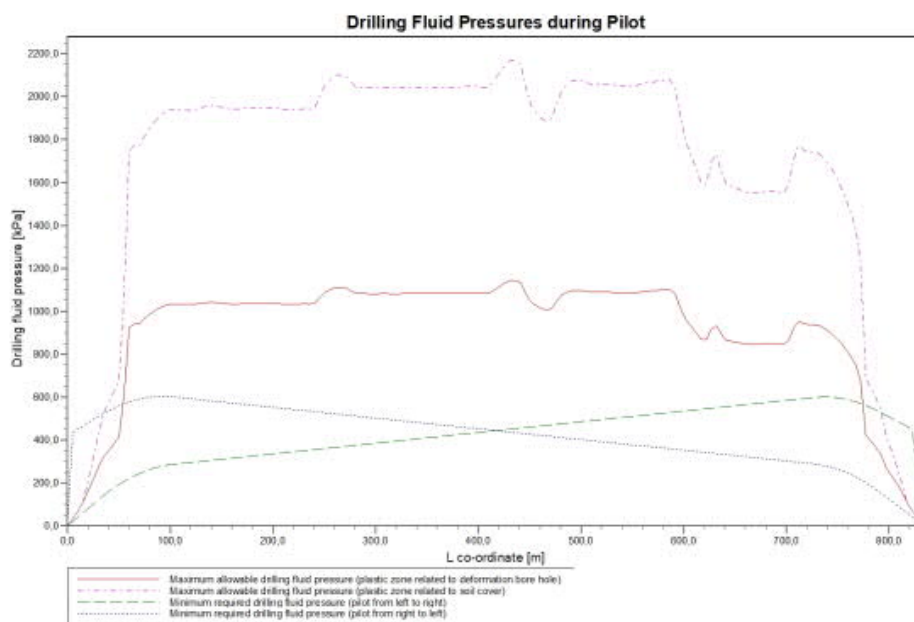
4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase

Voor de volledig met water gevulde mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van $3,25$ N/mm². Toelaatbaar is 8 N/mm² waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van $6,7$ mm ($1,80\% \times D_0$) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van $15,80$ mm (5%).

4.3 Muddrukberekening

Bij de geplande diepteligging van de HDD's bestaat tijdens de pilotboring, getuige de berekeningsresultaten, de kans op muduitbraak in de laatste 40 m van het tracé. Geadviseerd wordt bij nadering van het uittredepunt, bij met name de voor muduitbraak maatgevende pilotboring, de druk op de boorspoeling te verminderen. Bij het ruimen en de intrekoperatie wordt geen blow-out berekend.



Figuur 8 Muddrukberekening tijdens pilot fase

4.4 Implosie

Zowel tijdens de intrekoperatie als de bedrijfstoestand blijkt uit de berekeningen dat geen implosie optreedt. De berekende alzijdige overdruk op lege leiding bedraagt circa 190 kN/m², terwijl 280 kN/m² toelaatbaar is.

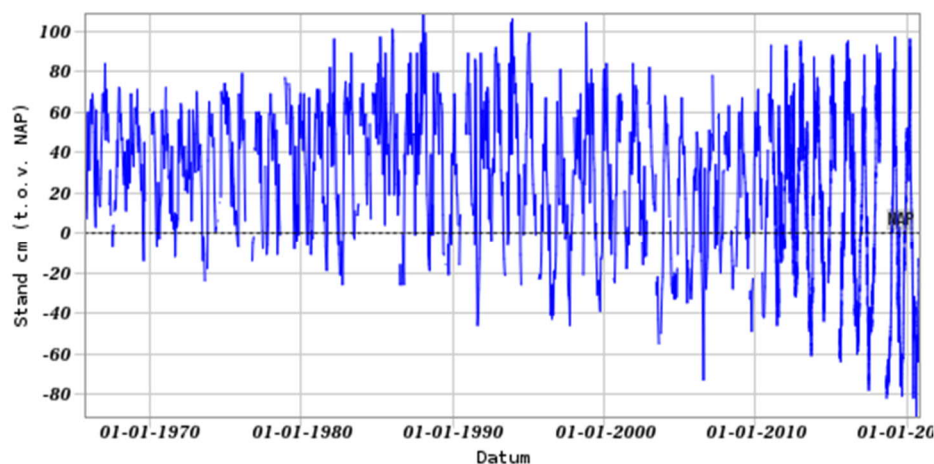
4.5 Kwelweg

Langs een HDD kan op twee wijzen kwel ontstaan. Ten eerste kan kwel ontstaan indien sprake is van overspannen water in de diepere grondlagen. In dat geval is de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket hoger dan de freatische waterstand. Ten tweede kan kwel ontstaan indien een HDD twee verschillende peilgebieden verbindt. Hierdoor kan een kortsluitstroom langs de HDD ontstaan. In onderstaande paragraaf zijn beide situaties beschouwd.

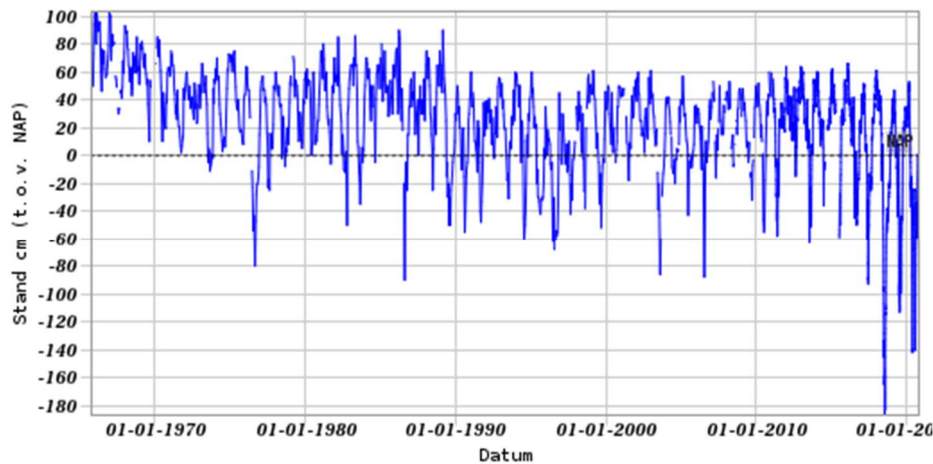
4.5.1 Kwel uit het eerste watervoerende pakket

Ter illustratie zijn de meetgegevens uit DINOloket van peilbuis B49E0068 hieronder weergegeven. Deze peilbuis ligt op circa 2 km afstand van het boortracé. Te zien is dat de freatische grondwaterstand B49E0068-001 gemiddeld hoger of gelijk ligt dan de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket B49E0068-002.

Op basis van deze peilbuis verwachten we geen kwel. Echter ligt de peilbuis op 2 km afstand tot het boortracé en kan niet met zekerheid zeggen dat er geen sprake is van kwel. We adviseren om nader onderzoek te doen naar kwel in het vervolgtraject van deze boring.



Figuur 9 *Freatische grondwaterstand B49E0068-001 uit Dinoloket, filter op NAP 0,09 m*



Figuur 10 Grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket, B49E0068-002 uit Dinoloket, filter op NAP -27,73 m

4.5.2 Kwel tussen de peilgebieden

Het waterschap Brabantse Delta heeft in dit gebied geen peilbesluit vastgesteld. Dit komt omdat dit gebied is gedefinieerd als 'vrij afwaterende gebieden'. In die gebieden kan het waterschap geen extra water aanvoeren, waardoor het meest optimale peil kan zakken. Een gegarandeerd waterpeil is dus in principe niet mogelijk in deze gebieden.

Het waterpeil van de Nieuwe Roosendaalsche vliet is niet bekend. We gaan ervan uit dat deze hoger ligt dan het peil aan de oostzijde en westzijde van de HDD's. Het mogelijk dat kwel optreedt bij een verkorting van de natuurlijke kwelweg door de HDD. Op circa 50 m ten westen van de Nieuwe Roosendaalsche vliet kruisen de HDD's een categorie B waterloop (OWL27751). De kwelwegen zijn berekend volgens Bligh-Lane:

Natuurlijke kwelweg < kwelweg via HDD

$$L_0 \times \frac{1}{3} < L_{vert} + L_{hor} \times \frac{1}{6}$$

Waarin:

- L₀: kortste natuurlijke kwelweg
- L_{vert}: kwelweg in verticale richting
- L_{hor}: kwelweg in horizontale richting (< 45°)

De factoren 1/3 en 1/6 zijn weegfactoren conform Bligh-Lane voor stroming langs een contactvlak van twee grondlagen, respectievelijk het contactvlak tussen grond en boorgang.

In tabel 4-2 zijn de kortste natuurlijke kwelwegen en kortste kwelwegen langs de HDD weergegeven. Voor de kortste natuurlijke kwelweg is de minimale afstand tussen twee watergangen uit een peilgebied gehanteerd die door de HDD gekruist wordt. Hieruit blijkt dat geen kwel tussen de peilgebieden via de HDD's kan optreden.

Tabel 4-2 Berekening van de kortste kwelwegen

Van peilgebied	Naar peilgebied	Kortste natuurlijke kwelweg [m]	Kortste kwelweg via HDD [m]
Nieuwe Roosendaalsche vliet	Waterloop links van OWL27751	$24,1/3 = 8,0$	$10,5+35/6+10,5 = 26,8$

5. Risico's en aandachtspunten

De aannemer dient met de volgende specifieke risico's en aandachtspunten rekening te houden:

- Werken in de leidingenstraat van LSNed. De aannemer dient bij zijn werkzaamheden rekening te houden met de voorschriften van LSNed. Dit betekent dat de werkzaamheden plaatsvinden in de buurt van buisleidingen uit categorie 1: buisleidingen met gevaarlijke inhoud;
- Werken in de nabijheid van hoogspanningsmasten. De afstand tot de fundering van hoogspanningsmast 19A bedraagt circa 35 meter;
- Op basis van een peilbuis op 2 km afstand valt geen kwel te verwachten. Het advies is om vanwege de grote afstand van de peilbuis tot de HDD's, in het vervolgtraject te controleren of kwel optreedt;
- De boring en het materieel worden opgesteld aan de oostzijde van de Vlietweg;
- Uitlegstrook: de mantelbuizen worden uitgelegd aan de noordzijde van de HDD in de leidingenstraat van LSNed;
- Om de werkterreinen te betreden zullen bouwinritten nodig zijn. De aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente te bespreken;
- Spiegellassen aanbrengen conform NEN7200;
- Bij het spiegellassen van de leidingdelen dienen alle inwendige lasrillen verwijderd te worden; in overleg met de toezichthouder moeten de verwijderde lasrillen aangetoond kunnen worden;
- TenneT schrijft het gebruik van een gyroscoop als plaatsbepalingssysteem tijdens de pilotboring voor;
- Afwijking van de boorlijn heeft consequenties voor de daarna volgende HDD. De aannemer dient daarom na de pilotboring te controleren of de volgende HDD nog aangepast moeten worden. Ook dient de aannemer rekening te houden met de volgorde van uitvoeren in verband met afstanden tot obstakels, zoals hoogspanningsmasten.

6. Conclusie

6.1 Algemeen

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuidwest-Oost ondergronds te verkabelen.

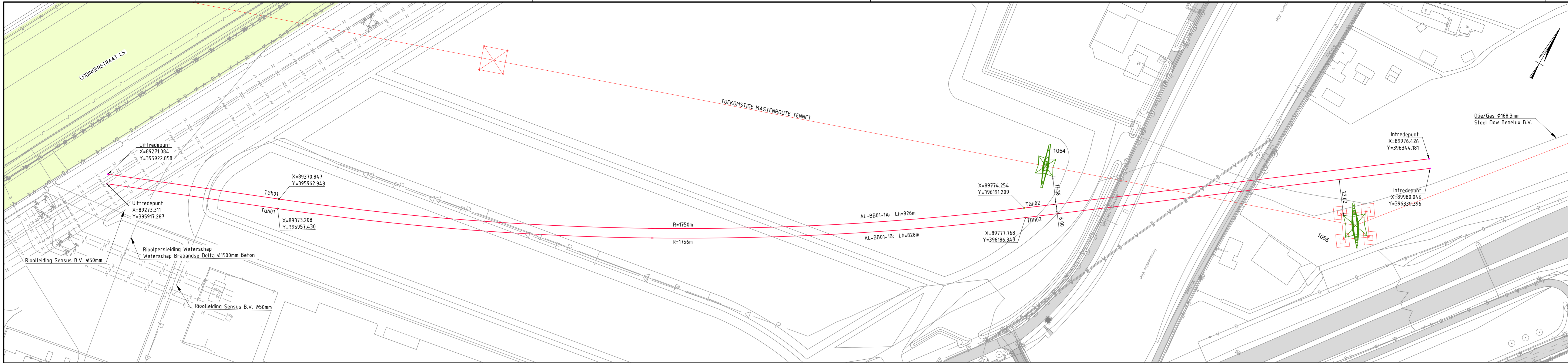
Dit rapport betreft de kruising met de Nieuwe Roosendaalsche Vliet. De kruising (met codering BW HDD8.1) is vergunningsplichtig bij waterschap Brabantse Delta, het ontwerp en berekeningen dienen te voldoen aan de eisen conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en de Richtlijn Boortechnieken.

6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

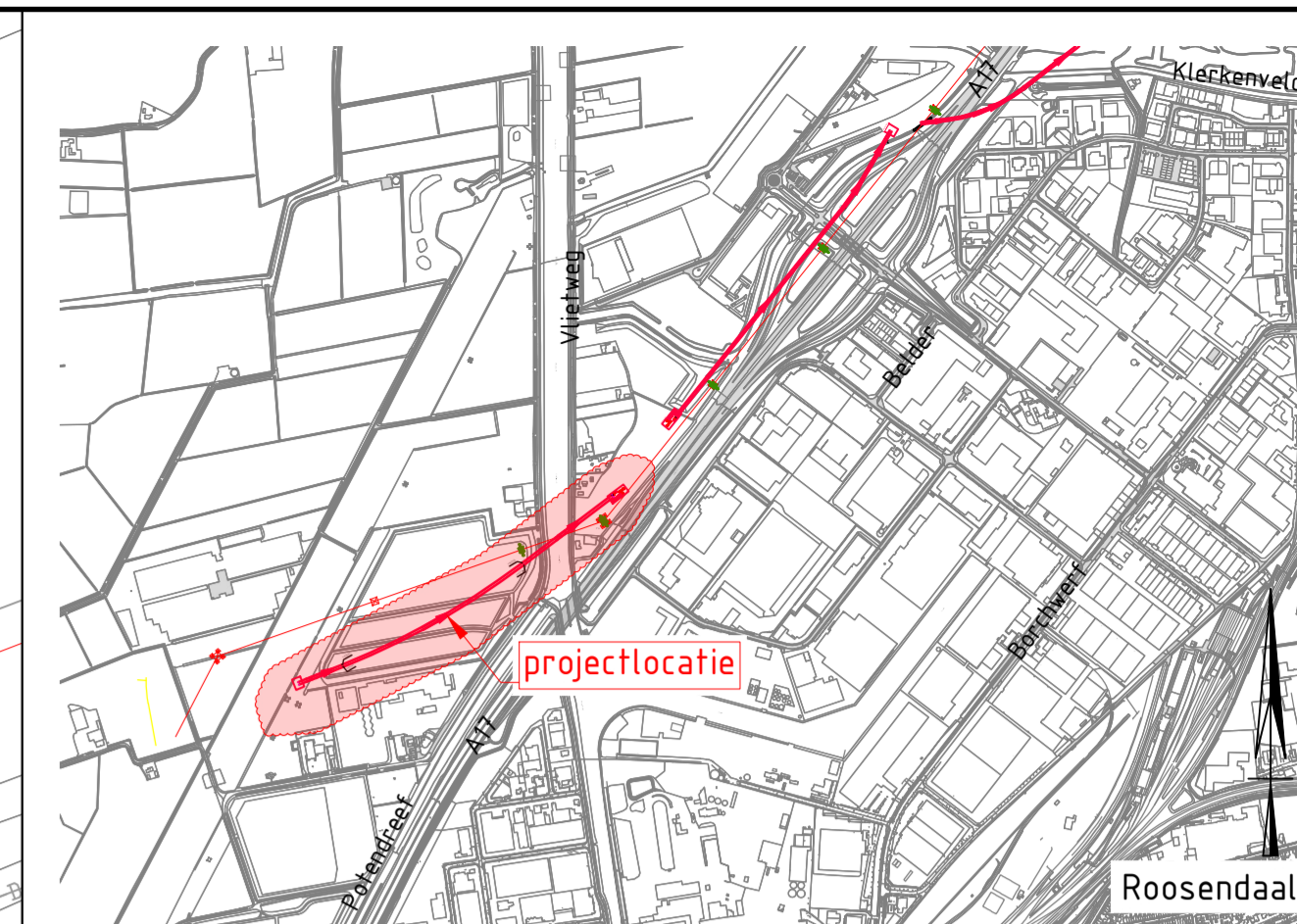
De HDD's, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee parallelle HDD's met PE 100 4x Ø315 mm SDR 11 voldoen aan de eisen.

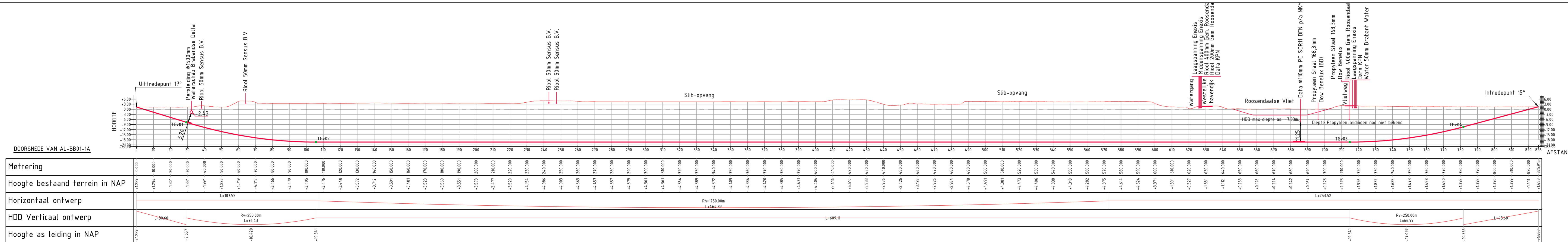
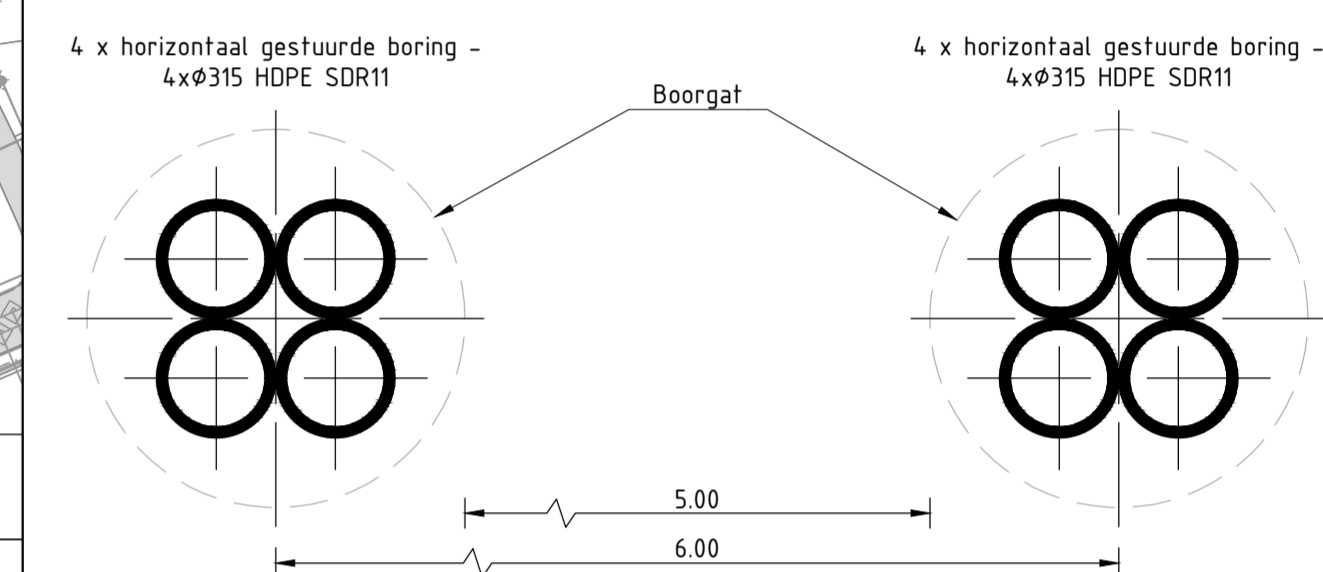
Bijlage 1 – Ontwerptekening



Bovenaanzicht schaal 1:1000



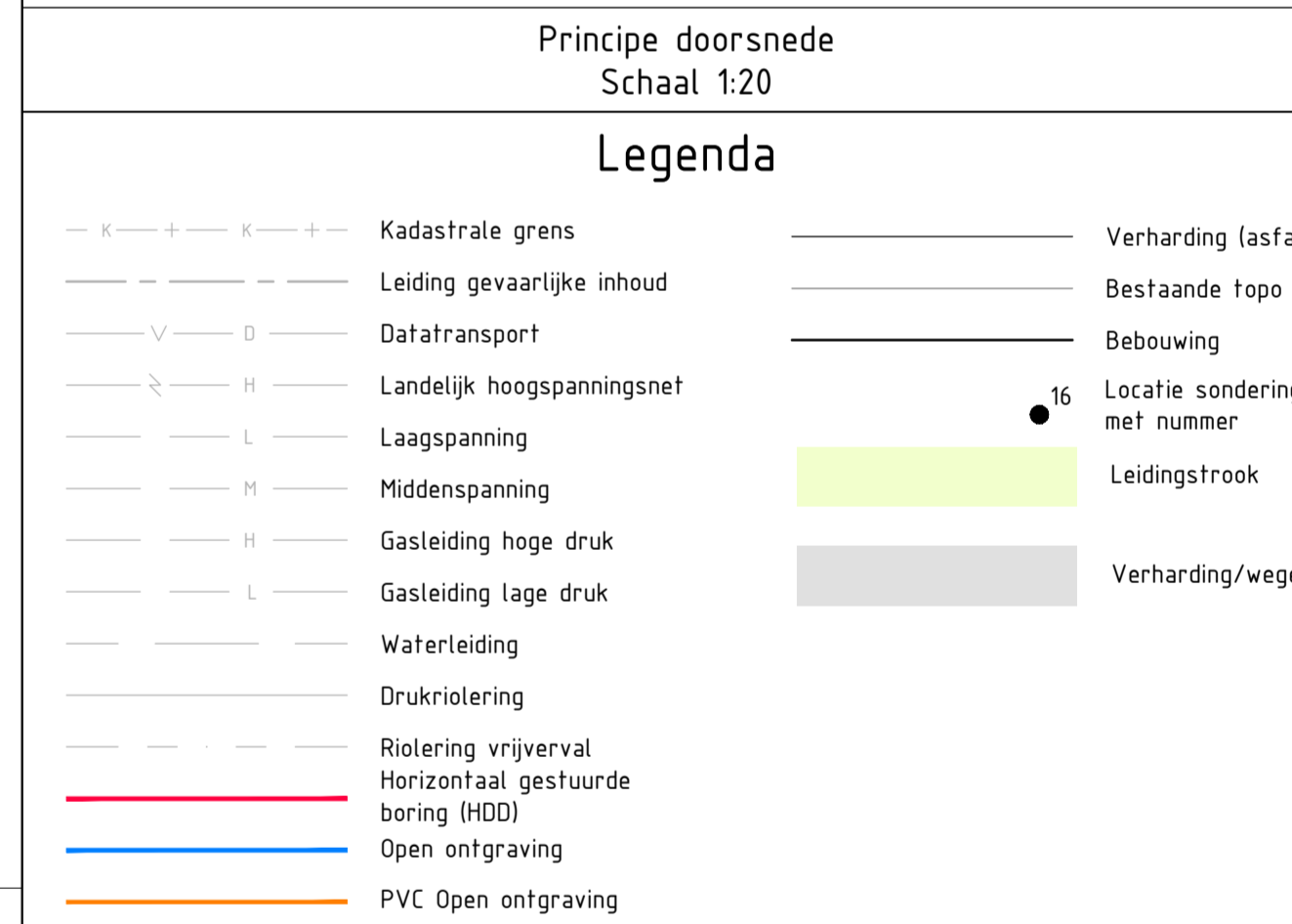
Overzicht
Schaal n.v.t.



Lengteprofiel van AL-BB01-1A: schaal 1:1000

DOORSNEDE VAN AL-BB01-1A

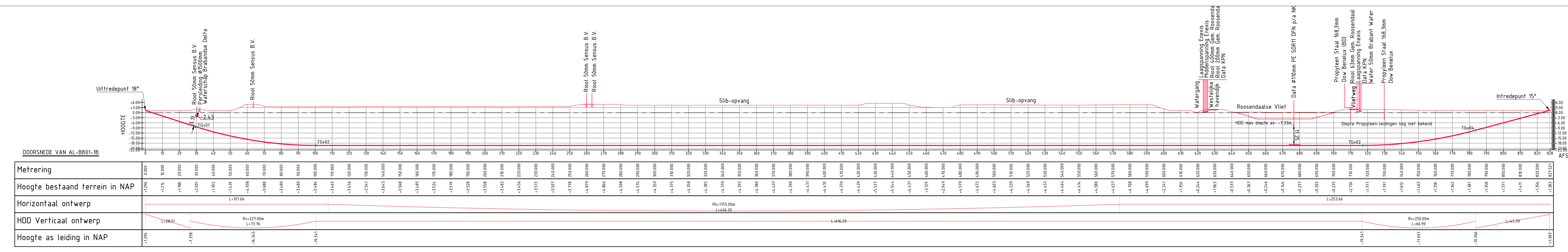
Metreering	0.00
Hoogte bestaand terrein in NAP	+1.297
Horizontaal ontwerp	L=107.53
HDD Verticaal ontwerp	L=30.42
Hoogte as leiding in NAP	-1.299



Principe doorsnede
Schaal 1:20

Legenda

- Kadastrale grens
- Leiding gevaarlijke inhoud
- Datatransport
- Landselijk hoogspanningsnet
- Laagspanning
- Middenspanning
- Gasleiding hoge druk
- Gasleiding lage druk
- Waterleiding
- Drukriolering
- Riolering vrijverval
- Horizontaal gestuurde boring (HDD)
- Open ontgraving
- PVC Open ontgraving
- Verharding (asfalt)
- Bestaande topo
- Bebouwing
- 16 Locatie sondering met nummer
- Leidingsstrook
- Verharding/wegen



Lengteprofiel van AL-BB01-1B Schaal 1:1000

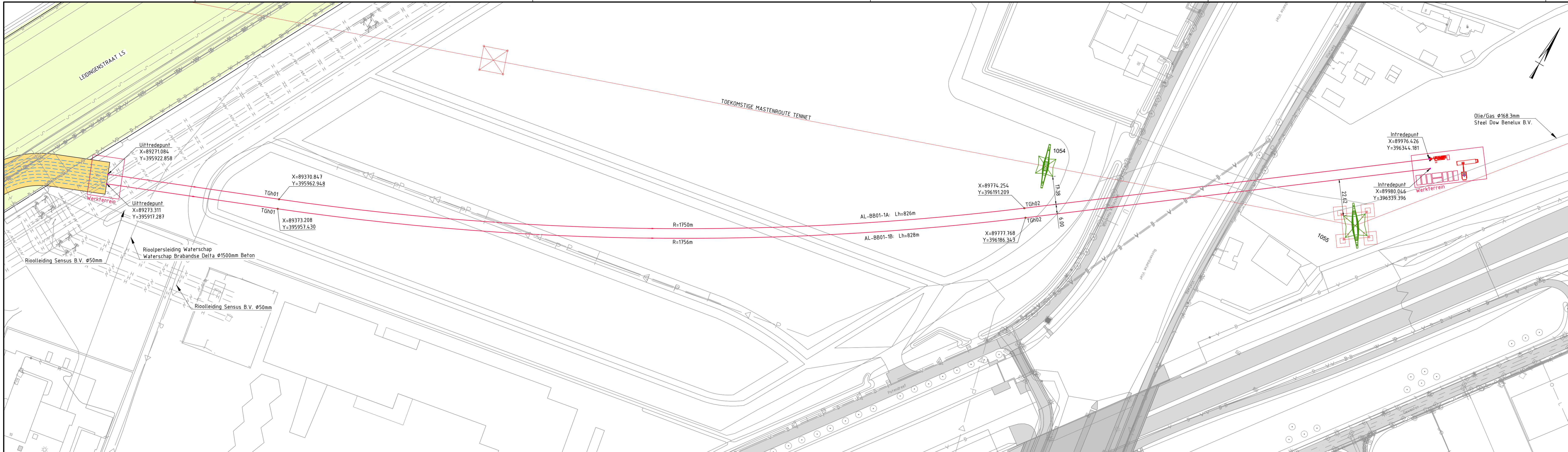
DOORSNEDE VAN AL-BB01-1B

Metreering	0.00
Hoogte bestaand terrein in NAP	+1.276
Horizontaal ontwerp	L=107.66
HDD Verticaal ontwerp	L=28.01
Hoogte as leiding in NAP	-1.276

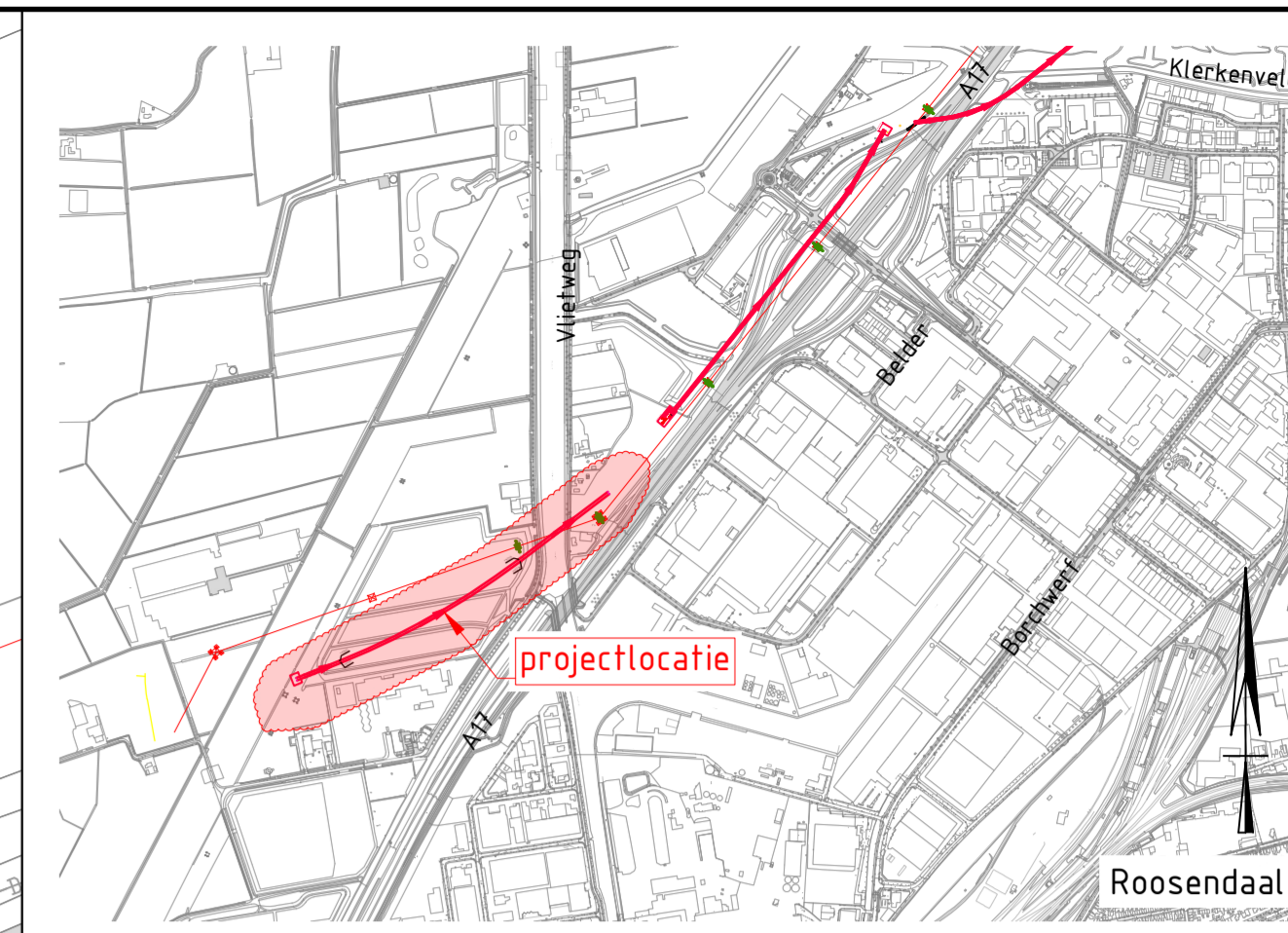
Vergunningstekening

E	T.b.v. Vergunningaanvraag	11-04-2022	JPR	MJ	JD
C	Trace versie 8	11-08-2021	BB	MJ	JD
B	Locatie HDD's	15-07-2021	NU	MJ	JD
A	Eerste uitgave	05-07-2020	NU	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Get.	Goedg.

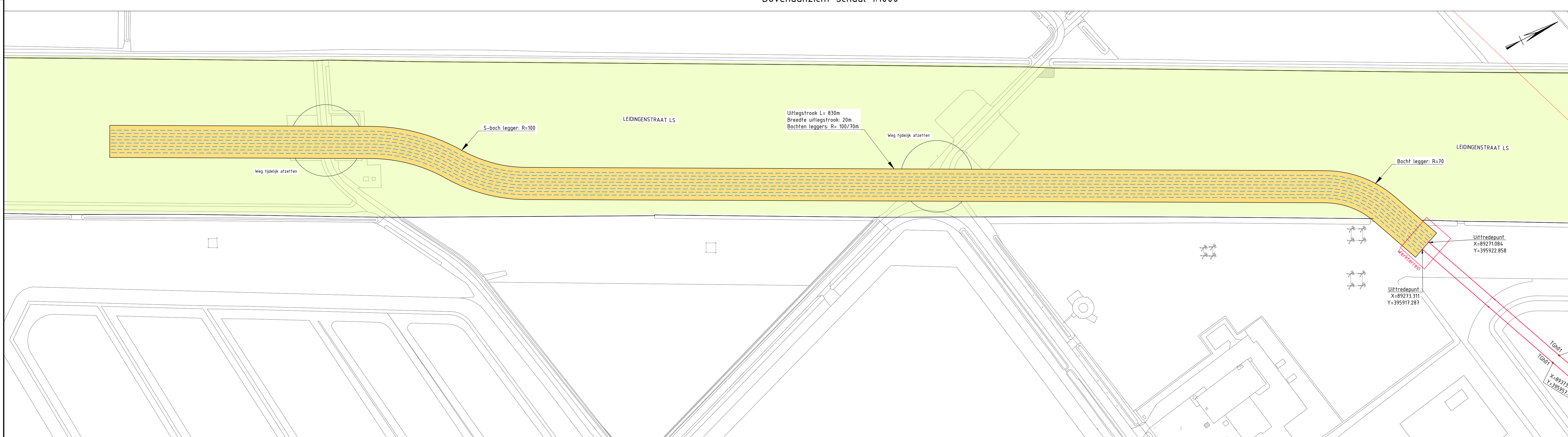
Opdrachtgever					
Tennet TSO B.V.					
Project					
HDD's 150 kv ZWO					
Bouwlocatie					
BW-HDD8.1					
Kruisring Rosendaalse Vliet					
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer
368722	BW-HDD8.1	E	11-04-2022	Definitief ontwerp	
Risico	Van	Schaal	Formaat	Kaartje	Get.
1	2	1:1000	A1L-1189	De Bilt	JPR MJ JD



Bovenaanzicht schaal 1:1000



Overzicht
Schaal n.v.t.



Bovenaanzicht uitlegstrook Schaal 1:1000

Legenda

- - - - -	Kadastrale grens	—	Verharding (asfalt)
- - - - -	Leiding gevaarlijke inhoud	—	Bestaande topo
- - - - -	Datatransport	—	Bestaande bebouwing
- - - - -	Landelijk hoogspanningsnet	—	16
- - - - -	Laagspanning	—	Locatie sondering met nummer
- - - - -	Middenspanning	—	Leidingsstrook
- - - - -	Gasleiding hoge druk	—	Verharding/wegen
- - - - -	Gasleiding lage druk	—	
- - - - -	Waterleiding	—	
- - - - -	Drukriolering	—	
- - - - -	Riolering vrijverval	—	
- - - - -	Horizontaal gestuurde boring (HDD)	—	
- - - - -	Open ontgraving	—	
- - - - -	PVC Open ontgraving	—	
- - - - -	Uitlegstrook	—	

Vergunningstekening

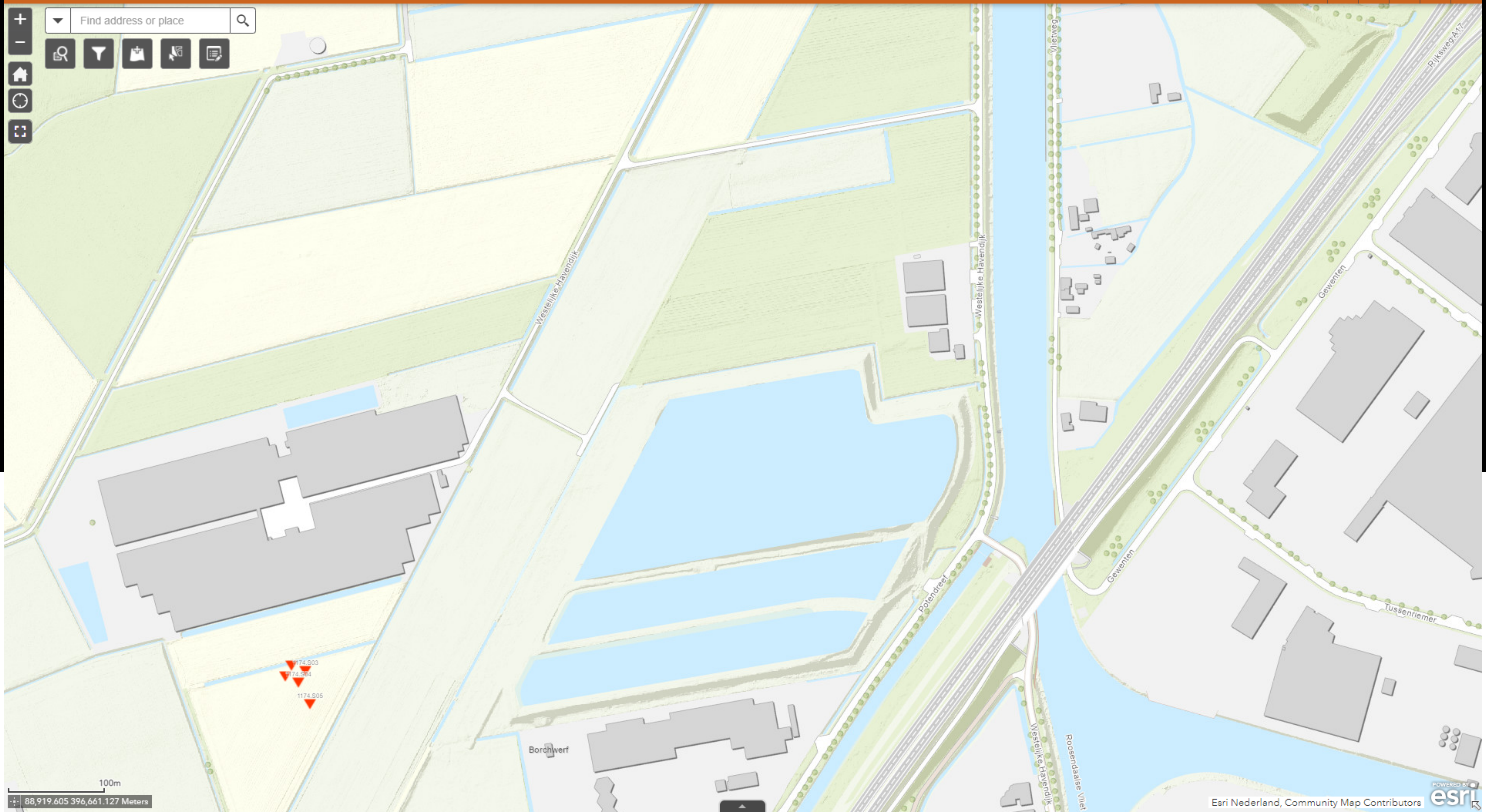
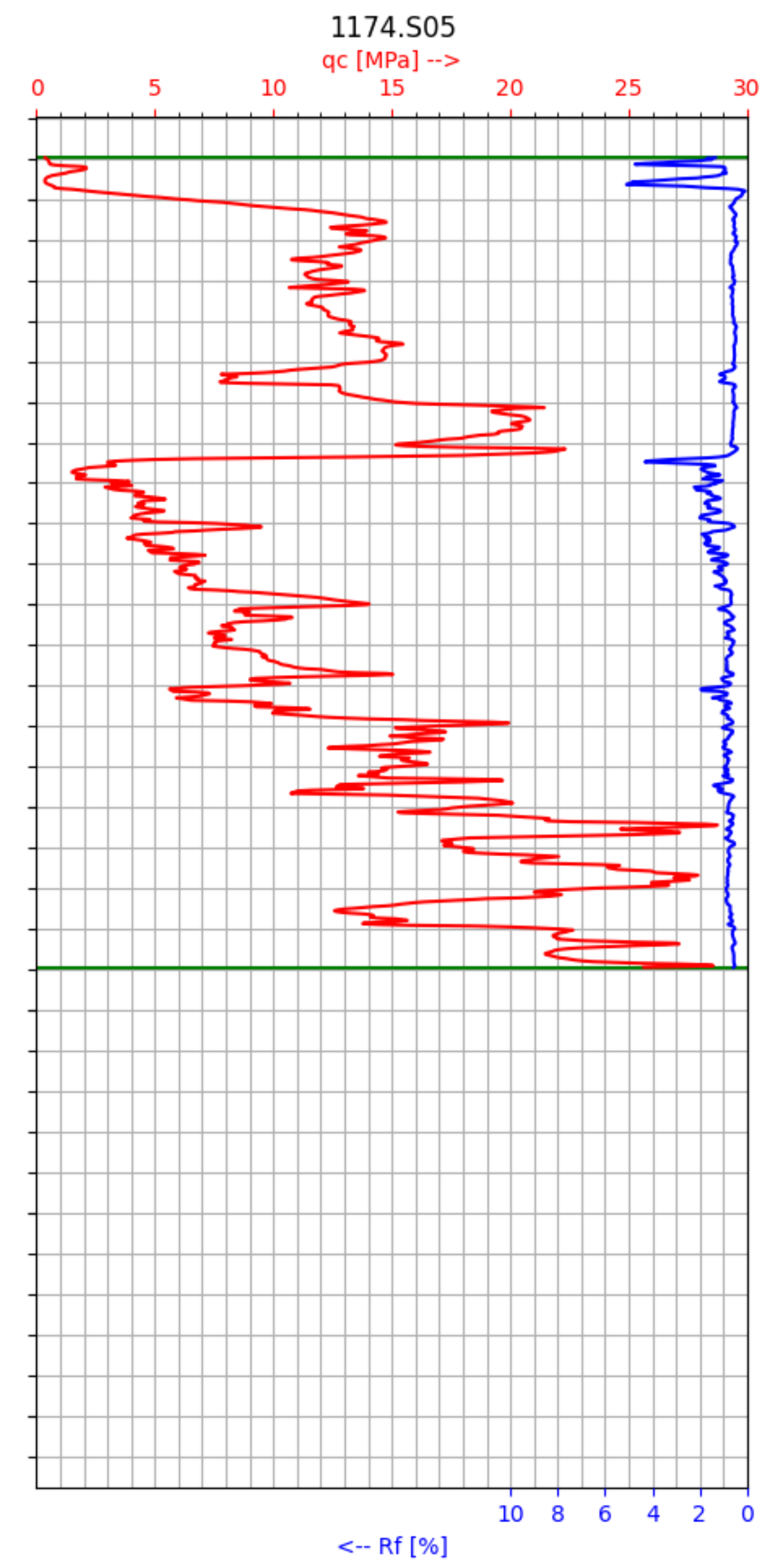
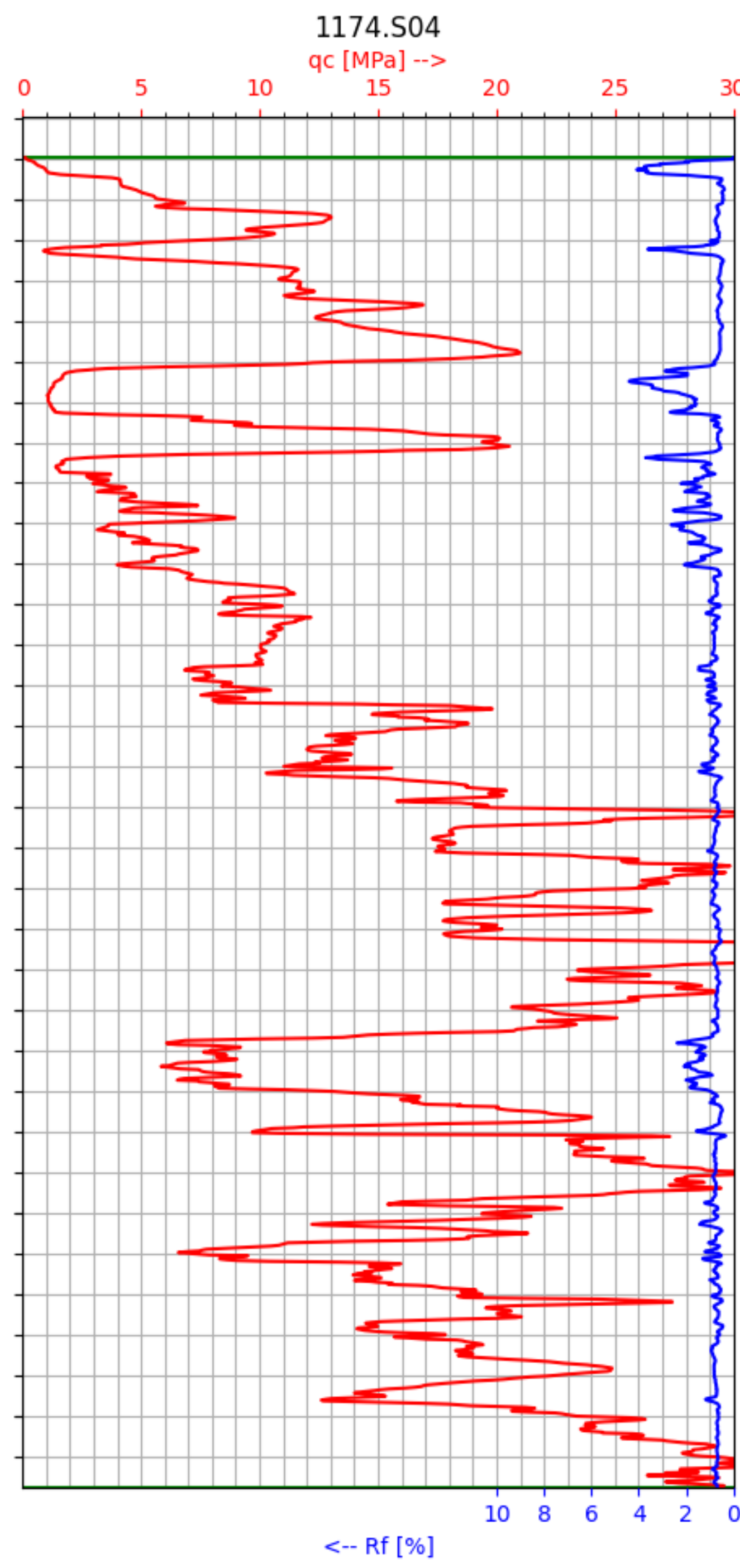
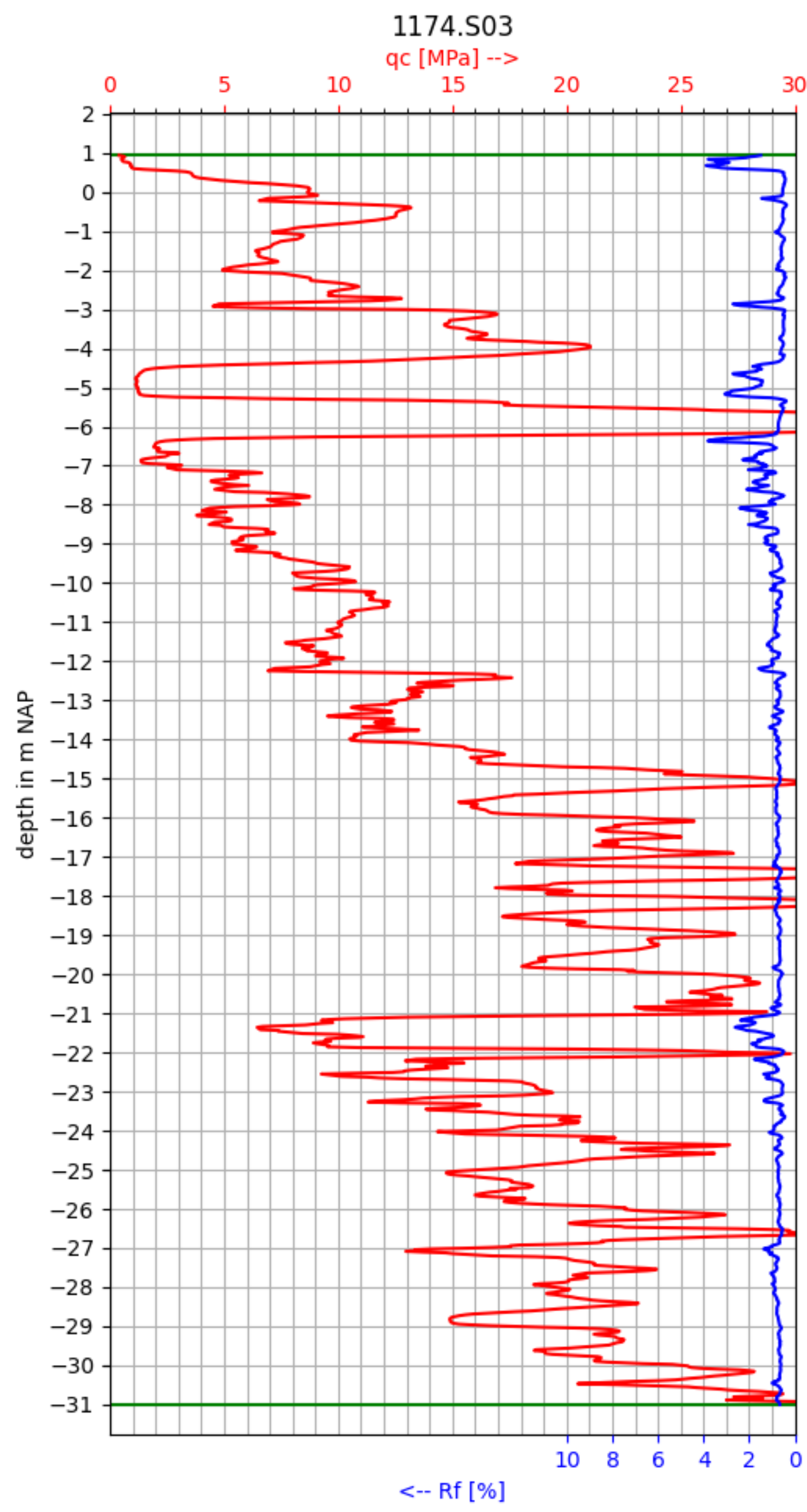
D	T.b.v. vergunningaanvraag	05-04-2022	JPR	MJ	JD
C	Trace versie 8	11-08-2021	BB	MJ	JD
B	Locatie HDD's	15-07-2021	NJ	MJ	JD
A	Eerste uitgave	05-07-2020	NJ	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Get.	Goedg.

TenneT TSO B.V.
 Project: **HDD's 150 kV ZWO**
 Onderdeel: **BW-HDD8.1**
Kruising Roosendaalse Vliet uitlegstrook

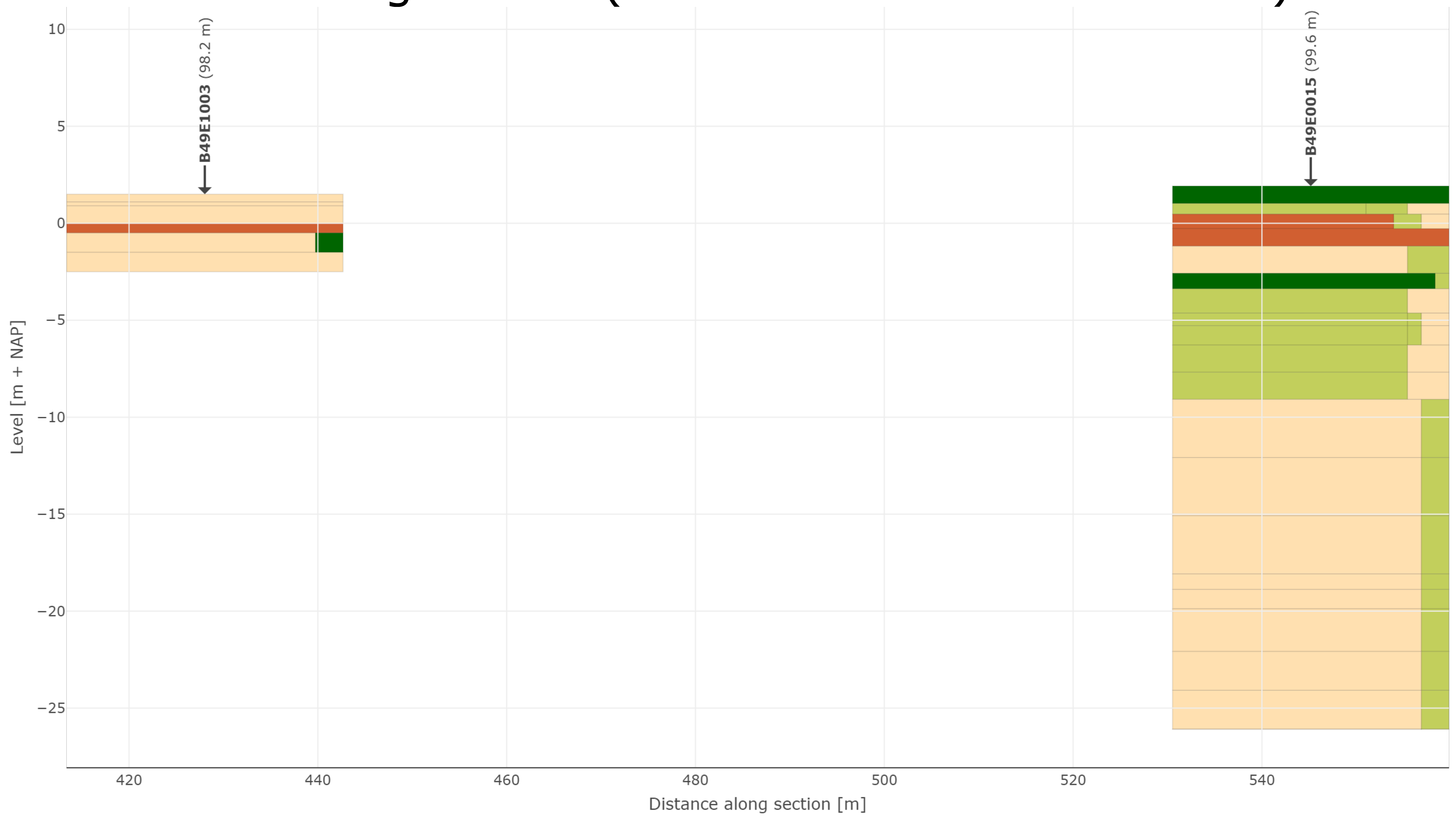
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerplocatie	Contractnummer
368722	BW-HDD8.1	D	05-04-2022	Definitief ontwerp	
Rijl	Van	Schaal	Formaat	Kontor	Get.
2	2	Zie tekening	A1L-1189	De Bilt	BB MJ JD

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

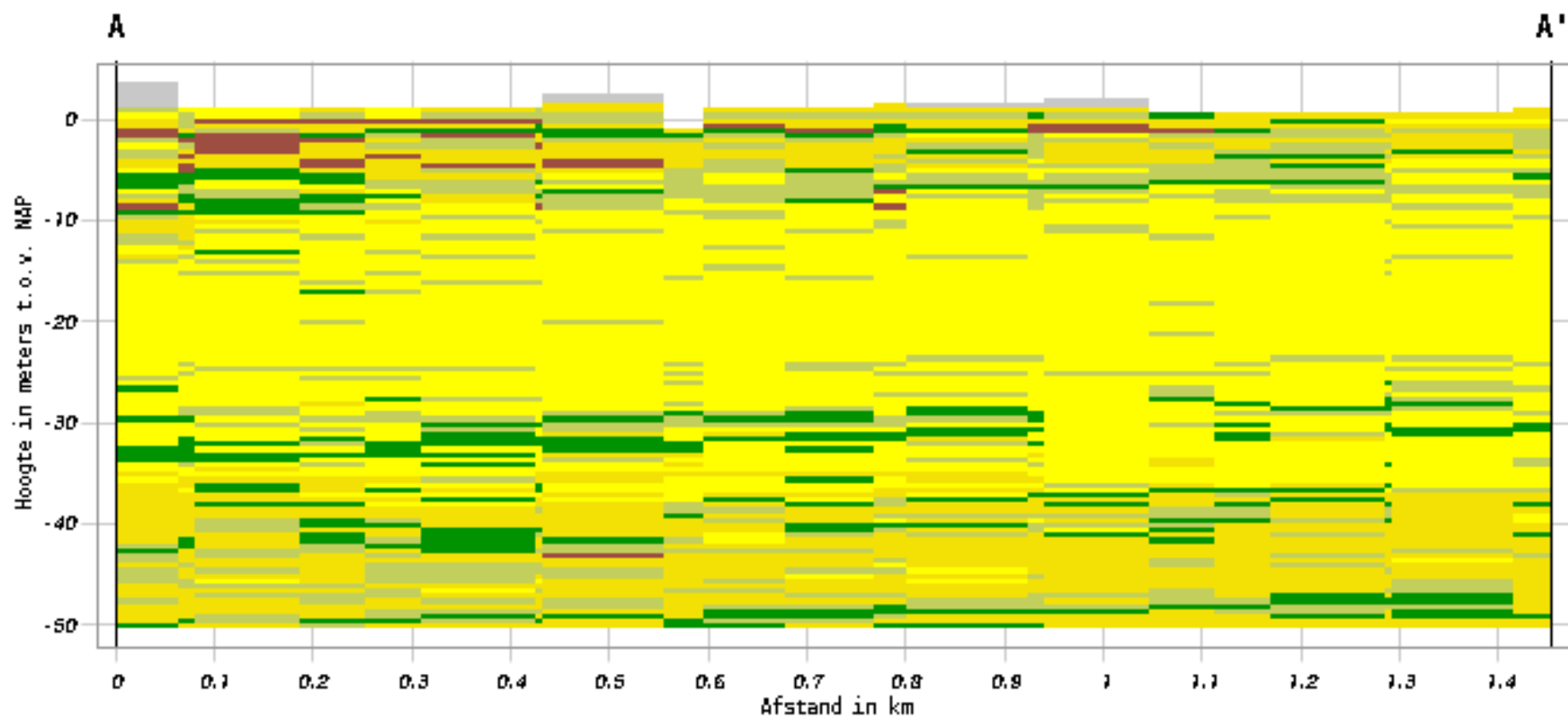
HDD8.1



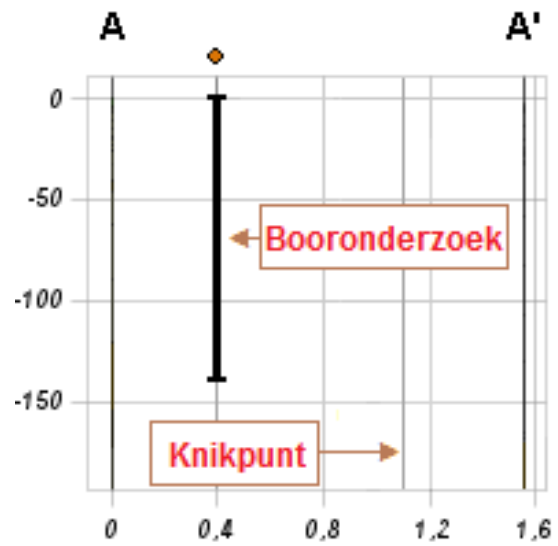
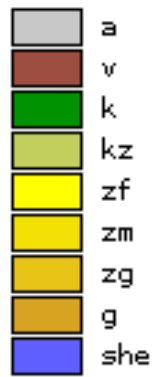
Boringen BRO (tot 100 m afstand van trace)



Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4



Lithoklasse



Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline

Report for D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Date of report: 11-4-2022
Time of report: 14:38:28
Report with version: 20.1.2.31161
Calculated with version: 20.1.2.31161

File name: BW HDD8.1 berekening

1 Table of Contents

1	Table of Contents	2
2	Messages	4
2.1	Calculation Warnings	4
3	Input Data	5
3.1	Model Used	5
3.2	Layer Boundaries	5
3.3	PI-lines	5
3.4	Phreatic Line	5
3.5	Soil Profiles	6
3.6	Selected Boundaries	6
3.7	Soil Material Data	6
3.8	Geometry	7
3.8.1	Geometry Section, Detailed	7
3.8.2	Geometry Top View	7
3.9	Calculation Verticals	8
3.10	Traffic Load	10
3.11	Configuration of the Pipeline	10
3.12	Product Pipe Material Data	11
3.13	Pipe Engineering Data	12
3.14	Drilling Fluid Data	12
3.15	Factors	12
3.16	Calculation Options	13
4	Drilling Fluid Pressures	14
4.1	Drilling Fluid Data	14
4.2	Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	22
4.3	Drilling Fluid Pressure Plots	25
4.3.1	Drilling Fluid Pressures during Pilot	25
4.3.2	Drilling Fluid Pressures during Prereaming	25
4.3.3	Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	26
5	Soil Mechanical Data	27
5.1	Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1	27
5.2	Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2	32
5.3	Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3	38
5.4	Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4	43
5.5	Young's Modulus per Layer per Vertical	49
6	Data for Stress Analysis	58
6.1	General Data	58
6.2	Buoyancy Control	58
6.3	Calculation Pulling Force	58
7	Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	60
7.1	Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1	60
7.2	Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	60
7.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	60
7.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	61
7.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	61
7.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	61
7.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	61
7.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1	62
7.4	Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1	62
8	Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	64
8.1	Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2	64
8.2	Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	64
8.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	64
8.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	65
8.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	65
8.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	65
8.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	65
8.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2	66
8.4	Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2	66
9	Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	68
9.1	Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3	68
9.2	Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	68
9.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	68
9.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	69

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	69
9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	69
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	69
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3	70
9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3	70
10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	72
10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4	72
10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	72
10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	72
10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	73
10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	73
10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	73
10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	73
10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4	74
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4	74

2 Messages

2.1 Calculation Warnings

One or more layers above the border between the top undrained and underlying drained layers have a Su-value of 0.

3 Input Data

3.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

3.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
5 - L -	0,000	10,000	20,000	30,000	40,000
5 - Z -	1,340	1,221	1,199	1,961	1,345
5 - L -	50,000	60,000	70,000	80,000	90,000
5 - Z -	1,337	4,905	3,629	3,482	3,482
5 - L -	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000
5 - Z -	3,486	3,467	3,454	3,546	3,656
5 - L -	150,000	160,000	170,000	180,000	190,000
5 - Z -	3,572	3,484	3,523	3,524	3,530
5 - L -	200,000	210,000	220,000	230,000	240,000
5 - Z -	3,562	3,484	3,472	3,523	3,486
5 - L -	250,000	260,000	270,000	280,000	290,000
5 - Z -	4,452	4,897	4,906	4,400	4,378
5 - L -	300,000	310,000	320,000	330,000	340,000
5 - Z -	4,360	4,374	4,358	4,386	4,371
5 - L -	350,000	360,000	370,000	380,000	390,000
5 - Z -	4,395	4,381	4,410	4,389	4,431
5 - L -	400,000	410,000	420,000	430,000	440,000
5 - Z -	4,415	4,372	4,959	5,526	5,538
5 - L -	450,000	460,000	470,000	480,000	490,000
5 - Z -	3,717	3,129	2,933	4,208	4,662
5 - L -	500,000	510,000	520,000	530,000	540,000
5 - Z -	4,657	4,503	4,530	4,491	4,432
5 - L -	550,000	560,000	570,000	580,000	590,000
5 - Z -	4,394	4,554	4,619	4,692	4,717
5 - L -	600,000	610,000	620,000	630,000	640,000
5 - Z -	2,388	1,333	0,226	1,948	0,504
5 - L -	650,000	660,000	670,000	680,000	690,000
5 - Z -	0,381	0,193	0,163	0,237	0,254
5 - L -	700,000	710,000	720,000	730,000	740,000
5 - Z -	0,096	2,117	1,740	1,787	1,619
5 - L -	750,000	760,000	770,000	780,000	790,000
5 - Z -	1,458	1,333	1,386	1,385	1,360
5 - L -	800,000	810,000	820,000	850,000	
5 - Z -	1,374	1,369	1,334	1,402	
4 - L -	0,000	850,000			
4 - Z -	0,000	0,000			
3 - L -	0,000	850,000			
3 - Z -	-2,000	-2,000			
2 - L -	0,000	850,000			
2 - Z -	-8,500	-8,500			
1 - L -	0,000	850,000			
1 - Z -	-14,000	-14,000			
0 - L -	0,000	850,000			
0 - Z -	-30,000	-30,000			

3.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	0,000	850,000			
1 - Z -	0,000	0,000			

3.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

3.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
5	Zand, sterk siltig, kleig	1	1
4	Veen, slap	1	1
3	Zand, sterk siltig, kleig	1	1
2	Zand, schoon, los	1	1
1	Zand, schoon, vast	1	1

3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 3: Zand, sterk siltig, kleig

The boundary between compressible top layers and underlying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 3: Zand, sterk siltig, kleig

3.7 Soil Material Data

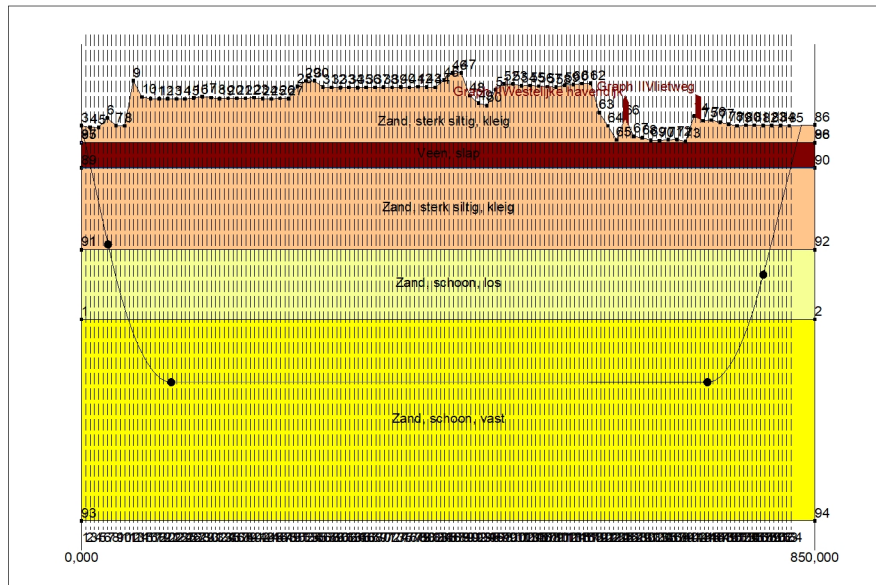
Name	Gamma unsat [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Phi [deg]	Su top [kN/m ²]	Su bottom [kN/m ²]
Zand, sterk siltig, kleig	18,00	20,00	0,00	25,00	0,00	0,00
Veen, slap	11,00	11,00	1,50	15,00	25,00	25,00
Zand, schoon, los	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Zand, schoon, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m ²]	Emod top [kN/m ²]	Emod bottom [kN/m ²]
Zand, sterk siltig, kleig	Sand	15000,00	-	-
Veen, slap	Peat	200,00	-	-
Zand, schoon, los	Sand	15000,00	-	-
Zand, schoon, vast	Sand	75000,00	-	-

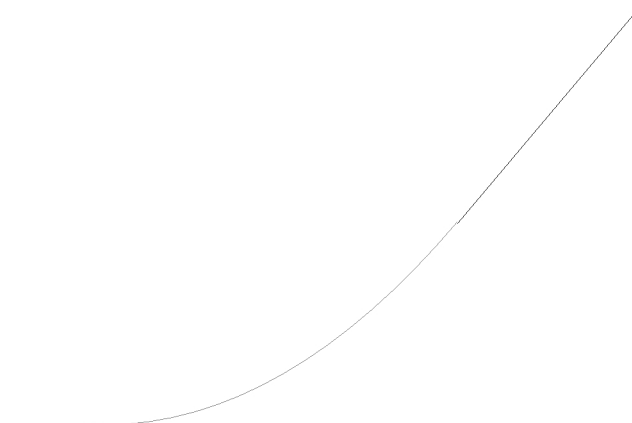
Name	Adhesion A [kN/m ²]	Delta D [deg]	Nu [-]
Zand, sterk siltig, kleig	-	-	0,20
Veen, slap	-	-	0,40
Zand, schoon, los	-	-	0,30
Zand, schoon, vast	-	-	0,30

3.8 Geometry

3.8.1 Geometry Section, Detailed



3.8.2 Geometry Top View



3.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	5,014	-0,193
2	10,028	-1,726
3	15,042	-3,259
4	20,056	-4,792
5	25,070	-6,325
6	30,084	-7,858
7	35,098	-9,348
8	40,112	-10,727
9	45,126	-11,995
10	50,140	-13,153
11	55,154	-14,203
12	60,168	-15,147
13	65,182	-15,985
14	70,196	-16,719
15	75,210	-17,349
16	80,224	-17,877
17	85,238	-18,303
18	90,252	-18,628
19	95,266	-18,851
20	100,280	-18,974
21	105,294	-19,000
22	110,308	-19,000
23	115,322	-19,000
24	120,336	-19,000
25	125,350	-19,000
26	130,364	-19,000
27	135,378	-19,000
28	140,392	-19,000
29	145,406	-19,000
30	150,420	-19,000
31	155,434	-19,000
32	160,448	-19,000
33	165,462	-19,000
34	170,476	-19,000
35	175,490	-19,000
36	180,504	-19,000
37	185,518	-19,000
38	190,532	-19,000
39	195,546	-19,000
40	200,560	-19,000
41	205,574	-19,000
42	210,588	-19,000
43	215,602	-19,000
44	220,616	-19,000
45	225,630	-19,000
46	230,644	-19,000
47	235,658	-19,000
48	240,672	-19,000
49	245,686	-19,000
50	250,700	-19,000
51	255,714	-19,000
52	260,728	-19,000
53	265,742	-19,000
54	270,756	-19,000
55	275,770	-19,000
56	280,784	-19,000
57	285,798	-19,000
58	290,812	-19,000
59	295,826	-19,000
60	300,840	-19,000
61	305,854	-19,000
62	310,868	-19,000

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
63	315,882	-19,000
64	320,896	-19,000
65	325,910	-19,000
66	330,924	-19,000
67	335,938	-19,000
68	340,952	-19,000
69	345,966	-19,000
70	350,980	-19,000
71	355,994	-19,000
72	361,008	-19,000
73	366,022	-19,000
74	371,036	-19,000
75	376,050	-19,000
76	381,064	-19,000
77	386,078	-19,000
78	391,092	-19,000
79	396,106	-19,000
80	401,120	-19,000
81	406,134	-19,000
82	411,148	-19,000
83	416,162	-19,000
84	421,176	-19,000
85	426,190	-19,000
86	431,204	-19,000
87	436,218	-19,000
88	441,232	-19,000
89	446,246	-19,000
90	451,260	-19,000
91	456,274	-19,000
92	461,288	-19,000
93	466,302	-19,000
94	471,316	-19,000
95	476,330	-19,000
96	481,344	-19,000
97	486,358	-19,000
98	491,372	-19,000
99	496,386	-19,000
100	501,400	-19,000
101	506,414	-19,000
102	511,428	-19,000
103	516,442	-19,000
104	521,456	-19,000
105	526,470	-19,000
106	531,484	-19,000
107	536,498	-19,000
108	541,512	-19,000
109	546,526	-19,000
110	551,540	-19,000
111	556,554	-19,000
112	561,568	-19,000
113	566,582	-19,000
114	571,596	-19,000
115	576,610	-19,000
116	581,624	-19,000
117	586,638	-19,000
118	591,652	-19,000
119	596,666	-19,000
120	601,680	-19,000
121	606,694	-19,000
122	611,708	-19,000
123	616,722	-19,000
124	621,736	-19,000
125	626,750	-19,000
126	631,764	-19,000
127	636,778	-19,000

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
128	641,792	-19,000
129	646,806	-19,000
130	651,820	-19,000
131	656,834	-19,000
132	661,848	-19,000
133	666,862	-19,000
134	671,876	-19,000
135	676,890	-19,000
136	681,904	-19,000
137	686,918	-19,000
138	691,932	-19,000
139	696,946	-19,000
140	701,960	-19,000
141	706,974	-19,000
142	711,988	-19,000
143	717,002	-19,000
144	722,016	-19,000
145	727,030	-18,995
146	732,044	-18,912
147	737,058	-18,729
148	742,072	-18,445
149	747,086	-18,060
150	752,100	-17,573
151	757,114	-16,983
152	762,128	-16,291
153	767,142	-15,494
154	772,156	-14,593
155	777,170	-13,586
156	782,184	-12,471
157	787,198	-11,247
158	792,212	-9,923
159	797,226	-8,579
160	802,240	-7,236
161	807,254	-5,892
162	812,268	-4,549
163	817,282	-3,205
164	822,296	-1,862

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

3.10 Traffic Load

Westelijke havendijk		
L start	628,00	[m]
L end	634,00	[m]
Load model (graph type)	Graph II	
Vlietweg		
L start	712,00	[m]
L end	718,00	[m]
Load model (graph type)	Graph II	

3.11 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	0,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	1,340	[m]
X co-ordinate right point	819,900	[m]
Y co-ordinate right point	127,260	[m]
Z co-ordinate right point	1,367	[m]
Angle left	17,0000	[deg]
Angle right	15,0000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	250,000	[m]

Bending radius right, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	500,000	[m]
Lowest level of pipe (center bore hole)	-19,000	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	1	

The pulling direction of the product pipe is from left to right.

Bending nr.	X1-coord. [m]	Y1-coord. [m]	X2-coord. [m]	Y2-coord. [m]	Bending radius [m]	Direction
1	107,320	0,000	584,000	61,600	1756,000	right

3.12 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 2

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 3

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 4

Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]

Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

3.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	Yes	
Part of cross section filled with fluid	100	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m ³]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m ²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

3.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,300	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,170	[m]
Outer diameter preream hole	0,500	[m]
Outer diameter drillpipe	0,170	[m]
Outer diameter bore hole	1,000	[m]
Outer diameter product pipe	0,630	[m]
Pump flow rate pilot	500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate pre-reaming	1000,0000	[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)	11,5	[kN/m ³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m ²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m ²]

3.15 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 _{n;r} (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	10,00	[kN/m ³]
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	[-]

3.16 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

4 Drilling Fluid Pressures

4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	35	35	20	435
2	67	67	40	450
3	108	108	61	465
4	161	204	81	480
5	216	315	101	495
6	270	416	121	510
7	322	527	141	524
8	350	572	160	537
9	382	623	177	549
10	412	671	193	560
11	607	1056	207	570
12	924	1744	221	578
13	941	1775	233	585
14	942	1773	244	591
15	967	1818	254	596
16	986	1853	262	599
17	1004	1886	270	602
18	1017	1912	276	603
19	1027	1929	281	603
20	1032	1938	285	602
21	1033	1939	288	600
22	1032	1938	290	597
23	1032	1937	293	595
24	1032	1937	295	592
25	1034	1942	298	590
26	1037	1948	300	587
27	1040	1954	303	585
28	1042	1960	305	582
29	1040	1955	308	580
30	1038	1950	310	577
31	1035	1945	313	575
32	1033	1940	315	572
33	1034	1943	318	570
34	1035	1945	320	567
35	1035	1945	323	565
36	1035	1945	325	562
37	1035	1945	328	560
38	1036	1946	330	557
39	1037	1948	333	555
40	1037	1949	335	552
41	1035	1944	338	550
42	1033	1940	340	547
43	1033	1939	343	545
44	1033	1939	345	542
45	1034	1942	348	540
46	1035	1944	350	537
47	1034	1942	353	534
48	1037	1948	355	532
49	1063	2003	358	529
50	1088	2054	360	527
51	1100	2079	363	524
52	1110	2100	365	522
53	1110	2101	368	519
54	1109	2097	370	517
55	1095	2069	373	514
56	1083	2044	375	512
57	1083	2043	378	509

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	1082	2042	380	507
59	1081	2041	383	504
60	1081	2040	385	502
61	1082	2041	388	499
62	1082	2041	390	497
63	1081	2040	393	494
64	1081	2040	395	492
65	1082	2042	398	489
66	1082	2043	400	487
67	1082	2042	403	484
68	1082	2041	406	482
69	1082	2043	408	479
70	1083	2044	411	477
71	1083	2043	413	474
72	1082	2043	416	472
73	1083	2044	418	469
74	1084	2045	421	467
75	1083	2044	423	464
76	1083	2044	426	462
77	1084	2046	428	459
78	1085	2048	431	457
79	1084	2047	433	454
80	1084	2046	436	452
81	1083	2043	438	449
82	1085	2049	441	447
83	1101	2082	443	444
84	1117	2115	446	442
85	1133	2147	448	439
86	1144	2171	451	437
87	1145	2172	453	434
88	1133	2147	456	432
89	1083	2044	458	429
90	1042	1958	461	427
91	1026	1925	463	424
92	1012	1897	466	422
93	1007	1885	468	419
94	1012	1896	471	417
95	1047	1969	473	414
96	1076	2030	476	412
97	1089	2055	478	409
98	1097	2074	481	407
99	1097	2074	483	404
100	1096	2071	486	402
101	1092	2062	488	399
102	1089	2056	491	397
103	1090	2058	493	394
104	1090	2058	496	392
105	1089	2056	498	389
106	1088	2054	501	387
107	1086	2050	503	384
108	1085	2047	506	382
109	1084	2045	508	379
110	1084	2047	511	377
111	1089	2056	513	374
112	1092	2063	516	372
113	1094	2067	518	369
114	1096	2070	521	367
115	1098	2075	523	364
116	1099	2078	526	362
117	1100	2079	528	359
118	1080	2037	531	357
119	1015	1904	533	354
120	962	1793	536	352
121	932	1731	538	349

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
122	902	1667	541	347
123	870	1601	543	344
124	866	1593	546	342
125	916	1696	548	339
126	933	1732	551	337
127	892	1647	553	334
128	864	1588	556	332
129	860	1581	558	329
130	856	1572	561	327
131	850	1561	563	324
132	846	1553	566	322
133	846	1551	568	319
134	846	1551	571	317
135	848	1556	573	314
136	849	1559	576	312
137	850	1560	578	309
138	849	1557	581	307
139	844	1548	583	304
140	864	1590	586	302
141	922	1710	588	299
142	953	1773	591	297
143	942	1751	593	294
144	936	1739	596	291
145	937	1741	598	289
146	933	1733	600	285
147	920	1709	600	281
148	903	1677	600	275
149	882	1637	598	268
150	857	1589	595	260
151	827	1532	590	251
152	793	1468	585	240
153	753	1390	578	229
154	679	1234	570	216
155	423	688	561	201
156	395	644	551	186
157	364	595	540	169
158	329	538	527	152
159	269	409	514	134
160	233	351	501	116
161	197	278	488	97
162	160	197	476	79
163	110	110	463	61
164	70	70	450	43

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	17	17	19	20
2	73	73	37	40
3	90	90	56	61
4	161	172	74	81
5	216	276	93	101
6	270	381	112	121
7	318	497	130	141
8	348	565	146	160
9	381	621	162	177
10	412	670	176	193
11	500	832	189	207
12	897	1618	201	221
13	926	1686	212	233
14	932	1709	221	244
15	958	1773	229	254
16	979	1823	236	262
17	998	1868	242	270

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
18	1012	1897	247	276
19	1021	1915	250	281
20	1027	1925	252	285
21	1027	1926	254	288
22	1027	1925	254	290
23	1026	1924	255	293
24	1026	1924	256	295
25	1029	1929	257	298
26	1031	1935	258	300
27	1034	1941	259	303
28	1037	1946	260	305
29	1035	1941	261	308
30	1032	1937	262	310
31	1030	1932	263	313
32	1028	1927	264	315
33	1029	1929	265	318
34	1030	1931	265	320
35	1030	1932	266	323
36	1030	1932	267	325
37	1030	1932	268	328
38	1030	1932	269	330
39	1031	1934	270	333
40	1032	1935	271	335
41	1030	1931	272	338
42	1028	1927	273	340
43	1027	1926	274	343
44	1027	1926	275	345
45	1029	1929	275	346
46	1030	1931	276	345
47	1029	1929	277	344
48	1031	1935	278	343
49	1058	1989	279	342
50	1082	2040	280	341
51	1094	2065	281	340
52	1105	2086	282	339
53	1105	2087	283	338
54	1103	2083	284	337
55	1089	2055	285	336
56	1078	2030	286	336
57	1077	2029	286	335
58	1076	2028	287	334
59	1076	2027	288	333
60	1076	2026	289	332
61	1076	2027	290	331
62	1076	2027	291	330
63	1076	2027	292	329
64	1076	2026	293	328
65	1076	2028	294	327
66	1077	2029	295	326
67	1076	2028	296	325
68	1076	2028	297	325
69	1077	2029	297	324
70	1077	2030	298	323
71	1077	2029	299	322
72	1077	2029	300	321
73	1078	2030	301	320
74	1078	2031	302	319
75	1078	2030	303	318
76	1077	2030	304	317
77	1078	2032	305	316
78	1079	2034	306	315
79	1079	2033	307	315
80	1078	2032	307	314
81	1077	2029	308	313

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
82	1080	2035	309	312
83	1096	2068	310	311
84	1111	2100	311	310
85	1127	2132	312	309
86	1138	2156	313	308
87	1139	2157	314	307
88	1127	2132	315	306
89	1078	2031	316	305
90	1037	1945	317	304
91	1020	1912	318	304
92	1007	1884	318	303
93	1001	1872	319	302
94	1007	1883	320	301
95	1042	1956	321	300
96	1071	2016	322	299
97	1083	2041	323	298
98	1092	2060	324	297
99	1092	2060	325	296
100	1090	2057	326	295
101	1086	2048	327	294
102	1083	2042	328	293
103	1084	2044	329	293
104	1084	2044	329	292
105	1083	2042	330	291
106	1082	2040	331	290
107	1081	2036	332	289
108	1079	2033	333	288
109	1078	2031	334	287
110	1079	2033	335	286
111	1083	2042	336	285
112	1087	2049	337	284
113	1088	2053	338	283
114	1090	2056	339	283
115	1092	2060	339	282
116	1094	2064	340	281
117	1094	2065	341	280
118	1074	2023	342	279
119	1010	1891	343	278
120	957	1781	344	277
121	928	1719	345	276
122	897	1656	346	275
123	865	1587	344	274
124	862	1579	342	273
125	911	1685	339	272
126	928	1721	337	272
127	887	1634	334	271
128	859	1574	332	270
129	856	1566	329	269
130	851	1557	327	268
131	846	1546	324	267
132	842	1537	322	266
133	841	1536	319	265
134	842	1536	317	264
135	844	1541	314	263
136	845	1544	312	262
137	846	1545	309	262
138	844	1542	307	261
139	840	1532	304	260
140	860	1575	302	259
141	918	1699	299	258
142	948	1761	297	257
143	937	1739	294	256
144	931	1727	291	255
145	933	1730	289	254

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
146	928	1721	285	252
147	915	1693	281	249
148	898	1654	275	245
149	877	1604	268	240
150	850	1544	260	233
151	819	1471	251	226
152	783	1388	240	217
153	737	1285	229	207
154	637	1090	216	195
155	422	686	201	183
156	394	642	186	169
157	363	592	169	154
158	327	519	152	138
159	269	387	134	121
160	233	316	116	105
161	197	241	97	89
162	160	165	79	72
163	91	91	61	56
164	75	75	43	39

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	17	17	18	19
2	70	70	37	37
3	76	76	55	56
4	134	134	74	74
5	216	218	92	93
6	270	310	111	112
7	309	394	129	130
8	345	475	145	146
9	379	548	161	162
10	410	614	175	176
11	499	787	188	189
12	824	1226	199	201
13	887	1319	210	212
14	906	1361	219	221
15	938	1432	227	229
16	961	1487	234	236
17	982	1536	240	242
18	997	1573	244	247
19	1008	1598	248	250
20	1013	1612	250	252
21	1014	1614	251	254
22	1013	1613	252	254
23	1013	1612	253	255
24	1013	1612	253	256
25	1015	1616	254	257
26	1018	1621	255	258
27	1021	1627	256	259
28	1023	1632	256	260
29	1021	1627	257	261
30	1019	1623	258	262
31	1017	1619	259	263
32	1014	1615	260	264
33	1016	1617	260	265
34	1016	1619	261	265
35	1017	1619	262	266
36	1017	1619	263	267
37	1017	1619	264	268
38	1017	1619	264	269
39	1018	1621	265	270
40	1018	1622	266	271
41	1016	1618	267	272

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
42	1014	1614	268	273
43	1014	1614	268	274
44	1014	1614	269	275
45	1015	1616	270	275
46	1016	1618	271	276
47	1015	1616	271	277
48	1018	1621	272	278
49	1044	1671	273	279
50	1068	1716	274	280
51	1080	1739	275	281
52	1090	1759	275	282
53	1090	1759	276	283
54	1088	1755	277	284
55	1075	1730	278	285
56	1063	1708	279	286
57	1063	1707	279	286
58	1062	1706	280	287
59	1062	1705	281	288
60	1061	1704	282	289
61	1062	1705	283	290
62	1062	1705	283	291
63	1062	1704	284	292
64	1061	1704	285	293
65	1062	1705	286	294
66	1063	1706	287	295
67	1062	1706	287	296
68	1062	1705	288	297
69	1063	1707	289	297
70	1063	1707	290	298
71	1063	1707	290	299
72	1063	1706	291	300
73	1063	1708	292	301
74	1064	1709	293	302
75	1063	1708	294	303
76	1063	1707	294	304
77	1064	1709	295	305
78	1065	1711	296	305
79	1065	1710	297	304
80	1064	1709	298	303
81	1063	1707	298	302
82	1066	1712	299	301
83	1081	1742	300	301
84	1097	1771	301	300
85	1112	1800	302	299
86	1123	1822	302	298
87	1124	1823	303	297
88	1112	1801	304	297
89	1064	1708	305	296
90	1023	1631	304	295
91	1007	1601	304	294
92	994	1576	303	293
93	988	1565	302	293
94	994	1575	301	292
95	1028	1641	300	291
96	1057	1695	299	290
97	1069	1718	298	289
98	1077	1735	297	289
99	1077	1734	296	288
100	1076	1732	295	287
101	1072	1724	294	286
102	1069	1719	293	286
103	1070	1720	293	285
104	1070	1721	292	284
105	1069	1719	291	283

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
106	1068	1716	290	282
107	1066	1713	289	282
108	1065	1711	288	281
109	1064	1709	287	280
110	1065	1710	286	279
111	1069	1718	285	278
112	1072	1725	284	278
113	1074	1728	283	277
114	1076	1731	283	276
115	1078	1735	282	275
116	1079	1738	281	274
117	1080	1739	280	274
118	1060	1701	279	273
119	997	1582	278	272
120	945	1484	277	271
121	916	1429	276	271
122	886	1373	275	270
123	854	1315	274	269
124	851	1308	273	268
125	899	1398	272	267
126	916	1430	272	267
127	876	1354	271	266
128	848	1303	270	265
129	845	1297	269	264
130	841	1289	268	263
131	835	1279	267	263
132	831	1272	266	262
133	831	1271	265	261
134	831	1271	264	260
135	833	1275	263	259
136	834	1278	262	259
137	835	1279	262	258
138	834	1276	261	257
139	829	1268	260	256
140	849	1305	259	255
141	906	1410	258	255
142	936	1466	257	254
143	925	1446	256	253
144	919	1436	255	252
145	920	1438	254	251
146	916	1427	252	250
147	902	1398	249	247
148	885	1359	245	243
149	862	1308	240	238
150	834	1247	233	231
151	799	1174	226	224
152	756	1089	217	215
153	695	985	207	205
154	511	764	195	194
155	421	637	183	181
156	393	577	169	168
157	360	507	154	153
158	321	424	138	137
159	269	322	121	120
160	233	254	105	104
161	189	189	89	88
162	128	128	72	72
163	78	78	56	55
164	75	75	39	39

4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
1	18	2	9,14	sufficient
2	35	17	2,04	sufficient
3	53	33	1,62	sufficient
4	71	48	1,47	sufficient
5	88	63	1,39	sufficient
6	106	79	1,35	sufficient
7	123	93	1,31	sufficient
8	139	107	1,29	sufficient
9	153	120	1,28	sufficient
10	167	132	1,27	sufficient
11	179	142	1,26	sufficient
12	190	151	1,25	sufficient
13	199	160	1,25	sufficient
14	208	167	1,24	sufficient
15	215	173	1,24	sufficient
16	221	179	1,24	sufficient
17	226	183	1,23	sufficient
18	230	186	1,23	sufficient
19	232	189	1,23	sufficient
20	234	190	1,23	sufficient
21	234	190	1,23	sufficient
22	234	190	1,23	sufficient
23	234	190	1,23	sufficient
24	234	190	1,23	sufficient
25	234	190	1,23	sufficient
26	234	190	1,23	sufficient
27	234	190	1,23	sufficient
28	234	190	1,23	sufficient
29	234	190	1,23	sufficient
30	234	190	1,23	sufficient
31	234	190	1,23	sufficient
32	234	190	1,23	sufficient
33	234	190	1,23	sufficient
34	234	190	1,23	sufficient
35	234	190	1,23	sufficient
36	234	190	1,23	sufficient
37	234	190	1,23	sufficient
38	234	190	1,23	sufficient
39	234	190	1,23	sufficient
40	234	190	1,23	sufficient
41	234	190	1,23	sufficient
42	234	190	1,23	sufficient
43	234	190	1,23	sufficient
44	234	190	1,23	sufficient
45	234	190	1,23	sufficient
46	234	190	1,23	sufficient
47	234	190	1,23	sufficient
48	234	190	1,23	sufficient
49	234	190	1,23	sufficient
50	234	190	1,23	sufficient
51	234	190	1,23	sufficient
52	234	190	1,23	sufficient
53	234	190	1,23	sufficient
54	234	190	1,23	sufficient
55	234	190	1,23	sufficient
56	234	190	1,23	sufficient
57	234	190	1,23	sufficient
58	234	190	1,23	sufficient
59	234	190	1,23	sufficient
60	234	190	1,23	sufficient
61	234	190	1,23	sufficient

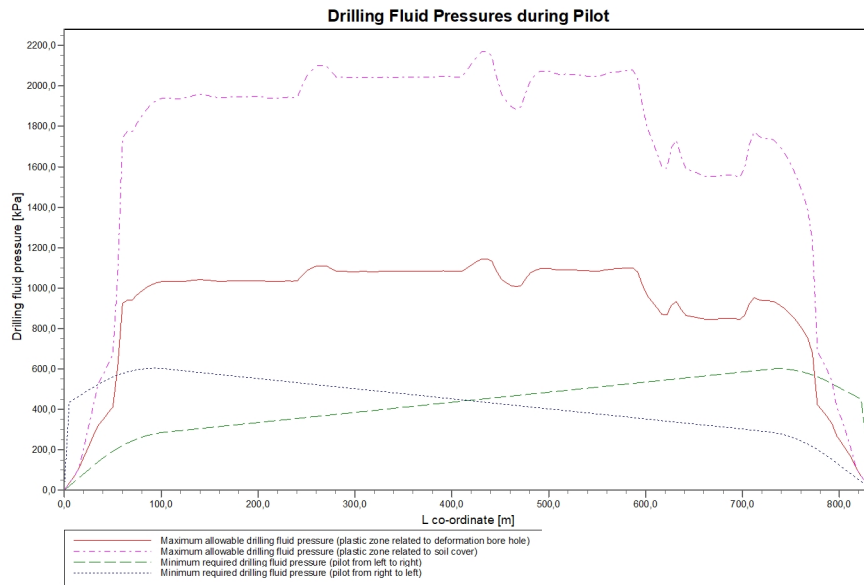
Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
62	234	190	1,23	sufficient
63	234	190	1,23	sufficient
64	234	190	1,23	sufficient
65	234	190	1,23	sufficient
66	234	190	1,23	sufficient
67	234	190	1,23	sufficient
68	234	190	1,23	sufficient
69	234	190	1,23	sufficient
70	234	190	1,23	sufficient
71	234	190	1,23	sufficient
72	234	190	1,23	sufficient
73	234	190	1,23	sufficient
74	234	190	1,23	sufficient
75	234	190	1,23	sufficient
76	234	190	1,23	sufficient
77	234	190	1,23	sufficient
78	234	190	1,23	sufficient
79	234	190	1,23	sufficient
80	234	190	1,23	sufficient
81	234	190	1,23	sufficient
82	234	190	1,23	sufficient
83	234	190	1,23	sufficient
84	234	190	1,23	sufficient
85	234	190	1,23	sufficient
86	234	190	1,23	sufficient
87	234	190	1,23	sufficient
88	234	190	1,23	sufficient
89	234	190	1,23	sufficient
90	234	190	1,23	sufficient
91	234	190	1,23	sufficient
92	234	190	1,23	sufficient
93	234	190	1,23	sufficient
94	234	190	1,23	sufficient
95	234	190	1,23	sufficient
96	234	190	1,23	sufficient
97	234	190	1,23	sufficient
98	234	190	1,23	sufficient
99	234	190	1,23	sufficient
100	234	190	1,23	sufficient
101	234	190	1,23	sufficient
102	234	190	1,23	sufficient
103	234	190	1,23	sufficient
104	234	190	1,23	sufficient
105	234	190	1,23	sufficient
106	234	190	1,23	sufficient
107	234	190	1,23	sufficient
108	234	190	1,23	sufficient
109	234	190	1,23	sufficient
110	234	190	1,23	sufficient
111	234	190	1,23	sufficient
112	234	190	1,23	sufficient
113	234	190	1,23	sufficient
114	234	190	1,23	sufficient
115	234	190	1,23	sufficient
116	234	190	1,23	sufficient
117	234	190	1,23	sufficient
118	234	190	1,23	sufficient
119	234	190	1,23	sufficient
120	234	190	1,23	sufficient
121	234	190	1,23	sufficient
122	234	190	1,23	sufficient
123	234	190	1,23	sufficient
124	234	190	1,23	sufficient
125	234	190	1,23	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
126	234	190	1,23	sufficient
127	234	190	1,23	sufficient
128	234	190	1,23	sufficient
129	234	190	1,23	sufficient
130	234	190	1,23	sufficient
131	234	190	1,23	sufficient
132	234	190	1,23	sufficient
133	234	190	1,23	sufficient
134	234	190	1,23	sufficient
135	234	190	1,23	sufficient
136	234	190	1,23	sufficient
137	234	190	1,23	sufficient
138	234	190	1,23	sufficient
139	234	190	1,23	sufficient
140	234	190	1,23	sufficient
141	234	190	1,23	sufficient
142	234	190	1,23	sufficient
143	234	190	1,23	sufficient
144	234	190	1,23	sufficient
145	234	190	1,23	sufficient
146	233	189	1,23	sufficient
147	231	187	1,23	sufficient
148	228	184	1,24	sufficient
149	223	181	1,24	sufficient
150	218	176	1,24	sufficient
151	211	170	1,24	sufficient
152	203	163	1,25	sufficient
153	194	155	1,25	sufficient
154	184	146	1,26	sufficient
155	172	136	1,27	sufficient
156	159	125	1,28	sufficient
157	145	112	1,29	sufficient
158	130	99	1,31	sufficient
159	114	86	1,33	sufficient
160	99	72	1,37	sufficient
161	83	59	1,42	sufficient
162	68	45	1,50	sufficient
163	53	32	1,64	sufficient
164	37	19	1,99	sufficient

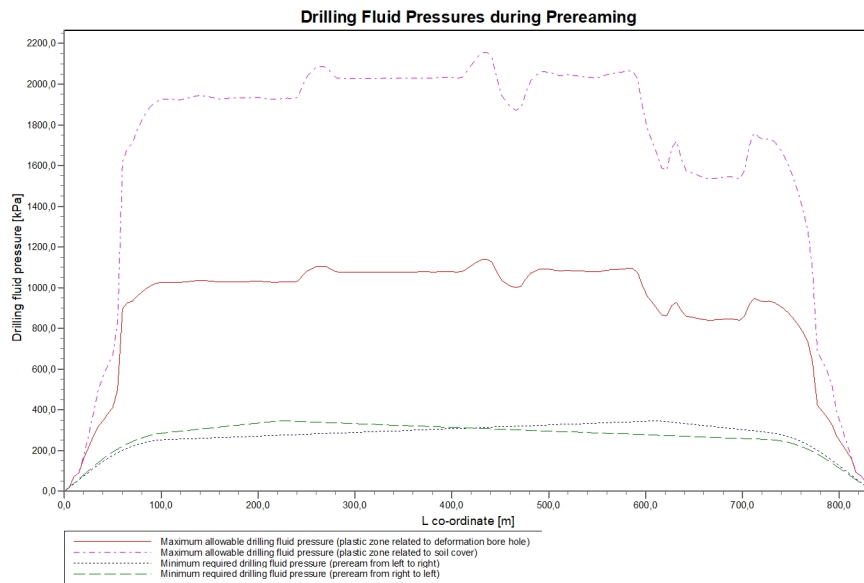
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

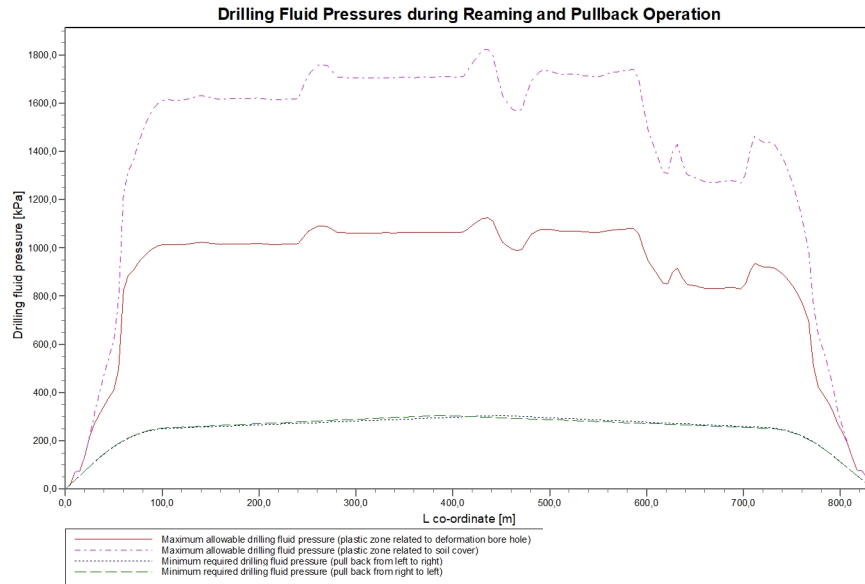
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



5 Soil Mechanical Data

5.1 Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v,r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	36	23	17	23	0	149
2	37	24	17	24	0	299
3	179	35	26	35	0	553
4	288	50	15	20	0	791
5	400	72	15	20	0	1139
6	505	94	15	20	0	1484
7	618	103	14	19	0	2755
8	653	110	13	18	0	2942
9	710	121	13	17	0	3244
10	765	133	13	17	0	3545
11	1915	175	13	17	0	8198
12	2285	216	13	17	0	10122
13	2265	213	13	17	0	10015
14	2239	210	13	17	0	9873
15	2289	216	13	17	0	10136
16	2329	220	13	17	0	10349
17	2371	225	13	17	0	10568
18	2402	229	13	17	0	10735
19	2424	231	13	17	0	10852
20	2436	233	13	17	0	10917
21	2437	233	13	17	0	10922
22	2435	233	13	17	0	10914
23	2434	232	13	17	0	10909
24	2434	232	13	17	0	10906
25	2441	233	13	17	0	10945
26	2448	234	13	17	0	10984
27	2457	235	13	17	0	11031
28	2464	236	13	17	0	11071
29	2458	235	13	17	0	11035
30	2451	234	13	17	0	11000
31	2444	234	13	17	0	10963
32	2438	233	13	17	0	10930
33	2441	233	13	17	0	10947
34	2444	234	13	17	0	10962
35	2444	234	13	17	0	10962
36	2444	234	13	17	0	10963
37	2445	234	13	17	0	10965
38	2445	234	13	17	0	10969
39	2448	234	13	17	0	10982
40	2449	234	13	17	0	10991
41	2443	233	13	17	0	10958
42	2438	233	13	17	0	10928
43	2437	233	13	17	0	10923

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
44	2437	233	13	17	0	10921
45	2441	233	13	17	0	10943
46	2444	234	13	17	0	10960
47	2441	233	13	17	0	10944
48	2448	234	13	17	0	10985
49	2523	243	13	17	0	11393
50	2592	251	13	17	0	11770
51	2627	255	13	17	0	11958
52	2656	258	13	17	0	12119
53	2657	258	13	17	0	12123
54	2651	258	13	17	0	12094
55	2613	253	13	17	0	11880
56	2579	249	13	17	0	11699
57	2578	249	13	17	0	11689
58	2576	249	13	17	0	11680
59	2575	249	13	17	0	11673
60	2574	249	13	17	0	11667
61	2575	249	13	17	0	11673
62	2575	249	13	17	0	11677
63	2574	249	13	17	0	11670
64	2574	249	13	17	0	11667
65	2576	249	13	17	0	11679
66	2577	249	13	17	0	11687
67	2576	249	13	17	0	11681
68	2576	249	13	17	0	11678
69	2577	249	13	17	0	11688
70	2579	249	13	17	0	11695
71	2578	249	13	17	0	11689
72	2577	249	13	17	0	11686
73	2579	249	13	17	0	11699
74	2581	249	13	17	0	11707
75	2579	249	13	17	0	11698
76	2579	249	13	17	0	11695
77	2582	250	13	17	0	11712
78	2584	250	13	17	0	11725
79	2583	250	13	17	0	11718
80	2581	250	13	17	0	11709
81	2578	249	13	17	0	11690
82	2586	250	13	17	0	11733
83	2631	255	13	17	0	11981
84	2675	261	13	17	0	12227
85	2719	266	13	17	0	12466
86	2752	270	13	17	0	12649
87	2753	270	13	17	0	12654
88	2719	266	13	17	0	12469
89	2580	249	13	17	0	11701
90	2463	236	13	17	0	11063
91	2417	230	13	17	0	10814
92	2379	226	13	17	0	10609
93	2363	224	13	17	0	10526
94	2378	226	13	17	0	10606
95	2478	237	13	17	0	11144
96	2560	247	13	17	0	11590
97	2595	251	13	17	0	11781
98	2620	254	13	17	0	11920
99	2619	254	13	17	0	11918
100	2616	254	13	17	0	11898
101	2604	252	13	17	0	11833
102	2596	251	13	17	0	11790
103	2598	252	13	17	0	11801
104	2599	252	13	17	0	11805
105	2596	251	13	17	0	11788
106	2592	251	13	17	0	11769
107	2588	250	13	17	0	11744
108	2584	250	13	17	0	11722

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
109	2581	249	13	17	0	11706
110	2583	250	13	17	0	11716
111	2595	251	13	17	0	11783
112	2605	252	13	17	0	11838
113	2610	253	13	17	0	11866
114	2615	253	13	17	0	11894
115	2621	254	13	17	0	11925
116	2625	255	13	17	0	11949
117	2627	255	13	17	0	11960
118	2569	248	13	17	0	11643
119	2388	227	13	17	0	10660
120	2238	210	13	17	0	9857
121	2153	200	13	17	0	9412
122	2067	191	13	17	0	8959
123	1977	181	13	17	0	8492
124	1966	180	13	17	0	8438
125	2106	195	13	17	0	9165
126	2155	201	13	17	0	9421
127	2039	188	13	17	0	8812
128	1959	179	13	17	0	8402
129	1949	178	13	17	0	8350
130	1937	176	13	17	0	8288
131	1922	175	13	17	0	8209
132	1911	174	13	17	0	8154
133	1908	173	13	17	0	8141
134	1909	173	13	17	0	8145
135	1915	174	13	17	0	8176
136	1920	174	13	17	0	8198
137	1921	175	13	17	0	8205
138	1917	174	13	17	0	8184
139	1904	173	13	17	0	8118
140	1961	179	13	17	0	8410
141	2125	197	13	17	0	9263
142	2211	207	13	17	0	9715
143	2181	203	13	17	0	9556
144	2164	202	13	17	0	9469
145	2168	202	13	17	0	9486
146	2156	201	13	17	0	9426
147	2124	197	13	17	0	9261
148	2083	193	13	17	0	9045
149	2031	187	13	17	0	8778
150	1970	180	13	17	0	8466
151	1900	173	13	17	0	8110
152	1825	165	13	17	0	7732
153	1747	156	13	17	0	7344
154	1655	147	13	17	0	6893
155	783	137	13	17	0	5222
156	734	126	13	17	0	3377
157	679	115	13	18	0	3077
158	619	103	13	18	0	2757
159	557	91	14	19	0	2437
160	426	78	14	19	0	1223
161	360	64	15	20	0	1011
162	289	51	16	21	0	798
163	191	37	19	26	0	582
164	40	26	19	26	0	407

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	71	3391	2145	2373	0,05	7,5
2	37	13646	135	9552	0,05	7,5
3	204	18191	10008	12734	0,05	7,5
4	288	21306	17365	14915	0,05	7,5
5	400	25266	21934	17686	0,05	7,5
6	505	29789	25778	20852	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
7	618	31649	27880	22155	0,05	7,5
8	653	32707	30073	22895	0,05	7,5
9	710	34370	31849	24059	0,05	7,5
10	765	132964	33534	93075	0,05	7,5
11	1915	245902	44376	172131	0,05	7,5
12	2285	274696	177237	192287	0,05	7,5
13	2265	273152	258843	191207	0,05	7,5
14	2239	271094	256694	189766	0,05	7,5
15	2289	274875	260641	192413	0,05	7,5
16	2329	277905	263801	194534	0,05	7,5
17	2371	281006	267032	196704	0,05	7,5
18	2402	283351	269473	198346	0,05	7,5
19	2424	284980	271169	199486	0,05	7,5
20	2436	285875	272099	200112	0,05	7,5
21	2437	285950	272177	200165	0,05	7,5
22	2435	285840	272064	200088	0,05	7,5
23	2434	285764	271984	200035	0,05	7,5
24	2434	285729	271948	200010	0,05	7,5
25	2441	286268	272509	200388	0,05	7,5
26	2448	286815	273077	200770	0,05	7,5
27	2457	287458	273745	201220	0,05	7,5
28	2464	288011	274321	201608	0,05	7,5
29	2458	287521	273811	201265	0,05	7,5
30	2451	287028	273299	200920	0,05	7,5
31	2444	286513	272764	200559	0,05	7,5
32	2438	286064	272296	200245	0,05	7,5
33	2441	286293	272534	200405	0,05	7,5
34	2444	286500	272750	200550	0,05	7,5
35	2444	286506	272756	200554	0,05	7,5
36	2444	286515	272765	200560	0,05	7,5
37	2445	286550	272802	200585	0,05	7,5
38	2445	286601	272855	200621	0,05	7,5
39	2448	286788	273050	200752	0,05	7,5
40	2449	286904	273169	200833	0,05	7,5
41	2443	286447	272695	200513	0,05	7,5
42	2438	286036	272267	200225	0,05	7,5
43	2437	285965	272193	200176	0,05	7,5
44	2437	285940	272168	200158	0,05	7,5
45	2441	286239	272478	200367	0,05	7,5
46	2444	286472	272720	200530	0,05	7,5
47	2441	286255	272495	200378	0,05	7,5
48	2448	286825	273088	200778	0,05	7,5
49	2523	292432	278914	204703	0,05	7,5
50	2592	297542	284217	208279	0,05	7,5
51	2627	300061	286829	210043	0,05	7,5
52	2656	302209	289055	211546	0,05	7,5
53	2657	302259	289108	211582	0,05	7,5
54	2651	301874	288708	211312	0,05	7,5
55	2613	299022	285752	209315	0,05	7,5
56	2579	296579	283218	207605	0,05	7,5
57	2578	296453	283088	207517	0,05	7,5
58	2576	296332	282962	207432	0,05	7,5
59	2575	296229	282856	207360	0,05	7,5
60	2574	296157	282781	207310	0,05	7,5
61	2575	296237	282864	207366	0,05	7,5
62	2575	296287	282916	207401	0,05	7,5
63	2574	296196	282821	207337	0,05	7,5
64	2574	296150	282773	207305	0,05	7,5
65	2576	296309	282939	207416	0,05	7,5
66	2577	296424	283057	207497	0,05	7,5
67	2576	296338	282969	207437	0,05	7,5
68	2576	296295	282924	207406	0,05	7,5
69	2577	296432	283066	207502	0,05	7,5
70	2579	296526	283164	207568	0,05	7,5
71	2578	296446	283081	207512	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
72	2577	296416	283049	207491	0,05	7,5
73	2579	296581	283221	207607	0,05	7,5
74	2581	296687	283331	207681	0,05	7,5
75	2579	296568	283207	207597	0,05	7,5
76	2579	296524	283162	207567	0,05	7,5
77	2582	296763	283410	207734	0,05	7,5
78	2584	296931	283583	207851	0,05	7,5
79	2583	296839	283489	207788	0,05	7,5
80	2581	296714	283359	207700	0,05	7,5
81	2578	296469	283105	207528	0,05	7,5
82	2586	297046	283702	207932	0,05	7,5
83	2631	300370	287149	210259	0,05	7,5
84	2675	303639	290537	212547	0,05	7,5
85	2719	306795	293805	214757	0,05	7,5
86	2752	309192	296285	216435	0,05	7,5
87	2753	309259	296354	216481	0,05	7,5
88	2719	306836	293847	214785	0,05	7,5
89	2580	296605	283246	207624	0,05	7,5
90	2463	287897	274202	201528	0,05	7,5
91	2417	284451	270618	199116	0,05	7,5
92	2379	281570	267620	197099	0,05	7,5
93	2363	280405	266406	196283	0,05	7,5
94	2378	281535	267583	197075	0,05	7,5
95	2478	289025	275375	202318	0,05	7,5
96	2560	295108	281692	206575	0,05	7,5
97	2595	297695	284376	208386	0,05	7,5
98	2620	299555	286305	209688	0,05	7,5
99	2619	299527	286275	209669	0,05	7,5
100	2616	299263	286002	209484	0,05	7,5
101	2604	298391	285098	208874	0,05	7,5
102	2596	297810	284496	208467	0,05	7,5
103	2598	297963	284654	208574	0,05	7,5
104	2599	298008	284701	208606	0,05	7,5
105	2596	297787	284471	208451	0,05	7,5
106	2592	297531	284206	208272	0,05	7,5
107	2588	297196	283859	208037	0,05	7,5
108	2584	296897	283548	207828	0,05	7,5
109	2581	296680	283323	207676	0,05	7,5
110	2583	296810	283458	207767	0,05	7,5
111	2595	297720	284402	208404	0,05	7,5
112	2605	298459	285168	208921	0,05	7,5
113	2610	298827	285550	209179	0,05	7,5
114	2615	299209	285946	209446	0,05	7,5
115	2621	299622	286374	209735	0,05	7,5
116	2625	299946	286710	209962	0,05	7,5
117	2627	300087	286857	210061	0,05	7,5
118	2569	295828	282439	207080	0,05	7,5
119	2388	282289	268367	197602	0,05	7,5
120	2238	270834	256422	189584	0,05	7,5
121	2153	264312	249602	185018	0,05	7,5
122	2067	257545	242511	180282	0,05	7,5
123	1977	250410	235014	175287	0,05	7,5
124	1966	249578	234139	174704	0,05	7,5
125	2106	260638	245753	182446	0,05	7,5
126	2155	264455	249752	185118	0,05	7,5
127	2039	255317	240172	178722	0,05	7,5
128	1959	249017	233548	174312	0,05	7,5
129	1949	248211	232700	173747	0,05	7,5
130	1937	247247	231684	173073	0,05	7,5
131	1922	246006	230377	172204	0,05	7,5
132	1911	245147	229472	171603	0,05	7,5
133	1908	244948	229262	171464	0,05	7,5
134	1909	245007	229324	171505	0,05	7,5
135	1915	245498	229841	171848	0,05	7,5
136	1920	245844	230207	172091	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
137	1921	245957	230325	172170	0,05	7,5
138	1917	245623	229973	171936	0,05	7,5
139	1904	244575	228869	171203	0,05	7,5
140	1961	249150	233688	174405	0,05	7,5
141	2125	262109	247295	183476	0,05	7,5
142	2211	268768	254263	188137	0,05	7,5
143	2181	266437	251826	186506	0,05	7,5
144	2164	265154	250483	185608	0,05	7,5
145	2168	265407	250748	185785	0,05	7,5
146	2156	264527	249827	185169	0,05	7,5
147	2124	262076	247261	183453	0,05	7,5
148	2083	258846	243875	181192	0,05	7,5
149	2031	254817	239647	178372	0,05	7,5
150	1970	250027	234611	175019	0,05	7,5
151	1900	244473	228761	171131	0,05	7,5
152	1825	238478	222431	166935	0,05	7,5
153	1747	232192	187797	162535	0,05	7,5
154	1655	224695	81161	157286	0,05	7,5
155	783	185653	34097	129957	0,05	7,5
156	734	55890	32603	39123	0,05	7,5
157	679	33460	30879	23422	0,05	7,5
158	619	31659	28556	22161	0,05	7,5
159	557	29772	25228	20840	0,05	7,5
160	426	26521	22907	18564	0,05	7,5
161	360	23869	20350	16709	0,05	7,5
162	289	21385	17459	14970	0,05	7,5
163	214	18598	9910	13019	0,05	7,5
164	40	15456	97	10819	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 270 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 35 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 35 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 309259 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 618517 kN/m ³

5.2 Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _{v;p}	Passive soil stress	kN/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _{v;e}	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _{v;bot}	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _{v;top}	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	36	23	17	23	0	149
2	37	24	17	24	0	299
3	179	35	26	35	0	553
4	288	50	15	20	0	791
5	400	72	15	20	0	1139
6	505	94	15	20	0	1484
7	618	103	14	19	0	2755

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
8	653	110	13	18	0	2942
9	710	121	13	17	0	3244
10	765	133	13	17	0	3545
11	1915	175	13	17	0	8198
12	2285	216	13	17	0	10122
13	2265	213	13	17	0	10015
14	2239	210	13	17	0	9873
15	2289	216	13	17	0	10136
16	2329	220	13	17	0	10349
17	2371	225	13	17	0	10568
18	2402	229	13	17	0	10735
19	2424	231	13	17	0	10852
20	2436	233	13	17	0	10917
21	2437	233	13	17	0	10922
22	2435	233	13	17	0	10914
23	2434	232	13	17	0	10909
24	2434	232	13	17	0	10906
25	2441	233	13	17	0	10945
26	2448	234	13	17	0	10984
27	2457	235	13	17	0	11031
28	2464	236	13	17	0	11071
29	2458	235	13	17	0	11035
30	2451	234	13	17	0	11000
31	2444	234	13	17	0	10963
32	2438	233	13	17	0	10930
33	2441	233	13	17	0	10947
34	2444	234	13	17	0	10962
35	2444	234	13	17	0	10962
36	2444	234	13	17	0	10963
37	2445	234	13	17	0	10965
38	2445	234	13	17	0	10969
39	2448	234	13	17	0	10982
40	2449	234	13	17	0	10991
41	2443	233	13	17	0	10958
42	2438	233	13	17	0	10928
43	2437	233	13	17	0	10923
44	2437	233	13	17	0	10921
45	2441	233	13	17	0	10943
46	2444	234	13	17	0	10960
47	2441	233	13	17	0	10944
48	2448	234	13	17	0	10985
49	2523	243	13	17	0	11393
50	2592	251	13	17	0	11770
51	2627	255	13	17	0	11958
52	2656	258	13	17	0	12119
53	2657	258	13	17	0	12123
54	2651	258	13	17	0	12094
55	2613	253	13	17	0	11880
56	2579	249	13	17	0	11699
57	2578	249	13	17	0	11689
58	2576	249	13	17	0	11680
59	2575	249	13	17	0	11673
60	2574	249	13	17	0	11667
61	2575	249	13	17	0	11673
62	2575	249	13	17	0	11677
63	2574	249	13	17	0	11670
64	2574	249	13	17	0	11667
65	2576	249	13	17	0	11679
66	2577	249	13	17	0	11687
67	2576	249	13	17	0	11681
68	2576	249	13	17	0	11678
69	2577	249	13	17	0	11688
70	2579	249	13	17	0	11695
71	2578	249	13	17	0	11689
72	2577	249	13	17	0	11686

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
73	2579	249	13	17	0	11699
74	2581	249	13	17	0	11707
75	2579	249	13	17	0	11698
76	2579	249	13	17	0	11695
77	2582	250	13	17	0	11712
78	2584	250	13	17	0	11725
79	2583	250	13	17	0	11718
80	2581	250	13	17	0	11709
81	2578	249	13	17	0	11690
82	2586	250	13	17	0	11733
83	2631	255	13	17	0	11981
84	2675	261	13	17	0	12227
85	2719	266	13	17	0	12466
86	2752	270	13	17	0	12649
87	2753	270	13	17	0	12654
88	2719	266	13	17	0	12469
89	2580	249	13	17	0	11701
90	2463	236	13	17	0	11063
91	2417	230	13	17	0	10814
92	2379	226	13	17	0	10609
93	2363	224	13	17	0	10526
94	2378	226	13	17	0	10606
95	2478	237	13	17	0	11144
96	2560	247	13	17	0	11590
97	2595	251	13	17	0	11781
98	2620	254	13	17	0	11920
99	2619	254	13	17	0	11918
100	2616	254	13	17	0	11898
101	2604	252	13	17	0	11833
102	2596	251	13	17	0	11790
103	2598	252	13	17	0	11801
104	2599	252	13	17	0	11805
105	2596	251	13	17	0	11788
106	2592	251	13	17	0	11769
107	2588	250	13	17	0	11744
108	2584	250	13	17	0	11722
109	2581	249	13	17	0	11706
110	2583	250	13	17	0	11716
111	2595	251	13	17	0	11783
112	2605	252	13	17	0	11838
113	2610	253	13	17	0	11866
114	2615	253	13	17	0	11894
115	2621	254	13	17	0	11925
116	2625	255	13	17	0	11949
117	2627	255	13	17	0	11960
118	2569	248	13	17	0	11643
119	2388	227	13	17	0	10660
120	2238	210	13	17	0	9857
121	2153	200	13	17	0	9412
122	2067	191	13	17	0	8959
123	1977	181	13	17	0	8492
124	1966	180	13	17	0	8438
125	2106	195	13	17	0	9165
126	2155	201	13	17	0	9421
127	2039	188	13	17	0	8812
128	1959	179	13	17	0	8402
129	1949	178	13	17	0	8350
130	1937	176	13	17	0	8288
131	1922	175	13	17	0	8209
132	1911	174	13	17	0	8154
133	1908	173	13	17	0	8141
134	1909	173	13	17	0	8145
135	1915	174	13	17	0	8176
136	1920	174	13	17	0	8198
137	1921	175	13	17	0	8205

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
138	1917	174	13	17	0	8184
139	1904	173	13	17	0	8118
140	1961	179	13	17	0	8410
141	2125	197	13	17	0	9263
142	2211	207	13	17	0	9715
143	2181	203	13	17	0	9556
144	2164	202	13	17	0	9469
145	2168	202	13	17	0	9486
146	2156	201	13	17	0	9426
147	2124	197	13	17	0	9261
148	2083	193	13	17	0	9045
149	2031	187	13	17	0	8778
150	1970	180	13	17	0	8466
151	1900	173	13	17	0	8110
152	1825	165	13	17	0	7732
153	1747	156	13	17	0	7344
154	1655	147	13	17	0	6893
155	783	137	13	17	0	5222
156	734	126	13	17	0	3377
157	679	115	13	18	0	3077
158	619	103	13	18	0	2757
159	557	91	14	19	0	2437
160	426	78	14	19	0	1223
161	360	64	15	20	0	1011
162	289	51	16	21	0	798
163	191	37	19	26	0	582
164	40	26	19	26	0	407

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	71	3391	2145	2373	0,05	7,5
2	37	13646	135	9552	0,05	7,5
3	204	18191	10008	12734	0,05	7,5
4	288	21306	17365	14915	0,05	7,5
5	400	25266	21934	17686	0,05	7,5
6	505	29789	25778	20852	0,05	7,5
7	618	31649	27880	22155	0,05	7,5
8	653	32707	30073	22895	0,05	7,5
9	710	34370	31849	24059	0,05	7,5
10	765	132964	33534	93075	0,05	7,5
11	1915	245902	44376	172131	0,05	7,5
12	2285	274696	177237	192287	0,05	7,5
13	2265	273152	258843	191207	0,05	7,5
14	2239	271094	256694	189766	0,05	7,5
15	2289	274875	260641	192413	0,05	7,5
16	2329	277905	263801	194534	0,05	7,5
17	2371	281006	267032	196704	0,05	7,5
18	2402	283351	269473	198346	0,05	7,5
19	2424	284980	271169	199486	0,05	7,5
20	2436	285875	272099	200112	0,05	7,5
21	2437	285950	272177	200165	0,05	7,5
22	2435	285840	272064	200088	0,05	7,5
23	2434	285764	271984	200035	0,05	7,5
24	2434	285729	271948	200010	0,05	7,5
25	2441	286268	272509	200388	0,05	7,5
26	2448	286815	273077	200770	0,05	7,5
27	2457	287458	273745	201220	0,05	7,5
28	2464	288011	274321	201608	0,05	7,5
29	2458	287521	273811	201265	0,05	7,5
30	2451	287028	273299	200920	0,05	7,5
31	2444	286513	272764	200559	0,05	7,5
32	2438	286064	272296	200245	0,05	7,5
33	2441	286293	272534	200405	0,05	7,5
34	2444	286500	272750	200550	0,05	7,5
35	2444	286506	272756	200554	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
36	2444	286515	272765	200560	0,05	7,5
37	2445	286550	272802	200585	0,05	7,5
38	2445	286601	272855	200621	0,05	7,5
39	2448	286788	273050	200752	0,05	7,5
40	2449	286904	273169	200833	0,05	7,5
41	2443	286447	272695	200513	0,05	7,5
42	2438	286036	272267	200225	0,05	7,5
43	2437	285965	272193	200176	0,05	7,5
44	2437	285940	272168	200158	0,05	7,5
45	2441	286239	272478	200367	0,05	7,5
46	2444	286472	272720	200530	0,05	7,5
47	2441	286255	272495	200378	0,05	7,5
48	2448	286825	273088	200778	0,05	7,5
49	2523	292432	278914	204703	0,05	7,5
50	2592	297542	284217	208279	0,05	7,5
51	2627	300061	286829	210043	0,05	7,5
52	2656	302209	289055	211546	0,05	7,5
53	2657	302259	289108	211582	0,05	7,5
54	2651	301874	288708	211312	0,05	7,5
55	2613	299022	285752	209315	0,05	7,5
56	2579	296579	283218	207605	0,05	7,5
57	2578	296453	283088	207517	0,05	7,5
58	2576	296332	282962	207432	0,05	7,5
59	2575	296229	282856	207360	0,05	7,5
60	2574	296157	282781	207310	0,05	7,5
61	2575	296237	282864	207366	0,05	7,5
62	2575	296287	282916	207401	0,05	7,5
63	2574	296196	282821	207337	0,05	7,5
64	2574	296150	282773	207305	0,05	7,5
65	2576	296309	282939	207416	0,05	7,5
66	2577	296424	283057	207497	0,05	7,5
67	2576	296338	282969	207437	0,05	7,5
68	2576	296295	282924	207406	0,05	7,5
69	2577	296432	283066	207502	0,05	7,5
70	2579	296526	283164	207568	0,05	7,5
71	2578	296446	283081	207512	0,05	7,5
72	2577	296416	283049	207491	0,05	7,5
73	2579	296581	283221	207607	0,05	7,5
74	2581	296687	283331	207681	0,05	7,5
75	2579	296568	283207	207597	0,05	7,5
76	2579	296524	283162	207567	0,05	7,5
77	2582	296763	283410	207734	0,05	7,5
78	2584	296931	283583	207851	0,05	7,5
79	2583	296839	283489	207788	0,05	7,5
80	2581	296714	283359	207700	0,05	7,5
81	2578	296469	283105	207528	0,05	7,5
82	2586	297046	283702	207932	0,05	7,5
83	2631	300370	287149	210259	0,05	7,5
84	2675	303639	290537	212547	0,05	7,5
85	2719	306795	293805	214757	0,05	7,5
86	2752	309192	296285	216435	0,05	7,5
87	2753	309259	296354	216481	0,05	7,5
88	2719	306836	293847	214785	0,05	7,5
89	2580	296605	283246	207624	0,05	7,5
90	2463	287897	274202	201528	0,05	7,5
91	2417	284451	270618	199116	0,05	7,5
92	2379	281570	267620	197099	0,05	7,5
93	2363	280405	266406	196283	0,05	7,5
94	2378	281535	267583	197075	0,05	7,5
95	2478	289025	275375	202318	0,05	7,5
96	2560	295108	281692	206575	0,05	7,5
97	2595	297695	284376	208386	0,05	7,5
98	2620	299555	286305	209688	0,05	7,5
99	2619	299527	286275	209669	0,05	7,5
100	2616	299263	286002	209484	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
101	2604	298391	285098	208874	0,05	7,5
102	2596	297810	284496	208467	0,05	7,5
103	2598	297963	284654	208574	0,05	7,5
104	2599	298008	284701	208606	0,05	7,5
105	2596	297787	284471	208451	0,05	7,5
106	2592	297531	284206	208272	0,05	7,5
107	2588	297196	283859	208037	0,05	7,5
108	2584	296897	283548	207828	0,05	7,5
109	2581	296680	283323	207676	0,05	7,5
110	2583	296810	283458	207767	0,05	7,5
111	2595	297720	284402	208404	0,05	7,5
112	2605	298459	285168	208921	0,05	7,5
113	2610	298827	285550	209179	0,05	7,5
114	2615	299209	285946	209446	0,05	7,5
115	2621	299622	286374	209735	0,05	7,5
116	2625	299946	286710	209962	0,05	7,5
117	2627	300087	286857	210061	0,05	7,5
118	2569	295828	282439	207080	0,05	7,5
119	2388	282289	268367	197602	0,05	7,5
120	2238	270834	256422	189584	0,05	7,5
121	2153	264312	249602	185018	0,05	7,5
122	2067	257545	242511	180282	0,05	7,5
123	1977	250410	235014	175287	0,05	7,5
124	1966	249578	234139	174704	0,05	7,5
125	2106	260638	245753	182446	0,05	7,5
126	2155	264455	249752	185118	0,05	7,5
127	2039	255317	240172	178722	0,05	7,5
128	1959	249017	233548	174312	0,05	7,5
129	1949	248211	232700	173747	0,05	7,5
130	1937	247247	231684	173073	0,05	7,5
131	1922	246006	230377	172204	0,05	7,5
132	1911	245147	229472	171603	0,05	7,5
133	1908	244948	229262	171464	0,05	7,5
134	1909	245007	229324	171505	0,05	7,5
135	1915	245498	229841	171848	0,05	7,5
136	1920	245844	230207	172091	0,05	7,5
137	1921	245957	230325	172170	0,05	7,5
138	1917	245623	229973	171936	0,05	7,5
139	1904	244575	228869	171203	0,05	7,5
140	1961	249150	233688	174405	0,05	7,5
141	2125	262109	247295	183476	0,05	7,5
142	2211	268768	254263	188137	0,05	7,5
143	2181	266437	251826	186506	0,05	7,5
144	2164	265154	250483	185608	0,05	7,5
145	2168	265407	250748	185785	0,05	7,5
146	2156	264527	249827	185169	0,05	7,5
147	2124	262076	247261	183453	0,05	7,5
148	2083	258846	243875	181192	0,05	7,5
149	2031	254817	239647	178372	0,05	7,5
150	1970	250027	234611	175019	0,05	7,5
151	1900	244473	228761	171131	0,05	7,5
152	1825	238478	222431	166935	0,05	7,5
153	1747	232192	187797	162535	0,05	7,5
154	1655	224695	81161	157286	0,05	7,5
155	783	185653	34097	129957	0,05	7,5
156	734	55890	32603	39123	0,05	7,5
157	679	33460	30879	23422	0,05	7,5
158	619	31659	28556	22161	0,05	7,5
159	557	29772	25228	20840	0,05	7,5
160	426	26521	22907	18564	0,05	7,5
161	360	23869	20350	16709	0,05	7,5
162	289	21385	17459	14970	0,05	7,5
163	214	18598	9910	13019	0,05	7,5
164	40	15456	97	10819	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q_v;n;max = 270 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q_traffic;max = 35 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q_v;r;n;max = 35 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k_v;max = 309259 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k_v;max = 618517 kN/m ³

5.3 Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	36	23	17	23	0	149
2	37	24	17	24	0	299
3	179	35	26	35	0	553
4	288	50	15	20	0	791
5	400	72	15	20	0	1139
6	505	94	15	20	0	1484
7	618	103	14	19	0	2755
8	653	110	13	18	0	2942
9	710	121	13	17	0	3244
10	765	133	13	17	0	3545
11	1915	175	13	17	0	8198
12	2285	216	13	17	0	10122
13	2265	213	13	17	0	10015
14	2239	210	13	17	0	9873
15	2289	216	13	17	0	10136
16	2329	220	13	17	0	10349
17	2371	225	13	17	0	10568
18	2402	229	13	17	0	10735
19	2424	231	13	17	0	10852
20	2436	233	13	17	0	10917
21	2437	233	13	17	0	10922
22	2435	233	13	17	0	10914
23	2434	232	13	17	0	10909
24	2434	232	13	17	0	10906
25	2441	233	13	17	0	10945
26	2448	234	13	17	0	10984
27	2457	235	13	17	0	11031
28	2464	236	13	17	0	11071
29	2458	235	13	17	0	11035
30	2451	234	13	17	0	11000
31	2444	234	13	17	0	10963
32	2438	233	13	17	0	10930
33	2441	233	13	17	0	10947
34	2444	234	13	17	0	10962
35	2444	234	13	17	0	10962
36	2444	234	13	17	0	10963
37	2445	234	13	17	0	10965

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
38	2445	234	13	17	0	10969
39	2448	234	13	17	0	10982
40	2449	234	13	17	0	10991
41	2443	233	13	17	0	10958
42	2438	233	13	17	0	10928
43	2437	233	13	17	0	10923
44	2437	233	13	17	0	10921
45	2441	233	13	17	0	10943
46	2444	234	13	17	0	10960
47	2441	233	13	17	0	10944
48	2448	234	13	17	0	10985
49	2523	243	13	17	0	11393
50	2592	251	13	17	0	11770
51	2627	255	13	17	0	11958
52	2656	258	13	17	0	12119
53	2657	258	13	17	0	12123
54	2651	258	13	17	0	12094
55	2613	253	13	17	0	11880
56	2579	249	13	17	0	11699
57	2578	249	13	17	0	11689
58	2576	249	13	17	0	11680
59	2575	249	13	17	0	11673
60	2574	249	13	17	0	11667
61	2575	249	13	17	0	11673
62	2575	249	13	17	0	11677
63	2574	249	13	17	0	11670
64	2574	249	13	17	0	11667
65	2576	249	13	17	0	11679
66	2577	249	13	17	0	11687
67	2576	249	13	17	0	11681
68	2576	249	13	17	0	11678
69	2577	249	13	17	0	11688
70	2579	249	13	17	0	11695
71	2578	249	13	17	0	11689
72	2577	249	13	17	0	11686
73	2579	249	13	17	0	11699
74	2581	249	13	17	0	11707
75	2579	249	13	17	0	11698
76	2579	249	13	17	0	11695
77	2582	250	13	17	0	11712
78	2584	250	13	17	0	11725
79	2583	250	13	17	0	11718
80	2581	250	13	17	0	11709
81	2578	249	13	17	0	11690
82	2586	250	13	17	0	11733
83	2631	255	13	17	0	11981
84	2675	261	13	17	0	12227
85	2719	266	13	17	0	12466
86	2752	270	13	17	0	12649
87	2753	270	13	17	0	12654
88	2719	266	13	17	0	12469
89	2580	249	13	17	0	11701
90	2463	236	13	17	0	11063
91	2417	230	13	17	0	10814
92	2379	226	13	17	0	10609
93	2363	224	13	17	0	10526
94	2378	226	13	17	0	10606
95	2478	237	13	17	0	11144
96	2560	247	13	17	0	11590
97	2595	251	13	17	0	11781
98	2620	254	13	17	0	11920
99	2619	254	13	17	0	11918
100	2616	254	13	17	0	11898
101	2604	252	13	17	0	11833
102	2596	251	13	17	0	11790

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
103	2598	252	13	17	0	11801
104	2599	252	13	17	0	11805
105	2596	251	13	17	0	11788
106	2592	251	13	17	0	11769
107	2588	250	13	17	0	11744
108	2584	250	13	17	0	11722
109	2581	249	13	17	0	11706
110	2583	250	13	17	0	11716
111	2595	251	13	17	0	11783
112	2605	252	13	17	0	11838
113	2610	253	13	17	0	11866
114	2615	253	13	17	0	11894
115	2621	254	13	17	0	11925
116	2625	255	13	17	0	11949
117	2627	255	13	17	0	11960
118	2569	248	13	17	0	11643
119	2388	227	13	17	0	10660
120	2238	210	13	17	0	9857
121	2153	200	13	17	0	9412
122	2067	191	13	17	0	8959
123	1977	181	13	17	0	8492
124	1966	180	13	17	0	8438
125	2106	195	13	17	0	9165
126	2155	201	13	17	0	9421
127	2039	188	13	17	0	8812
128	1959	179	13	17	0	8402
129	1949	178	13	17	0	8350
130	1937	176	13	17	0	8288
131	1922	175	13	17	0	8209
132	1911	174	13	17	0	8154
133	1908	173	13	17	0	8141
134	1909	173	13	17	0	8145
135	1915	174	13	17	0	8176
136	1920	174	13	17	0	8198
137	1921	175	13	17	0	8205
138	1917	174	13	17	0	8184
139	1904	173	13	17	0	8118
140	1961	179	13	17	0	8410
141	2125	197	13	17	0	9263
142	2211	207	13	17	0	9715
143	2181	203	13	17	0	9556
144	2164	202	13	17	0	9469
145	2168	202	13	17	0	9486
146	2156	201	13	17	0	9426
147	2124	197	13	17	0	9261
148	2083	193	13	17	0	9045
149	2031	187	13	17	0	8778
150	1970	180	13	17	0	8466
151	1900	173	13	17	0	8110
152	1825	165	13	17	0	7732
153	1747	156	13	17	0	7344
154	1655	147	13	17	0	6893
155	783	137	13	17	0	5222
156	734	126	13	17	0	3377
157	679	115	13	18	0	3077
158	619	103	13	18	0	2757
159	557	91	14	19	0	2437
160	426	78	14	19	0	1223
161	360	64	15	20	0	1011
162	289	51	16	21	0	798
163	191	37	19	26	0	582
164	40	26	19	26	0	407

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
1	71	3391	2145	2373	0,05	7,5
2	37	13646	135	9552	0,05	7,5
3	204	18191	10008	12734	0,05	7,5
4	288	21306	17365	14915	0,05	7,5
5	400	25266	21934	17686	0,05	7,5
6	505	29789	25778	20852	0,05	7,5
7	618	31649	27880	22155	0,05	7,5
8	653	32707	30073	22895	0,05	7,5
9	710	34370	31849	24059	0,05	7,5
10	765	132964	33534	93075	0,05	7,5
11	1915	245902	44376	172131	0,05	7,5
12	2285	274696	177237	192287	0,05	7,5
13	2265	273152	258843	191207	0,05	7,5
14	2239	271094	256694	189766	0,05	7,5
15	2289	274875	260641	192413	0,05	7,5
16	2329	277905	263801	194534	0,05	7,5
17	2371	281006	267032	196704	0,05	7,5
18	2402	283351	269473	198346	0,05	7,5
19	2424	284980	271169	199486	0,05	7,5
20	2436	285875	272099	200112	0,05	7,5
21	2437	285950	272177	200165	0,05	7,5
22	2435	285840	272064	200088	0,05	7,5
23	2434	285764	271984	200035	0,05	7,5
24	2434	285729	271948	200010	0,05	7,5
25	2441	286268	272509	200388	0,05	7,5
26	2448	286815	273077	200770	0,05	7,5
27	2457	287458	273745	201220	0,05	7,5
28	2464	288011	274321	201608	0,05	7,5
29	2458	287521	273811	201265	0,05	7,5
30	2451	287028	273299	200920	0,05	7,5
31	2444	286513	272764	200559	0,05	7,5
32	2438	286064	272296	200245	0,05	7,5
33	2441	286293	272534	200405	0,05	7,5
34	2444	286500	272750	200550	0,05	7,5
35	2444	286506	272756	200554	0,05	7,5
36	2444	286515	272765	200560	0,05	7,5
37	2445	286550	272802	200585	0,05	7,5
38	2445	286601	272855	200621	0,05	7,5
39	2448	286788	273050	200752	0,05	7,5
40	2449	286904	273169	200833	0,05	7,5
41	2443	286447	272695	200513	0,05	7,5
42	2438	286036	272267	200225	0,05	7,5
43	2437	285965	272193	200176	0,05	7,5
44	2437	285940	272168	200158	0,05	7,5
45	2441	286239	272478	200367	0,05	7,5
46	2444	286472	272720	200530	0,05	7,5
47	2441	286255	272495	200378	0,05	7,5
48	2448	286825	273088	200778	0,05	7,5
49	2523	292432	278914	204703	0,05	7,5
50	2592	297542	284217	208279	0,05	7,5
51	2627	300061	286829	210043	0,05	7,5
52	2656	302209	289055	211546	0,05	7,5
53	2657	302259	289108	211582	0,05	7,5
54	2651	301874	288708	211312	0,05	7,5
55	2613	299022	285752	209315	0,05	7,5
56	2579	296579	283218	207605	0,05	7,5
57	2578	296453	283088	207517	0,05	7,5
58	2576	296332	282962	207432	0,05	7,5
59	2575	296229	282856	207360	0,05	7,5
60	2574	296157	282781	207310	0,05	7,5
61	2575	296237	282864	207366	0,05	7,5
62	2575	296287	282916	207401	0,05	7,5
63	2574	296196	282821	207337	0,05	7,5
64	2574	296150	282773	207305	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
65	2576	296309	282939	207416	0,05	7,5
66	2577	296424	283057	207497	0,05	7,5
67	2576	296338	282969	207437	0,05	7,5
68	2576	296295	282924	207406	0,05	7,5
69	2577	296432	283066	207502	0,05	7,5
70	2579	296526	283164	207568	0,05	7,5
71	2578	296446	283081	207512	0,05	7,5
72	2577	296416	283049	207491	0,05	7,5
73	2579	296581	283221	207607	0,05	7,5
74	2581	296687	283331	207681	0,05	7,5
75	2579	296568	283207	207597	0,05	7,5
76	2579	296524	283162	207567	0,05	7,5
77	2582	296763	283410	207734	0,05	7,5
78	2584	296931	283583	207851	0,05	7,5
79	2583	296839	283489	207788	0,05	7,5
80	2581	296714	283359	207700	0,05	7,5
81	2578	296469	283105	207528	0,05	7,5
82	2586	297046	283702	207932	0,05	7,5
83	2631	300370	287149	210259	0,05	7,5
84	2675	303639	290537	212547	0,05	7,5
85	2719	306795	293805	214757	0,05	7,5
86	2752	309192	296285	216435	0,05	7,5
87	2753	309259	296354	216481	0,05	7,5
88	2719	306836	293847	214785	0,05	7,5
89	2580	296605	283246	207624	0,05	7,5
90	2463	287897	274202	201528	0,05	7,5
91	2417	284451	270618	199116	0,05	7,5
92	2379	281570	267620	197099	0,05	7,5
93	2363	280405	266406	196283	0,05	7,5
94	2378	281535	267583	197075	0,05	7,5
95	2478	289025	275375	202318	0,05	7,5
96	2560	295108	281692	206575	0,05	7,5
97	2595	297695	284376	208386	0,05	7,5
98	2620	299555	286305	209688	0,05	7,5
99	2619	299527	286275	209669	0,05	7,5
100	2616	299263	286002	209484	0,05	7,5
101	2604	298391	285098	208874	0,05	7,5
102	2596	297810	284496	208467	0,05	7,5
103	2598	297963	284654	208574	0,05	7,5
104	2599	298008	284701	208606	0,05	7,5
105	2596	297787	284471	208451	0,05	7,5
106	2592	297531	284206	208272	0,05	7,5
107	2588	297196	283859	208037	0,05	7,5
108	2584	296897	283548	207828	0,05	7,5
109	2581	296680	283323	207676	0,05	7,5
110	2583	296810	283458	207767	0,05	7,5
111	2595	297720	284402	208404	0,05	7,5
112	2605	298459	285168	208921	0,05	7,5
113	2610	298827	285550	209179	0,05	7,5
114	2615	299209	285946	209446	0,05	7,5
115	2621	299622	286374	209735	0,05	7,5
116	2625	299946	286710	209962	0,05	7,5
117	2627	300087	286857	210061	0,05	7,5
118	2569	295828	282439	207080	0,05	7,5
119	2388	282289	268367	197602	0,05	7,5
120	2238	270834	256422	189584	0,05	7,5
121	2153	264312	249602	185018	0,05	7,5
122	2067	257545	242511	180282	0,05	7,5
123	1977	250410	235014	175287	0,05	7,5
124	1966	249578	234139	174704	0,05	7,5
125	2106	260638	245753	182446	0,05	7,5
126	2155	264455	249752	185118	0,05	7,5
127	2039	255317	240172	178722	0,05	7,5
128	1959	249017	233548	174312	0,05	7,5
129	1949	248211	232700	173747	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
130	1937	247247	231684	173073	0,05	7,5
131	1922	246006	230377	172204	0,05	7,5
132	1911	245147	229472	171603	0,05	7,5
133	1908	244948	229262	171464	0,05	7,5
134	1909	245007	229324	171505	0,05	7,5
135	1915	245498	229841	171848	0,05	7,5
136	1920	245844	230207	172091	0,05	7,5
137	1921	245957	230325	172170	0,05	7,5
138	1917	245623	229973	171936	0,05	7,5
139	1904	244575	228869	171203	0,05	7,5
140	1961	249150	233688	174405	0,05	7,5
141	2125	262109	247295	183476	0,05	7,5
142	2211	268768	254263	188137	0,05	7,5
143	2181	266437	251826	186506	0,05	7,5
144	2164	265154	250483	185608	0,05	7,5
145	2168	265407	250748	185785	0,05	7,5
146	2156	264527	249827	185169	0,05	7,5
147	2124	262076	247261	183453	0,05	7,5
148	2083	258846	243875	181192	0,05	7,5
149	2031	254817	239647	178372	0,05	7,5
150	1970	250027	234611	175019	0,05	7,5
151	1900	244473	228761	171131	0,05	7,5
152	1825	238478	222431	166935	0,05	7,5
153	1747	232192	187797	162535	0,05	7,5
154	1655	224695	81161	157286	0,05	7,5
155	783	185653	34097	129957	0,05	7,5
156	734	55890	32603	39123	0,05	7,5
157	679	33460	30879	23422	0,05	7,5
158	619	31659	28556	22161	0,05	7,5
159	557	29772	25228	20840	0,05	7,5
160	426	26521	22907	18564	0,05	7,5
161	360	23869	20350	16709	0,05	7,5
162	289	21385	17459	14970	0,05	7,5
163	214	18598	9910	13019	0,05	7,5
164	40	15456	97	10819	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 270 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 35 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 35 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 309259 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 618517 kN/m ³

5.4 Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _{v;p}	Passive soil stress	kN/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _{v;e}	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _{v;bot}	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _{v;top}	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	36	23	17	23	0	149
2	37	24	17	24	0	299
3	179	35	26	35	0	553
4	288	50	15	20	0	791
5	400	72	15	20	0	1139
6	505	94	15	20	0	1484
7	618	103	14	19	0	2755
8	653	110	13	18	0	2942
9	710	121	13	17	0	3244
10	765	133	13	17	0	3545
11	1915	175	13	17	0	8198
12	2285	216	13	17	0	10122
13	2265	213	13	17	0	10015
14	2239	210	13	17	0	9873
15	2289	216	13	17	0	10136
16	2329	220	13	17	0	10349
17	2371	225	13	17	0	10568
18	2402	229	13	17	0	10735
19	2424	231	13	17	0	10852
20	2436	233	13	17	0	10917
21	2437	233	13	17	0	10922
22	2435	233	13	17	0	10914
23	2434	232	13	17	0	10909
24	2434	232	13	17	0	10906
25	2441	233	13	17	0	10945
26	2448	234	13	17	0	10984
27	2457	235	13	17	0	11031
28	2464	236	13	17	0	11071
29	2458	235	13	17	0	11035
30	2451	234	13	17	0	11000
31	2444	234	13	17	0	10963
32	2438	233	13	17	0	10930
33	2441	233	13	17	0	10947
34	2444	234	13	17	0	10962
35	2444	234	13	17	0	10962
36	2444	234	13	17	0	10963
37	2445	234	13	17	0	10965
38	2445	234	13	17	0	10969
39	2448	234	13	17	0	10982
40	2449	234	13	17	0	10991
41	2443	233	13	17	0	10958
42	2438	233	13	17	0	10928
43	2437	233	13	17	0	10923
44	2437	233	13	17	0	10921
45	2441	233	13	17	0	10943
46	2444	234	13	17	0	10960
47	2441	233	13	17	0	10944
48	2448	234	13	17	0	10985
49	2523	243	13	17	0	11393
50	2592	251	13	17	0	11770
51	2627	255	13	17	0	11958
52	2656	258	13	17	0	12119
53	2657	258	13	17	0	12123
54	2651	258	13	17	0	12094
55	2613	253	13	17	0	11880
56	2579	249	13	17	0	11699
57	2578	249	13	17	0	11689
58	2576	249	13	17	0	11680
59	2575	249	13	17	0	11673
60	2574	249	13	17	0	11667
61	2575	249	13	17	0	11673
62	2575	249	13	17	0	11677
63	2574	249	13	17	0	11670
64	2574	249	13	17	0	11667

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
65	2576	249	13	17	0	11679
66	2577	249	13	17	0	11687
67	2576	249	13	17	0	11681
68	2576	249	13	17	0	11678
69	2577	249	13	17	0	11688
70	2579	249	13	17	0	11695
71	2578	249	13	17	0	11689
72	2577	249	13	17	0	11686
73	2579	249	13	17	0	11699
74	2581	249	13	17	0	11707
75	2579	249	13	17	0	11698
76	2579	249	13	17	0	11695
77	2582	250	13	17	0	11712
78	2584	250	13	17	0	11725
79	2583	250	13	17	0	11718
80	2581	250	13	17	0	11709
81	2578	249	13	17	0	11690
82	2586	250	13	17	0	11733
83	2631	255	13	17	0	11981
84	2675	261	13	17	0	12227
85	2719	266	13	17	0	12466
86	2752	270	13	17	0	12649
87	2753	270	13	17	0	12654
88	2719	266	13	17	0	12469
89	2580	249	13	17	0	11701
90	2463	236	13	17	0	11063
91	2417	230	13	17	0	10814
92	2379	226	13	17	0	10609
93	2363	224	13	17	0	10526
94	2378	226	13	17	0	10606
95	2478	237	13	17	0	11144
96	2560	247	13	17	0	11590
97	2595	251	13	17	0	11781
98	2620	254	13	17	0	11920
99	2619	254	13	17	0	11918
100	2616	254	13	17	0	11898
101	2604	252	13	17	0	11833
102	2596	251	13	17	0	11790
103	2598	252	13	17	0	11801
104	2599	252	13	17	0	11805
105	2596	251	13	17	0	11788
106	2592	251	13	17	0	11769
107	2588	250	13	17	0	11744
108	2584	250	13	17	0	11722
109	2581	249	13	17	0	11706
110	2583	250	13	17	0	11716
111	2595	251	13	17	0	11783
112	2605	252	13	17	0	11838
113	2610	253	13	17	0	11866
114	2615	253	13	17	0	11894
115	2621	254	13	17	0	11925
116	2625	255	13	17	0	11949
117	2627	255	13	17	0	11960
118	2569	248	13	17	0	11643
119	2388	227	13	17	0	10660
120	2238	210	13	17	0	9857
121	2153	200	13	17	0	9412
122	2067	191	13	17	0	8959
123	1977	181	13	17	0	8492
124	1966	180	13	17	0	8438
125	2106	195	13	17	0	9165
126	2155	201	13	17	0	9421
127	2039	188	13	17	0	8812
128	1959	179	13	17	0	8402
129	1949	178	13	17	0	8350

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
130	1937	176	13	17	0	8288
131	1922	175	13	17	0	8209
132	1911	174	13	17	0	8154
133	1908	173	13	17	0	8141
134	1909	173	13	17	0	8145
135	1915	174	13	17	0	8176
136	1920	174	13	17	0	8198
137	1921	175	13	17	0	8205
138	1917	174	13	17	0	8184
139	1904	173	13	17	0	8118
140	1961	179	13	17	0	8410
141	2125	197	13	17	0	9263
142	2211	207	13	17	0	9715
143	2181	203	13	17	0	9556
144	2164	202	13	17	0	9469
145	2168	202	13	17	0	9486
146	2156	201	13	17	0	9426
147	2124	197	13	17	0	9261
148	2083	193	13	17	0	9045
149	2031	187	13	17	0	8778
150	1970	180	13	17	0	8466
151	1900	173	13	17	0	8110
152	1825	165	13	17	0	7732
153	1747	156	13	17	0	7344
154	1655	147	13	17	0	6893
155	783	137	13	17	0	5222
156	734	126	13	17	0	3377
157	679	115	13	18	0	3077
158	619	103	13	18	0	2757
159	557	91	14	19	0	2437
160	426	78	14	19	0	1223
161	360	64	15	20	0	1011
162	289	51	16	21	0	798
163	191	37	19	26	0	582
164	40	26	19	26	0	407

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	71	3391	2145	2373	0,05	7,5
2	37	13646	135	9552	0,05	7,5
3	204	18191	10008	12734	0,05	7,5
4	288	21306	17365	14915	0,05	7,5
5	400	25266	21934	17686	0,05	7,5
6	505	29789	25778	20852	0,05	7,5
7	618	31649	27880	22155	0,05	7,5
8	653	32707	30073	22895	0,05	7,5
9	710	34370	31849	24059	0,05	7,5
10	765	132964	33534	93075	0,05	7,5
11	1915	245902	44376	172131	0,05	7,5
12	2285	274696	177237	192287	0,05	7,5
13	2265	273152	258843	191207	0,05	7,5
14	2239	271094	256694	189766	0,05	7,5
15	2289	274875	260641	192413	0,05	7,5
16	2329	277905	263801	194534	0,05	7,5
17	2371	281006	267032	196704	0,05	7,5
18	2402	283351	269473	198346	0,05	7,5
19	2424	284980	271169	199486	0,05	7,5
20	2436	285875	272099	200112	0,05	7,5
21	2437	285950	272177	200165	0,05	7,5
22	2435	285840	272064	200088	0,05	7,5
23	2434	285764	271984	200035	0,05	7,5
24	2434	285729	271948	200010	0,05	7,5
25	2441	286268	272509	200388	0,05	7,5
26	2448	286815	273077	200770	0,05	7,5
27	2457	287458	273745	201220	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
28	2464	288011	274321	201608	0,05	7,5
29	2458	287521	273811	201265	0,05	7,5
30	2451	287028	273299	200920	0,05	7,5
31	2444	286513	272764	200559	0,05	7,5
32	2438	286064	272296	200245	0,05	7,5
33	2441	286293	272534	200405	0,05	7,5
34	2444	286500	272750	200550	0,05	7,5
35	2444	286506	272756	200554	0,05	7,5
36	2444	286515	272765	200560	0,05	7,5
37	2445	286550	272802	200585	0,05	7,5
38	2445	286601	272855	200621	0,05	7,5
39	2448	286788	273050	200752	0,05	7,5
40	2449	286904	273169	200833	0,05	7,5
41	2443	286447	272695	200513	0,05	7,5
42	2438	286036	272267	200225	0,05	7,5
43	2437	285965	272193	200176	0,05	7,5
44	2437	285940	272168	200158	0,05	7,5
45	2441	286239	272478	200367	0,05	7,5
46	2444	286472	272720	200530	0,05	7,5
47	2441	286255	272495	200378	0,05	7,5
48	2448	286825	273088	200778	0,05	7,5
49	2523	292432	278914	204703	0,05	7,5
50	2592	297542	284217	208279	0,05	7,5
51	2627	300061	286829	210043	0,05	7,5
52	2656	302209	289055	211546	0,05	7,5
53	2657	302259	289108	211582	0,05	7,5
54	2651	301874	288708	211312	0,05	7,5
55	2613	299022	285752	209315	0,05	7,5
56	2579	296579	283218	207605	0,05	7,5
57	2578	296453	283088	207517	0,05	7,5
58	2576	296332	282962	207432	0,05	7,5
59	2575	296229	282856	207360	0,05	7,5
60	2574	296157	282781	207310	0,05	7,5
61	2575	296237	282864	207366	0,05	7,5
62	2575	296287	282916	207401	0,05	7,5
63	2574	296196	282821	207337	0,05	7,5
64	2574	296150	282773	207305	0,05	7,5
65	2576	296309	282939	207416	0,05	7,5
66	2577	296424	283057	207497	0,05	7,5
67	2576	296338	282969	207437	0,05	7,5
68	2576	296295	282924	207406	0,05	7,5
69	2577	296432	283066	207502	0,05	7,5
70	2579	296526	283164	207568	0,05	7,5
71	2578	296446	283081	207512	0,05	7,5
72	2577	296416	283049	207491	0,05	7,5
73	2579	296581	283221	207607	0,05	7,5
74	2581	296687	283331	207681	0,05	7,5
75	2579	296568	283207	207597	0,05	7,5
76	2579	296524	283162	207567	0,05	7,5
77	2582	296763	283410	207734	0,05	7,5
78	2584	296931	283583	207851	0,05	7,5
79	2583	296839	283489	207788	0,05	7,5
80	2581	296714	283359	207700	0,05	7,5
81	2578	296469	283105	207528	0,05	7,5
82	2586	297046	283702	207932	0,05	7,5
83	2631	300370	287149	210259	0,05	7,5
84	2675	303639	290537	212547	0,05	7,5
85	2719	306795	293805	214757	0,05	7,5
86	2752	309192	296285	216435	0,05	7,5
87	2753	309259	296354	216481	0,05	7,5
88	2719	306836	293847	214785	0,05	7,5
89	2580	296605	283246	207624	0,05	7,5
90	2463	287897	274202	201528	0,05	7,5
91	2417	284451	270618	199116	0,05	7,5
92	2379	281570	267620	197099	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
93	2363	280405	266406	196283	0,05	7,5
94	2378	281535	267583	197075	0,05	7,5
95	2478	289025	275375	202318	0,05	7,5
96	2560	295108	281692	206575	0,05	7,5
97	2595	297695	284376	208386	0,05	7,5
98	2620	299555	286305	209688	0,05	7,5
99	2619	299527	286275	209669	0,05	7,5
100	2616	299263	286002	209484	0,05	7,5
101	2604	298391	285098	208874	0,05	7,5
102	2596	297810	284496	208467	0,05	7,5
103	2598	297963	284654	208574	0,05	7,5
104	2599	298008	284701	208606	0,05	7,5
105	2596	297787	284471	208451	0,05	7,5
106	2592	297531	284206	208272	0,05	7,5
107	2588	297196	283859	208037	0,05	7,5
108	2584	296897	283548	207828	0,05	7,5
109	2581	296680	283323	207676	0,05	7,5
110	2583	296810	283458	207767	0,05	7,5
111	2595	297720	284402	208404	0,05	7,5
112	2605	298459	285168	208921	0,05	7,5
113	2610	298827	285550	209179	0,05	7,5
114	2615	299209	285946	209446	0,05	7,5
115	2621	299622	286374	209735	0,05	7,5
116	2625	299946	286710	209962	0,05	7,5
117	2627	300087	286857	210061	0,05	7,5
118	2569	295828	282439	207080	0,05	7,5
119	2388	282289	268367	197602	0,05	7,5
120	2238	270834	256422	189584	0,05	7,5
121	2153	264312	249602	185018	0,05	7,5
122	2067	257545	242511	180282	0,05	7,5
123	1977	250410	235014	175287	0,05	7,5
124	1966	249578	234139	174704	0,05	7,5
125	2106	260638	245753	182446	0,05	7,5
126	2155	264455	249752	185118	0,05	7,5
127	2039	255317	240172	178722	0,05	7,5
128	1959	249017	233548	174312	0,05	7,5
129	1949	248211	232700	173747	0,05	7,5
130	1937	247247	231684	173073	0,05	7,5
131	1922	246006	230377	172204	0,05	7,5
132	1911	245147	229472	171603	0,05	7,5
133	1908	244948	229262	171464	0,05	7,5
134	1909	245007	229324	171505	0,05	7,5
135	1915	245498	229841	171848	0,05	7,5
136	1920	245844	230207	172091	0,05	7,5
137	1921	245957	230325	172170	0,05	7,5
138	1917	245623	229973	171936	0,05	7,5
139	1904	244575	228869	171203	0,05	7,5
140	1961	249150	233688	174405	0,05	7,5
141	2125	262109	247295	183476	0,05	7,5
142	2211	268768	254263	188137	0,05	7,5
143	2181	266437	251826	186506	0,05	7,5
144	2164	265154	250483	185608	0,05	7,5
145	2168	265407	250748	185785	0,05	7,5
146	2156	264527	249827	185169	0,05	7,5
147	2124	262076	247261	183453	0,05	7,5
148	2083	258846	243875	181192	0,05	7,5
149	2031	254817	239647	178372	0,05	7,5
150	1970	250027	234611	175019	0,05	7,5
151	1900	244473	228761	171131	0,05	7,5
152	1825	238478	222431	166935	0,05	7,5
153	1747	232192	187797	162535	0,05	7,5
154	1655	224695	81161	157286	0,05	7,5
155	783	185653	34097	129957	0,05	7,5
156	734	55890	32603	39123	0,05	7,5
157	679	33460	30879	23422	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
158	619	31659	28556	22161	0,05	7,5
159	557	29772	25228	20840	0,05	7,5
160	426	26521	22907	18564	0,05	7,5
161	360	23869	20350	16709	0,05	7,5
162	289	21385	17459	14970	0,05	7,5
163	214	18598	9910	13019	0,05	7,5
164	40	15456	97	10819	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 270 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 35 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 35 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 309259 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 618517 kN/m ³

5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
5	Zand, sterk siltig, kleig	Calculated with E100
4	Veen, slap	Calculated with E100
3	Zand, sterk siltig, kleig	Calculated with E100
2	Zand, schoon, los	Calculated with E100
1	Zand, schoon, vast	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (L=5,014 m)		Vertical 2 (L=10,028 m)		Vertical 3 (L=15,042 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	7,201	0,000	7,032	0,000	7,000
4	0,062	0,066	0,060	0,064	0,059	0,063
3	7,507	14,234	7,345	14,149	7,314	14,133
2	14,234	17,719	14,149	17,651	14,133	17,639
1	88,597	133,227	88,257	133,001	88,194	132,959

Layer number	Vertical 4 (L=20,056 m)		Vertical 5 (L=25,07 m)		Vertical 6 (L=30,084 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	6,981	0,000	8,013	0,000	8,900
4	0,059	0,063	0,073	0,077	0,087	0,091
3	7,296	14,124	8,289	14,661	9,149	15,164
2	14,124	17,631	14,661	18,065	15,164	18,475
1	88,156	132,934	90,323	134,381	92,376	135,770

Layer number	Vertical 7 (L=35,098 m)		Vertical 8 (L=40,112 m)		Vertical 9 (L=45,126 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	8,167	0,000	7,380	0,000	7,369
4	0,076	0,080	0,064	0,069	0,064	0,068
3	8,438	14,746	7,679	14,325	7,669	14,320
2	14,746	18,134	14,325	17,793	14,320	17,789
1	90,668	134,613	88,965	133,472	88,943	133,457

Layer number	Vertical 10 (L=50,14 m)		Vertical 11 (L=55,154 m)		Vertical 12 (L=60,168 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	7,495	0,000	11,341	0,000	14,064
4	0,066	0,070	0,128	0,131	0,180	0,184
3	7,789	14,385	11,538	16,715	14,223	18,669
2	14,385	17,841	16,715	19,767	18,669	21,445
1	89,204	133,632	98,837	140,245	107,227	146,280

Layer number	Vertical 13 (L=65,182 m)		Vertical 14 (L=70,196 m)		Vertical 15 (L=75,21 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,110	0,000	12,118	0,000	11,995
4	0,161	0,165	0,142	0,146	0,140	0,143
3	13,281	17,962	12,303	17,251	12,181	17,165
2	17,962	20,833	17,251	20,223	17,165	20,149
1	104,163	144,048	101,117	141,861	100,747	141,598

Layer number	Vertical 16 (L=80,224 m)		Vertical 17 (L=85,238 m)		Vertical 18 (L=90,252 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,875	0,000	11,875	0,000	11,875
4	0,138	0,141	0,138	0,141	0,138	0,141
3	12,063	17,081	12,063	17,081	12,063	17,081
2	17,081	20,078	17,081	20,078	17,081	20,079
1	100,392	141,346	100,392	141,346	100,393	141,346

Layer number	Vertical 19 (L=95,266 m)		Vertical 20 (L=100,28 m)		Vertical 21 (L=105,294 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,879	0,000	11,881	0,000	11,865
4	0,138	0,141	0,138	0,141	0,137	0,141
3	12,067	17,084	12,069	17,085	12,053	17,074
2	17,084	20,081	17,085	20,082	17,074	20,072
1	100,403	141,353	100,410	141,358	100,362	141,324

Layer number	Vertical 22 (L=110,308 m)		Vertical 23 (L=115,322 m)		Vertical 24 (L=120,336 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,849	0,000	11,838	0,000	11,833
4	0,137	0,141	0,137	0,140	0,137	0,140
3	12,037	17,063	12,026	17,055	12,021	17,052
2	17,063	20,063	17,055	20,056	17,052	20,053
1	100,315	141,291	100,282	141,267	100,267	141,257

Layer number	Vertical 25 (L=125,35 m)		Vertical 26 (L=130,364 m)		Vertical 27 (L=135,378 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,911	0,000	11,991	0,000	12,083
4	0,138	0,142	0,140	0,143	0,142	0,145
3	12,099	17,106	12,177	17,162	12,268	17,227
2	17,106	20,100	17,162	20,147	17,227	20,202
1	100,499	141,422	100,735	141,589	101,012	141,786

Layer number	Vertical 28 (L=140,392 m)		Vertical 29 (L=145,406 m)		Vertical 30 (L=150,42 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	12,163	0,000	12,093	0,000	12,021
4	0,143	0,146	0,142	0,145	0,140	0,144
3	12,346	17,282	12,277	17,233	12,207	17,183
2	17,282	20,250	17,233	20,208	17,183	20,165
1	101,250	141,956	101,039	141,806	100,827	141,655

Layer number	Vertical 31 (L=155,434 m)		Vertical 32 (L=160,448 m)		Vertical 33 (L=165,462 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,947	0,000	11,882	0,000	11,915
4	0,139	0,142	0,138	0,141	0,138	0,142
3	12,134	17,131	12,069	17,086	12,102	17,109
2	17,131	20,121	17,086	20,082	17,109	20,102
1	100,605	141,497	100,411	141,359	100,510	141,429

Layer number	Vertical 34 (L=170,476 m)		Vertical 35 (L=175,49 m)		Vertical 36 (L=180,504 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,945	0,000	11,946	0,000	11,947
4	0,139	0,142	0,139	0,142	0,139	0,142
3	12,132	17,130	12,133	17,130	12,134	17,131
2	17,130	20,120	17,130	20,120	17,131	20,121
1	100,599	141,493	100,602	141,495	100,606	141,497

Layer number	Vertical 37 (L=185,518 m)		Vertical 38 (L=190,532 m)		Vertical 39 (L=195,546 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,952	0,000	11,960	0,000	11,987
4	0,139	0,143	0,139	0,143	0,140	0,143
3	12,139	17,135	12,146	17,140	12,173	17,159
2	17,135	20,124	17,140	20,129	17,159	20,145
1	100,621	141,508	100,643	141,524	100,723	141,581

Layer number	Vertical 40 (L=200,56 m)		Vertical 41 (L=205,574 m)		Vertical 42 (L=210,588 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	12,004	0,000	11,937	0,000	11,877
4	0,140	0,144	0,139	0,142	0,138	0,141
3	12,190	17,171	12,124	17,125	12,065	17,083
2	17,171	20,155	17,125	20,115	17,083	20,080
1	100,773	141,616	100,576	141,477	100,399	141,350

Layer number	Vertical 43 (L=215,602 m)		Vertical 44 (L=220,616 m)		Vertical 45 (L=225,63 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,867	0,000	11,864	0,000	11,907
4	0,137	0,141	0,137	0,141	0,138	0,142
3	12,055	17,076	12,052	17,073	12,095	17,103
2	17,076	20,074	17,073	20,072	17,103	20,097
1	100,369	141,329	100,358	141,321	100,487	141,413

Layer number	Vertical 46 (L=230,644 m)		Vertical 47 (L=235,658 m)		Vertical 48 (L=240,672 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,941	0,000	11,909	0,000	11,992
4	0,139	0,142	0,138	0,142	0,140	0,143
3	12,128	17,127	12,097	17,105	12,178	17,163
2	17,127	20,117	17,105	20,099	17,163	20,148
1	100,587	141,484	100,494	141,418	100,739	141,592

Layer number	Vertical 49 (L=245,686 m)		Vertical 50 (L=250,7 m)		Vertical 51 (L=255,714 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	12,784	0,000	13,475	0,000	13,806
4	0,155	0,158	0,168	0,172	0,175	0,178
3	12,959	17,725	13,641	18,230	13,968	18,476
2	17,725	20,629	18,230	21,064	18,476	21,277
1	103,145	143,314	105,320	144,887	106,387	145,665

Layer number	Vertical 52 (L=260,728 m)		Vertical 53 (L=265,742 m)		Vertical 54 (L=270,756 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	14,084	0,000	14,090	0,000	14,041
4	0,181	0,184	0,181	0,184	0,180	0,183
3	14,243	18,684	14,249	18,689	14,200	18,652
2	18,684	21,459	18,689	21,463	18,652	21,431
1	107,294	146,328	107,315	146,344	107,153	146,225

Layer number	Vertical 55 (L=275,77 m)		Vertical 56 (L=280,784 m)		Vertical 57 (L=285,798 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,670	0,000	13,347	0,000	13,330
4	0,172	0,176	0,166	0,169	0,166	0,169
3	13,834	18,374	13,514	18,135	13,498	18,123
2	18,374	21,189	18,135	20,982	18,123	20,972
1	105,947	145,344	104,911	144,590	104,858	144,552

Layer number	Vertical 58 (L=290,812 m)		Vertical 59 (L=295,826 m)		Vertical 60 (L=300,84 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,314	0,000	13,300	0,000	13,290
4	0,165	0,169	0,165	0,168	0,165	0,168
3	13,481	18,111	13,468	18,101	13,458	18,094
2	18,111	20,961	18,101	20,953	18,094	20,946
1	104,806	144,514	104,763	144,483	104,732	144,460

Layer number	Vertical 61 (L=305,854 m)		Vertical 62 (L=310,868 m)		Vertical 63 (L=315,882 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,301	0,000	13,308	0,000	13,295
4	0,165	0,168	0,165	0,168	0,165	0,168
3	13,469	18,101	13,476	18,106	13,464	18,097
2	18,101	20,953	18,106	20,957	18,097	20,950
1	104,766	144,485	104,787	144,500	104,749	144,472

Layer number	Vertical 64 (L=320,896 m)		Vertical 65 (L=325,91 m)		Vertical 66 (L=330,924 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,289	0,000	13,310	0,000	13,326
4	0,165	0,168	0,165	0,169	0,165	0,169
3	13,457	18,093	13,478	18,109	13,494	18,120
2	18,093	20,946	18,109	20,959	18,120	20,969
1	104,729	144,458	104,797	144,507	104,845	144,543

Layer number	Vertical 67 (L=335,938 m)		Vertical 68 (L=340,952 m)		Vertical 69 (L=345,966 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,314	0,000	13,309	0,000	13,327
4	0,165	0,169	0,165	0,169	0,166	0,169
3	13,482	18,111	13,477	18,107	13,495	18,121
2	18,111	20,962	18,107	20,958	18,121	20,970
1	104,809	144,516	104,791	144,503	104,849	144,545

Layer number	Vertical 70 (L=350,98 m)		Vertical 71 (L=355,994 m)		Vertical 72 (L=361,008 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,339	0,000	13,329	0,000	13,325
4	0,166	0,169	0,166	0,169	0,165	0,169
3	13,507	18,130	13,497	18,122	13,493	18,119
2	18,130	20,978	18,122	20,971	18,119	20,968
1	104,889	144,574	104,855	144,550	104,842	144,540

Layer number	Vertical 73 (L=366,022 m)		Vertical 74 (L=371,036 m)		Vertical 75 (L=376,05 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,347	0,000	13,361	0,000	13,345
4	0,166	0,169	0,166	0,170	0,166	0,169
3	13,514	18,135	13,528	18,146	13,513	18,134
2	18,135	20,982	18,146	20,991	18,134	20,981
1	104,912	144,591	104,957	144,624	104,907	144,587

Layer number	Vertical 76 (L=381,064 m)		Vertical 77 (L=386,078 m)		Vertical 78 (L=391,092 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,339	0,000	13,371	0,000	13,393
4	0,166	0,169	0,166	0,170	0,167	0,170
3	13,507	18,130	13,538	18,153	13,560	18,170
2	18,130	20,978	18,153	20,998	18,170	21,012
1	104,888	144,574	104,990	144,647	105,061	144,699

Layer number	Vertical 79 (L=396,106 m)		Vertical 80 (L=401,12 m)		Vertical 81 (L=406,134 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,381	0,000	13,365	0,000	13,332
4	0,167	0,170	0,166	0,170	0,166	0,169
3	13,548	18,161	13,532	18,148	13,500	18,124
2	18,161	21,004	18,148	20,994	18,124	20,973
1	105,022	144,671	104,969	144,632	104,865	144,557

Layer number	Vertical 82 (L=411,148 m)		Vertical 83 (L=416,162 m)		Vertical 84 (L=421,176 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,409	0,000	13,846	0,000	14,267
4	0,167	0,170	0,176	0,179	0,185	0,188
3	13,576	18,181	14,008	18,506	14,424	18,823
2	18,181	21,022	18,506	21,304	18,823	21,579
1	105,109	144,734	106,518	145,760	107,896	146,771

Layer number	Vertical 85 (L=426,19 m)		Vertical 86 (L=431,204 m)		Vertical 87 (L=436,218 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	14,665	0,000	14,962	0,000	14,970
4	0,193	0,196	0,199	0,202	0,199	0,203
3	14,817	19,126	15,112	19,355	15,120	19,361
2	19,126	21,844	19,355	22,045	19,361	22,051
1	109,222	147,748	110,226	148,491	110,253	148,512

Layer number	Vertical 88 (L=441,232 m)		Vertical 89 (L=446,246 m)		Vertical 90 (L=451,26 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	14,670	0,000	13,350	0,000	12,147
4	0,193	0,196	0,166	0,169	0,143	0,146
3	14,822	19,130	13,518	18,138	12,330	17,271
2	19,130	21,848	18,138	20,985	17,271	20,240
1	109,239	147,761	104,923	144,599	101,201	141,921

Layer number	Vertical 91 (L=456,274 m)		Vertical 92 (L=461,288 m)		Vertical 93 (L=466,302 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,645	0,000	11,212	0,000	11,033
4	0,133	0,137	0,126	0,129	0,122	0,126
3	11,836	16,922	11,411	16,627	11,235	16,507
2	16,922	19,943	16,627	19,693	16,507	19,592
1	99,715	140,865	98,467	139,985	97,960	139,629

Layer number	Vertical 94 (L=471,316 m)		Vertical 95 (L=476,33 m)		Vertical 96 (L=481,344 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,206	0,000	12,307	0,000	13,149
4	0,125	0,129	0,146	0,149	0,162	0,165
3	11,405	16,623	12,489	17,385	13,319	17,990
2	16,623	19,690	17,385	20,337	17,990	20,857
1	98,451	139,974	101,686	142,267	104,286	144,137

Layer number	Vertical 97 (L=486,358 m)		Vertical 98 (L=491,372 m)		Vertical 99 (L=496,386 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,495	0,000	13,740	0,000	13,736
4	0,169	0,172	0,174	0,177	0,174	0,177
3	13,661	18,245	13,903	18,426	13,899	18,424
2	18,245	21,077	18,426	21,235	18,424	21,232
1	105,385	144,934	106,173	145,508	106,161	145,500

Layer number	Vertical 100 (L=501,4 m)		Vertical 101 (L=506,414 m)		Vertical 102 (L=511,428 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,702	0,000	13,587	0,000	13,510
4	0,173	0,176	0,171	0,174	0,169	0,173
3	13,865	18,398	13,752	18,313	13,676	18,256
2	18,398	21,210	18,313	21,136	18,256	21,087
1	106,050	145,418	105,680	145,149	105,434	144,970

Layer number	Vertical 103 (L=516,442 m)		Vertical 104 (L=521,456 m)		Vertical 105 (L=526,47 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,531	0,000	13,536	0,000	13,507
4	0,170	0,173	0,170	0,173	0,169	0,172
3	13,696	18,271	13,702	18,275	13,673	18,254
2	18,271	21,100	18,275	21,104	18,254	21,085
1	105,499	145,017	105,518	145,031	105,424	144,963

Layer number	Vertical 106 (L=531,484 m)		Vertical 107 (L=536,498 m)		Vertical 108 (L=541,512 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,473	0,000	13,429	0,000	13,389
4	0,168	0,172	0,168	0,171	0,167	0,170
3	13,639	18,229	13,595	18,196	13,556	18,166
2	18,229	21,063	18,196	21,035	18,166	21,009
1	105,316	144,884	105,173	144,781	105,046	144,688

Layer number	Vertical 109 (L=546,526 m)		Vertical 110 (L=551,54 m)		Vertical 111 (L=556,554 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,360	0,000	13,377	0,000	13,498
4	0,166	0,170	0,167	0,170	0,169	0,172
3	13,527	18,145	13,545	18,158	13,664	18,247
2	18,145	20,991	18,158	21,002	18,247	21,079
1	104,954	144,622	105,010	144,662	105,396	144,942

Layer number	Vertical 112 (L=561,568 m)		Vertical 113 (L=566,582 m)		Vertical 114 (L=571,596 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,596	0,000	13,644	0,000	13,695
4	0,171	0,174	0,172	0,175	0,173	0,176
3	13,760	18,319	13,808	18,355	13,858	18,393
2	18,319	21,142	18,355	21,173	18,393	21,205
1	105,709	145,170	105,865	145,284	106,027	145,402

Layer number	Vertical 115 (L=576,61 m)		Vertical 116 (L=581,624 m)		Vertical 117 (L=586,638 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,749	0,000	13,791	0,000	13,809
4	0,174	0,177	0,175	0,178	0,175	0,179
3	13,911	18,433	13,953	18,465	13,971	18,478
2	18,433	21,240	18,465	21,268	18,478	21,280
1	106,201	145,529	106,339	145,629	106,398	145,673

Layer number	Vertical 118 (L=591,652 m)		Vertical 119 (L=596,666 m)		Vertical 120 (L=601,68 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,246	0,000	11,321	0,000	9,462
4	0,164	0,167	0,127	0,131	0,096	0,100
3	13,415	18,061	11,518	16,701	9,697	15,501
2	18,061	20,918	16,701	19,756	15,501	18,753
1	104,592	144,359	98,778	140,204	93,763	136,717

Layer number	Vertical 121 (L=606,694 m)		Vertical 122 (L=611,708 m)		Vertical 123 (L=616,722 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	8,253	0,000	6,807	0,000	4,884
4	0,077	0,081	0,056	0,061	0,033	0,038
3	8,521	14,794	7,129	14,038	5,324	13,214
2	14,794	18,172	14,038	17,563	13,214	16,911
1	90,862	134,744	87,814	132,708	84,554	130,573

Layer number	Vertical 124 (L=621,736 m)		Vertical 125 (L=626,75 m)		Vertical 126 (L=631,764 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,611	0,000	7,499	0,000	8,281
4	0,030	0,035	0,066	0,070	0,077	0,081
3	5,075	13,115	7,793	14,387	8,549	14,810
2	13,115	16,834	14,387	17,842	14,810	18,185
1	84,170	130,325	89,212	133,637	90,926	134,787

Layer number	Vertical 127 (L=636,778 m)		Vertical 128 (L=641,792 m)		Vertical 129 (L=646,806 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	6,265	0,000	4,418	0,000	4,126
4	0,049	0,054	0,028	0,033	0,025	0,031
3	6,615	13,784	4,901	13,049	4,639	12,953
2	13,784	17,360	13,049	16,782	12,953	16,708
1	86,801	132,040	83,911	130,158	83,538	129,918

Layer number	Vertical 130 (L=651,82 m)		Vertical 131 (L=656,834 m)		Vertical 132 (L=661,848 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,748	0,000	3,198	0,000	2,755
4	0,022	0,027	0,017	0,023	0,013	0,019
3	4,306	12,837	3,838	12,688	3,477	12,583
2	12,837	16,618	12,688	16,503	12,583	16,423
1	83,092	129,631	82,515	129,263	82,115	129,007

Layer number	Vertical 133 (L=666,862 m)		Vertical 134 (L=671,876 m)		Vertical 135 (L=676,89 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	2,642	0,000	2,677	0,000	2,944
4	0,012	0,019	0,013	0,019	0,015	0,021
3	3,389	12,559	3,415	12,566	3,629	12,626
2	12,559	16,405	12,566	16,410	12,626	16,456
1	82,023	128,948	82,050	128,966	82,279	129,112

Layer number	Vertical 136 (L=681,904 m)		Vertical 137 (L=686,918 m)		Vertical 138 (L=691,932 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,119	0,000	3,174	0,000	3,008
4	0,016	0,022	0,017	0,022	0,015	0,021
3	3,772	12,668	3,818	12,682	3,681	12,641
2	12,668	16,488	12,682	16,498	12,641	16,467
1	82,440	129,214	82,492	129,248	82,337	129,149

Layer number	Vertical 139 (L=696,946 m)		Vertical 140 (L=701,96 m)		Vertical 141 (L=706,974 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	2,417	0,000	4,464	0,000	7,808
4	0,011	0,017	0,029	0,034	0,070	0,074
3	3,216	12,514	4,943	13,064	8,091	14,551
2	12,514	16,370	13,064	16,795	14,551	17,975
1	81,849	128,838	83,973	130,198	89,874	134,080

Layer number	Vertical 142 (L=711,988 m)		Vertical 143 (L=717,002 m)		Vertical 144 (L=722,016 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	9,094	0,000	8,663	0,000	8,417
4	0,090	0,094	0,083	0,087	0,079	0,083
3	9,338	15,279	8,919	15,027	8,681	14,886
2	15,279	18,570	15,027	18,362	14,886	18,248
1	92,848	136,091	91,811	135,386	91,239	134,998

Layer number	Vertical 145 (L=727,03 m)		Vertical 146 (L=732,044 m)		Vertical 147 (L=737,058 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	8,474	0,000	8,425	0,000	8,220
4	0,080	0,084	0,079	0,083	0,076	0,080
3	8,735	14,918	8,688	14,891	8,489	14,776
2	14,918	18,274	14,891	18,251	14,776	18,158
1	91,369	135,086	91,256	135,010	90,788	134,694

Layer number	Vertical 148 (L=742,072 m)		Vertical 149 (L=747,086 m)		Vertical 150 (L=752,1 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	8,014	0,000	7,807	0,000	7,615
4	0,073	0,077	0,070	0,074	0,068	0,072
3	8,290	14,662	8,090	14,550	7,905	14,448
2	14,662	18,065	14,550	17,974	14,448	17,892
1	90,325	134,382	89,871	134,078	89,458	133,801

Layer number	Vertical 151 (L=757,114 m)		Vertical 152 (L=762,128 m)		Vertical 153 (L=767,142 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	7,446	0,000	7,379	0,000	7,451
4	0,065	0,069	0,064	0,068	0,065	0,069
3	7,743	14,360	7,677	14,325	7,747	14,362
2	14,360	17,821	14,325	17,792	14,362	17,823
1	89,103	133,564	88,962	133,470	89,113	133,571

Layer number	Vertical 154 (L=772,156 m)		Vertical 155 (L=777,17 m)		Vertical 156 (L=782,184 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	7,492	0,000	7,490	0,000	7,475
4	0,066	0,070	0,066	0,070	0,066	0,070
3	7,786	14,383	7,785	14,382	7,770	14,374
2	14,383	17,840	14,382	17,839	14,374	17,832
1	89,198	133,627	89,195	133,625	89,162	133,604

Layer number	Vertical 157 (L=787,198 m)		Vertical 158 (L=792,212 m)		Vertical 159 (L=797,226 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	7,441	0,000	7,430	0,000	7,449
4	0,065	0,069	0,065	0,069	0,065	0,069
3	7,737	14,357	7,727	14,351	7,745	14,361
2	14,357	17,818	14,351	17,814	14,361	17,822
1	89,091	133,556	89,069	133,541	89,109	133,568

Layer number	Vertical 160 (L=802,24 m)		Vertical 161 (L=807,254 m)		Vertical 162 (L=812,268 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	7,457	0,000	7,450	0,000	7,424
4	0,065	0,070	0,065	0,069	0,065	0,069
3	7,753	14,365	7,746	14,361	7,722	14,348
2	14,365	17,825	14,361	17,822	14,348	17,811
1	89,124	133,578	89,110	133,569	89,057	133,534

Layer number	Vertical 163 (L=817,282 m)		Vertical 164 (L=822,296 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	7,376	0,000	7,365
4	0,064	0,068	0,064	0,068
3	7,675	14,323	7,664	14,317
2	14,323	17,791	14,317	17,787
1	88,957	133,467	88,933	133,451

6 Data for Stress Analysis

6.1 General Data

Number of pipes in bundle	:	Npipes = 4 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 162619 kN/m ³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,50 kN/m ³
Bending radius on rollers	:	Rrol = 500,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

6.2 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 100%

Uplift forces	:	365	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	313	[kg/m]
Result	:	52	[kg/m] (Pipeline moves upwards)

6.3 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/mm²])
- 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	258
T2	32	255
T3	106	270

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	728	238
T5	793	251
T6	839	247

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 (γ) of at least 1.4 for the stress analysis. In the pipe stress analysis (next chapter), a factor of 1,80 is used and a load factor of 1,00.

7 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

7.1 Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 839 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 35 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 309259 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 4,49 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	4,77	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 4,87 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0160 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 4,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 3,25 \text{ N/mm}^2$$

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,56	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4,44	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,25	N/mm ²

7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	4,77	4,87	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,25	3,25

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,7 mm (2,11% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.4 Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 305 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

As the pipe is completely filled during the pullback operation the external pressure is decreased with the internal pressure of 203 kN/m². The maximum allowable pressure becomes 1762 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 190 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

8 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

8.1 Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 839 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 35 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 309259 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 4,49 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	4,77	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 4,87 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0,322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0,25} = 3,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0160 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0,5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

8.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 4,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 3,25 \text{ N/mm}^2$$

8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,56	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4,44	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,25	N/mm ²

8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	4,77	4,87	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,25	3,25

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,7 mm (2,11% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

8.4 Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 305 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

As the pipe is completely filled during the pullback operation the external pressure is decreased with the internal pressure of 203 kN/m². The maximum allowable pressure becomes 1762 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 190 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

9 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

9.1 Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 839 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 35 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 309259 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 4,49 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	4,77	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 4,87 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0160 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 4,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 3,25 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,56	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4,44	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,25	N/mm ²

9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	4,77	4,87	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,25	3,25

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,7 mm (2,11% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 305 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

As the pipe is completely filled during the pullback operation the external pressure is decreased with the internal pressure of 203 kN/m². The maximum allowable pressure becomes 1762 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 190 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 839 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 35 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 309259 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 4,49 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	4,77	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 4,87 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0160 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 4,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 3,25 \text{ N/mm}^2$$

10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,56	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4,44	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,25	N/mm ²

10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	4,77	4,87	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,25	3,25

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 6,7 mm (2,11% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 305 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

As the pipe is completely filled during the pullback operation the external pressure is decreased with the internal pressure of 203 kN/m². The maximum allowable pressure becomes 1762 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 190 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

End of Report

D.2 5 Vergunningsrapportage BW HDD8.2

Kruising 2 HDD's met op- en afrit A17

Vergunningsrapport Rijkswaterstaat



Verantwoording

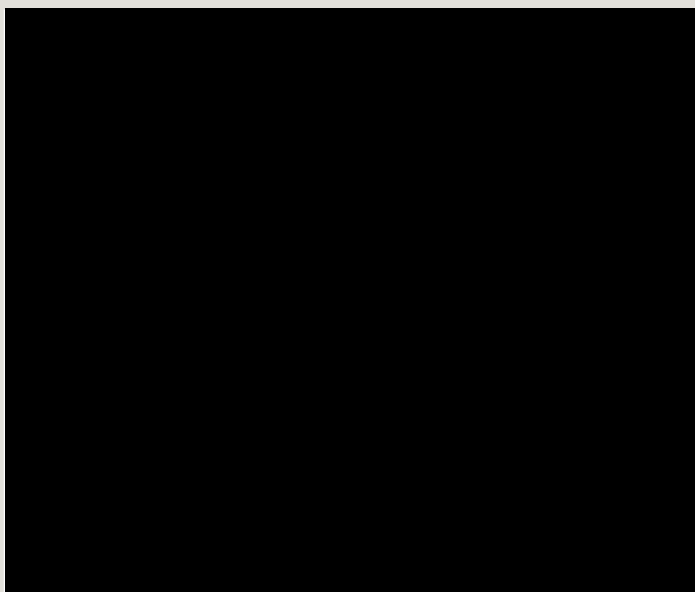
Titel: Kruising 2 HDD's met op- en afrit A17
Onderwerp: Vergunningsrapport Rijkswaterstaat
Projectnummer: 51001237
Klant: TenneT
Referentienummer: NL22-648800269-22727
Versie: D1

Datum: 26-4-2022

Auteurs:
E-mailadres:

Gecontroleerd door:
Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door:
Paraaf vrijgegeven:



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1	Situatie	5
1.2	Leeswijzer	6
2.	Uitgangspunten	7
2.1	Gebruikte documenten	7
2.2	Vigerende normen en richtlijnen	7
2.3	Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen	7
2.4	Horizontale afstand tot overige objecten	8
2.5	Schuine kruising A17	8
2.6	Diepteligging	9
2.7	Inwendige overdruk	9
2.8	Grondwaterstand	10
2.9	Belasting- en ondersteuningshoek	10
2.10	Importantiefactor	10
2.11	Geotechnische parameters	10
2.12	Boortechnische gegevens	11
2.13	Verkeersbelasting	11
2.14	Boogstralen	11
3.	Ontwerp	12
3.1	Gegevens HDD	12
3.2	Boorparameters	13
3.3	Intredepunt	13
3.4	Uittredepunt en uitlegstrook	13
4.	Berekeningsresultaten	15
4.1	Trekkrachtberekening	16
4.2	Sterkteberekening bedrijfsfase	16
4.3	Muddrukberekening	16
4.4	Implosie	16
4.5	Kwelweg	17
4.5.1	Kwel uit het eerste watervoerende pakket	17
4.5.2	Kwel tussen de peilgebieden	18
4.5.3	Kwelmaatregelen	18
5.	Risico's en aandachtspunten	19
6.	Conclusie	20
6.1	Algemeen	20
6.2	Uitkomsten ontwerp en berekening	20

Bijlage 1 – Ontwerptekening.....	21
Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek.....	22
Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline	23

1. Inleiding

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen sleufloos worden uitgevoerd door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's) en persingen.

Dit rapport betreft de kruising met de op- en afrit 20 van Rijksweg A17 bij bedrijventpark Borchwerf te Roosendaal. De kruising (met codering BW HDD8.2) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat. Het ontwerp en berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en Richtlijn Boortechnieken.

1.1 Situatie

Het tracé van de HDD's ligt parallel aan Rijksweg A17 aan de westzijde van de snelweg nabij Roosendaal (zie figuur 1). Het tracé bestaat uit twee 150kV-circuits, waardoor twee afzonderlijke parallelle HDD-bundels moeten worden gemaakt. Eén bundel bestaat uit 4 mantelbuizen PE100 Ø315 mm SDR 11. In drie van de mantelbuizen wordt een hoogspanningskabel ingetrokken en één mantelbuis is beschikbaar als reserve.

De twee HDD's liggen naast elkaar, met een dagmaat van 5 meter tussen de boorgaten. De HDD's hebben een lengte van circa 802 m en een maximale diepte van NAP -16,0 m (hart boring). De twee HDD's kruisen in het gehele tracé 6 DOW leidingen en van zuidwest naar noordoost: het grondlichaam bij het intredepunt, een persleiding van Brabant Water, middenspanningskabels van Enexis, de oprit naar de A17 vanaf de Madenstraat, Stepvelden (een straat in beheer van de gemeente) en de afrit van de A17 richting de Madenstraat.



Figuur 1 Overzicht situatie BW HDD8.2

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten, hoofdstuk 3 het ontwerp en de berekeningen, hoofdstuk 4 bevat de berekeningsresultaten, hoofdstuk 5 de risico's en aandachtspunten en hoofdstuk 6 de conclusies. Als bijlagen zijn toegevoegd de ontwerptekening, grondgegevens en de berekeningen.

2. Uitgangspunten

2.1 Gebruikte documenten

Bij het opstellen van de berekeningen is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Ontwerptekening van BW HDD8.2, tekeningnummer BW-HDD8.2 versie E, d.d. 11-04-2022 opgesteld door Sweco (bijlage 1);
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket (bijlage 2);
- Grondwaterstand, opgevraagd 25-03-2022, website: <https://embed.hydronet.com>;
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3);
- KLIC-leveringen 21O045920 en 21O045921 opgevraagd d.d. 04-04-'22;
- Keur en leggers van waterschap Brabantse Delta;
- Wegbeheerders, opgevraagd d.d. 24-03-2022, website: <https://www.rijkswaterstaat.nl/kaarten/wegbeheerders>.

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Keur en leggers van waterschap Brabantse Delta;
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0 van Rijkswaterstaat;
- Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50);
- VELIN Richtlijn nr. 2017/6 Versie september 2019.

2.3 Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen

- NEN 3650-1: 2020, bijlage F.4.3 stelt: De afstand (dagmaat) tussen een parallelleiding of -boring moet minimaal 5 m bedragen, tenzij wordt aangetoond dat een kleinere afstand toelaatbaar is.

- De minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen conform de Richtlijn Boortechnieken is:
 - De minimale dagmaat bij een kruising met een bestaande HDD-boring is 5,0 meter, onafhankelijk van de grondslag;
 - De minimale dagmaat in zandgrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 5,0 meter;
 - De minimale dagmaat in klei-/veengrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 10,0 meter;
 - Bij gelijktijdige uitvoering van meerdere HDD-boringen is het risico op schade minder groot omdat de ligging onderling beter bekend is en omdat kabels en leidingen nog niet in bedrijf zijn. In deze situatie kan de onderlinge dagmaat verkleind worden, zodanig dat stuurcorrecties onbelemmerd kunnen plaatsvinden. De vergunningaanvrager dient een afwijkende dagmaat te onderbouwen, waarbij aantoonbaar wordt gemaakt dat er geen risico ontstaat voor het rijkswaterstaatswerk.

De Richtlijn is specifiekier dan de NEN 3650, voor het ontwerp houden we daarom de Richtlijn Boortechnieken aan.

De eerste 8,5 m -mv bestaat uit wisselende zand-, klei- en veenlagen, maar omdat de HDD's voor circa 90% in de pleistocene zandlaag liggen is een dagmaat van 5 m als uitgangswaarde genomen. De HDD's zullen daarnaast met een gyroscoop geboord worden, zodat de afwijkingen minimaal zijn.

2.4 Horizontale afstand tot overige objecten

In het ontwerp zijn de volgende afstanden gehanteerd:

- Voor de minimale afstand van de HDD's tot de funderingen van hoogspanningsmasten van TenneT langs het tracé wordt normaliter een dagmaat van 5 meter gehanteerd. Echter, in dit geval houden we voor de horizontale afstand van de HDD's tot toekomstige mastenroute van TenneT op maaiveld een afstand van minimaal 10 meter uit de teen van de mast aan, omdat de funderingswijze en de schoring van de toekomstige masten onbekend is. Bij een afstand van 10 m op maaiveldniveau is een schoring van 1:3 toelaatbaar om op niveau van de boorlijn een minimale afstand van 5,0 m te hebben.
 - De afstand tussen hart boring en teen van de toekomstige mast 1056 bedraagt 13,8 m. De dagmaat tussen de boring en de teen van de mast is 13,3 m. Dit voldoet aan de eisen;
 - De afstand tussen hart boring en teen van de toekomstige mast 1057 bedraagt 15,1 m. De dagmaat afstand tussen de boring en de teen van de mast is 14,6 m. Dit voldoet aan de eisen.

2.5 Schuine kruising A17

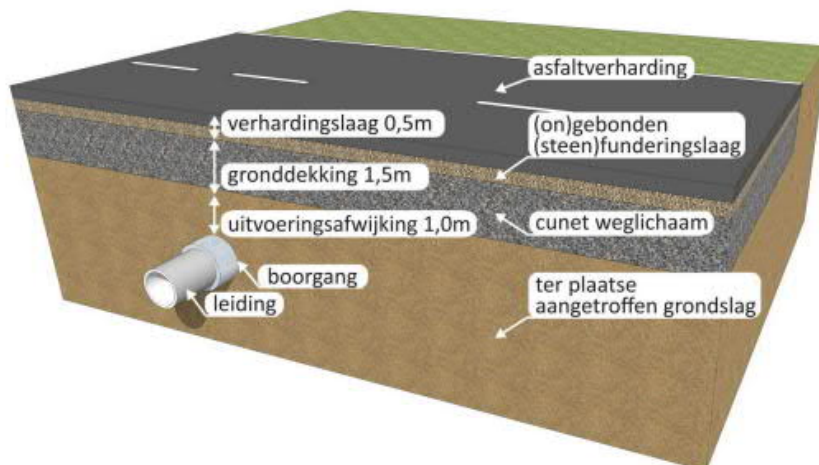
In overleg met Rijkswaterstaat en waterschap Brabantse Delta wordt Rijksweg A17 en de waterkering schuin gekruist.

In dit geval wordt de ondergrondse 150kV-kabelverbinding vanaf de zuidzijde van de op- en afrit A17 met twee boringen onder de A17 en een waterkering door geboord. Weliswaar is de boring niet haaks, maar de boring is (naar de omstandigheden van dit geval) zo haaks mogelijk.

2.6 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- Voor de tussenafstand met (kruisende) kabels en leidingen is conform de VELIN Richtlijn minimaal een dagmaat van 5 m aangehouden. Dit betreft het volgende:
 - De HDD's kruisen meerdere keren de gasleiding Dn 168,3 mm van DOW Benelux B.V. die is aangelegd in open ontgraving op een diepte van circa NAP 0 m. De HDD's liggen hier op een diepte (hart boring) van respectievelijk NAP -16 m en NAP - 1,5 m. Dit voldoet aan de VELIN richtlijn;
 - Nabij het uittredepunt kruisen de HDD's een middenspanningskabel van Enexis op een hart-op-hart afstand van 6,16 m. De dagmaat tussen de twee leidingen is minimaal 5,25 m. Dit voldoet aan de eisen.
- Voor de kruising met de overige kabels en leidingen waaronder de persleiding van waterschap Brabantse Delta hebben we in het ontwerp een dagmaat van minimaal 5 meter aangehouden.
- De HDD's dienen een minimale gronddekking te hebben ter plaatse van de verharding van 3 meter (in cohesieve grond) tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (zie figuur 2) (Richtlijn Boortechnieken 2019, paragraaf 2.4.1)
 - Bij zowel de gemeentelijke weg als de op- en afrit van Rijksweg A17 liggen de HDD's dieper dan 20 m t.o.v. het maaiveld. Dit voldoet aan de eisen.



Figuur 2 Schematische weergave gronddekking HDD boringen onder wegen (Richtlijn Boortechnieken, 2019)

2.7 Inwendige overdruk

Het betreft mantelbuizen. Er is dus niet gerekend met inwendige overdruk.

2.8 Grondwaterstand

Uit de BRO Grondwaterspiegeldiepte 2021 van DINOloket komt een minimale grondwaterstand van 0,95 m-mv. Voor deze rapportage nemen wij een gemiddelde grondwaterstand aan van 0,95 m-mv.

2.9 Belasting- en ondersteuningshoek

Conform NEN3650-1:2020 paragraaf C.4.1.3 bedraagt voor een HDD de:

- belastingfactor voor trekkracht : 1,8;
- belastinghoek : 30°;
- ondersteuningshoek : 30°.

2.10 Importantiefactor

Voor de HDD's is conform paragraaf 6.5 van NEN 3651 een importantiefactor van 1,0 gehanteerd.

2.11 Geotechnische parameters

De geotechnische gegevens en parameters gebruikt zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek. De ID-nummers, dieptes en de afstanden tot het boortracé van de gebruikte boringen en sonderingen staan in Tabel 2-1. De volledige boringen en sonderingen staan in bijlage 2 van deze rapportage. Op basis van dit grondonderzoek heeft Sweco een maatgevend bodemprofiel langs het geplande boortracé opgesteld. Dit bodemprofiel is gecontroleerd met behulp van het 3-D ondergrondmodel GeoTOP. Dit is een model van de grondlagen in de Nederlandse ondiepe ondergrond, opgesteld door de Geologische Dienst Nederland, onderdeel van TNO.

Tabel 2-1 *Overzicht van het gebruikte grondonderzoek.*

ID-nummer	Type	Diepte [NAP m]	Afstand tot boortracé [m]
B49F1149	Boring	-1	100
B49F1087	Boring	-3	40

Op minder dan 0,5 km afstand van het geplande boortracé zijn alleen boringen en geen sonderingen beschikbaar. TenneT laat momenteel specifiek grondonderzoek voor de HDD's uitvoeren zodat dit beschikbaar is voor de aannemer die de HDD's realiseert. De twee beschikbare boringen geven de bovenkant van de vaste zandlaag weer op circa -8,5 m NAP van het geplande boortracé. Deze boringen laten zien dat boven deze zandlaag de grond bestaat uit zandige klei- en veenlagen. Gezien het zeer kleine aantal boringen kan niet met zekerheid vastgesteld worden of de relatief slappe zandige klei- en veenlagen over het gehele tracé voorkomen. Hieruit kunnen we concluderen dat aanvullend grondonderzoek noodzakelijk is om een grondprofiel met grotere nauwkeurigheid vast te stellen. Om veiligheidsmarge in de berekening in te bouwen, zijn de relatief slappe klei- en veenlagen over het gehele boortracé aangehouden. Tabel 2-2 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters en grondlagen zien.

Tabel 2-2 Grondparameters gebruikt in de berekening.

Niveau bovenkant [m t.o.v. NAP]	Niveau onderkant [m t.o.v. NAP]	Lithologie	γ_d [kN/m ³]	γ_n [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	S_u top/bottom m [kN/m ²]	E [kN/m ²]
1,3	1,0	Zand, sterk siltig, kleiig	18	20	0,0	25,0	0,0	15000
1,0	-0,0	Veen, slap	11	11	1,5	15,0	25,0	200
-0,0	-8,5	Zand, sterk siltig, kleiig	18	20	0,0	25,0	0,0	15000
-8,5	-14,0	Zand, schoon, los	17	19	0,0	30,0	0,0	15000
-14,0	-29,0	Zand, schoon, vast	19	21	0,0	35,0	0,0	75000

2.12 Boortechnische gegevens

De boortechnische parameters voor het ontwerp en de muddrukberoeeningen zijn betrokken uit het Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50), NEN 3650:2020 en NEN 3651:2020. De voor de berekeningen gehanteerde waardes zijn terug te vinden in de invoer van de muddrukberoeeningen in bijlage 3.

2.13 Verkeersbelasting

Ter plaatse van de kruising met de op- en afrit van Rijksweg A17 en Stepvelden is verkeersklasse I gehanteerd conform figuur C17 uit NEN3650-1:2020.

2.14 Boogstralen

Het beleid van TenneT is dat HDD's met een gyroscoop geboord worden. De minimaal mogelijke boogstraal van een gyroscoop bedraagt volgens leverancier Browline 180 m.

In dit ontwerp is sprake van horizontale bochten van 500 en 506 m en verticale bochten van 220 en 250 m. De boogstraal voldoet hiermee aan de minimaal vereiste straal van 180 m voor de gyroscoop.

Met de toepassing van een gyroscoop kan tijdens de pilotboring worden bijgestuurd om afwijkingen te compenseren. Het boren met gyroscoop zorgt er daarom voor dat de afwijkingstolerantie bij de uitvoering van de HDD's binnen de afwijkingstolerantie blijven zoals benoemd in tabel 2.1 uit de Richtlijn Boortechnieken.

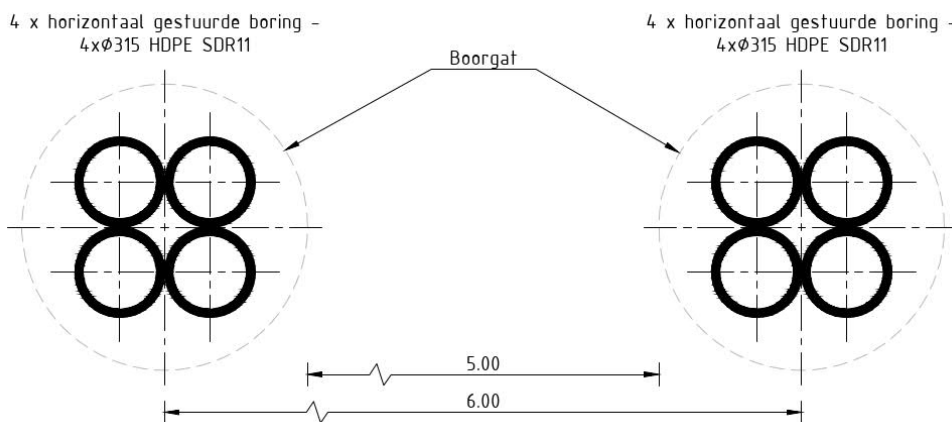
RICHTING	MAXIMALE UITVOERINGS-AFWIJKING
Verticaal*	+1/-1 m
Horizontaal:	
- in lengterichting; t.p.v. uittredepunt	+5/-2 m
- in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt	+1/-1 m
- in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	+5/-5 m
Bochtstralen	< 10%

3. Ontwerp

3.1 Gegevens HDD

Het ontwerp van de twee HDD's heeft de volgende kenmerkende parameters:

- materiaal: PE100 4x Ø315 mm SDR 11;
- lengte: circa 802 m;
- maximale diepte hart buis: NAP -16,0 m;
- intredehoek: 15°;
- uittredehoek: 18° en 22,5°;
- verticale boogstralen: 220 en 250 m;
- horizontale boogstralen: 500 en 506 m.



Figuur 3 Doorsnede van de 2 HDD's

Aan de hand van NEN 3650 en NEN 3651 en de Richtlijn Boortechiek is een ontwerp gemaakt voor de HDD's. De voornaamste randvoorwaarden voor het ontwerp zijn:

- De HDD dient een zodanig tracé te volgen dat er voldoende dekking aanwezig is in het gehele tracé om een blow-out te voorkomen.
- De kruising van een HDD-boring met de rijksweg dient in principe loodrecht op de lengterichting van de rijksweg uitgevoerd te worden. Deze boring is niet loodrecht en hiervoor dient toestemming te worden verkregen van Rijkswaterstaat. TenneT heeft het tracé op voorhand met Rijkswaterstaat besproken en afgestemd dat deze afwijking acceptabel is aangezien de boorlijn wel de hoofdrichting van de bestaande infrastructuur volgt.

- In dit geval wordt de ondergrondse 150kV-kabelverbinding parallel aan de A17 met één boring onder de op- en afrit 20 door geboord;
- Weliswaar is de boring niet haaks, maar de boring is (naar de omstandigheden van dit geval) zo haaks mogelijk.
- De sterkte van de leiding dient zodanig te zijn dat deze intact blijft gedurende de aanleg en in de bedrijfsfase.
- De afstandseisen zoals benoemd in paragraaf 2.3, 2,4 en 2,5.

3.2 Boorparameters

Bij de berekeningen zijn de volgende boorparameters aangehouden:

- boorinstallatie : maxi-rig 50 ton;
- diameter boorstang : 0,17 m;
- volumegewicht bentoniet : 11,5 kN/m³;
- diameter pilothole : Ø300 mm;
- ruimgat : Ø500 mm;
- boorgat : Ø1000 mm.

3.3 Intredepunt

Het intredepunt ligt in het bouwland aan de westzijde van de A17, ten noorden van het werkterrein ligt een grondlichaam. Het intredepunt is bereikbaar vanaf de Vlietweg en via het bouwland aan de zuidwestzijde van het intredepunt (zie figuur 4). Ten oosten van het werkterrein ligt de DOW-leiding, indien nodig dient de aannemer hier beschermende maatregelen te nemen.



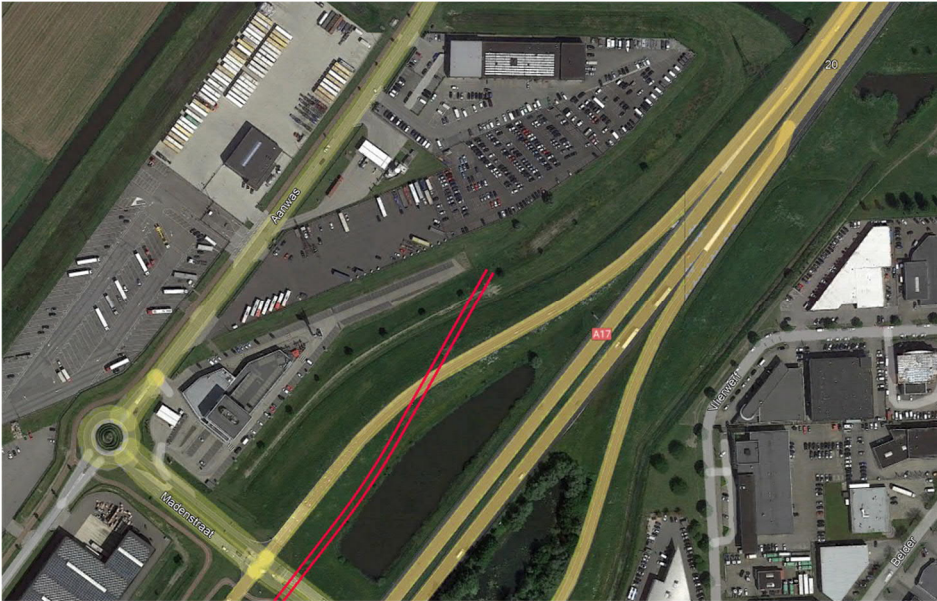
Figuur 4 Intredepunt BW HDD8.2

3.4 Uittredepunt en uitlegstrook

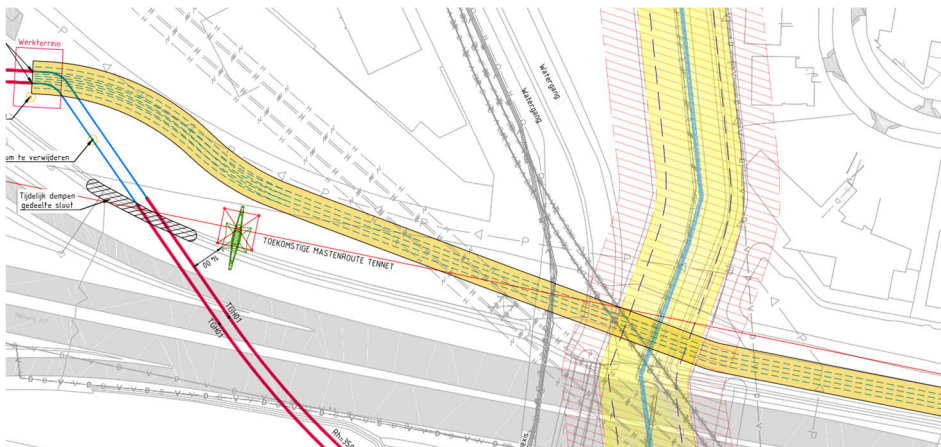
Het uittredepunt ligt in het groengebied aan de rand van het bedrijvenpark ten westen van de A17 (zie figuur 5). Op circa 20 meter voor het uittredepunt kruisen de HDD's een middenspanningskabel van Enexis. Bij de situering van het uittredepunt is rekening gehouden met de inpassing van het intredepunt van BW HDD8.3 en de moflocatie die tussen deze twee HDD's aangebracht gaat

worden. Bij het uittredepunt dienen daarom maximaal 2 bomen gekapt te worden.

De uitlegstrook is voorzien aan de noordzijde van het tracé in de berm van de A17. De uitlegstrook kruist een watergang en regionale waterkering in het beheer van waterschap Brabantse Delta. Met waterschap Brabantse Delta dient afgestemd te worden welke eisen zij hier aan de werkzaamheden stellen (zie figuur 6).



Figuur 5 Uittredepunt BW HDD8.2



Figuur 6 Uitlegstrook (geel) van BW HDD8.2

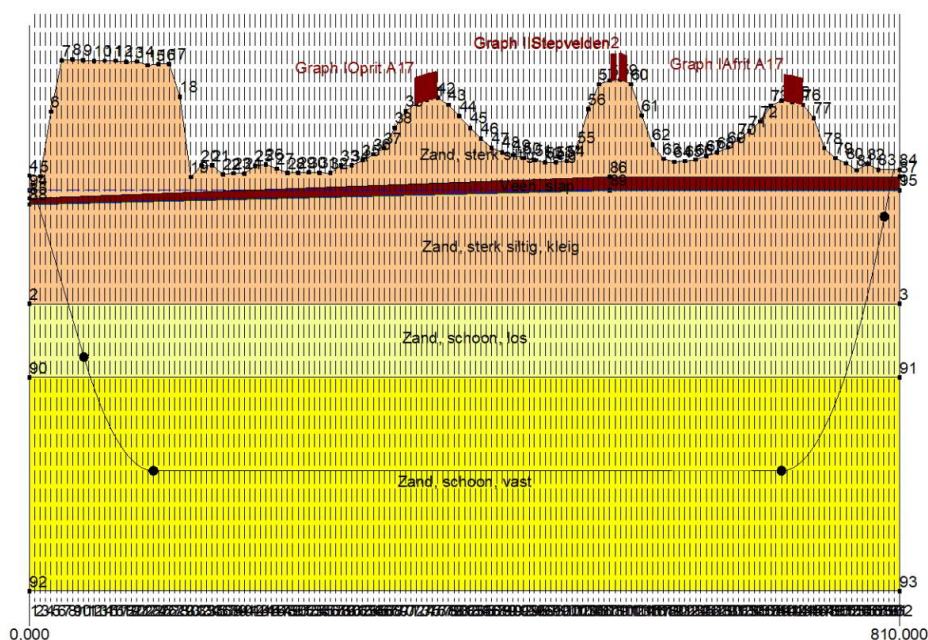
4. Berekeningsresultaten

De volgende berekeningen zijn voor de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd:

- een trekkrachtberekening;
- een sterkteberekening voor de bedrijfsfase;
- een muddrukberekening;
- een implosieberekening;
- een kwelwegbeschouwing.

Er is één berekening, dus maar één profiel, opgesteld voor beide HDD's. Uitgangspunt is dat de verschillen tussen de profielen van de twee HDD's verwaarloosbaar klein zijn.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd als bijlage 3. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



Figuur 7 D-Geo Pipeline-model van HDD's

4.1 Trekkkrachtberekening

De berekende maximale trekkracht bedraagt $258 \times 1,8 = 464,4$ kN bij volledig met water gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van $4,72$ N/mm² aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is 10 N/mm².

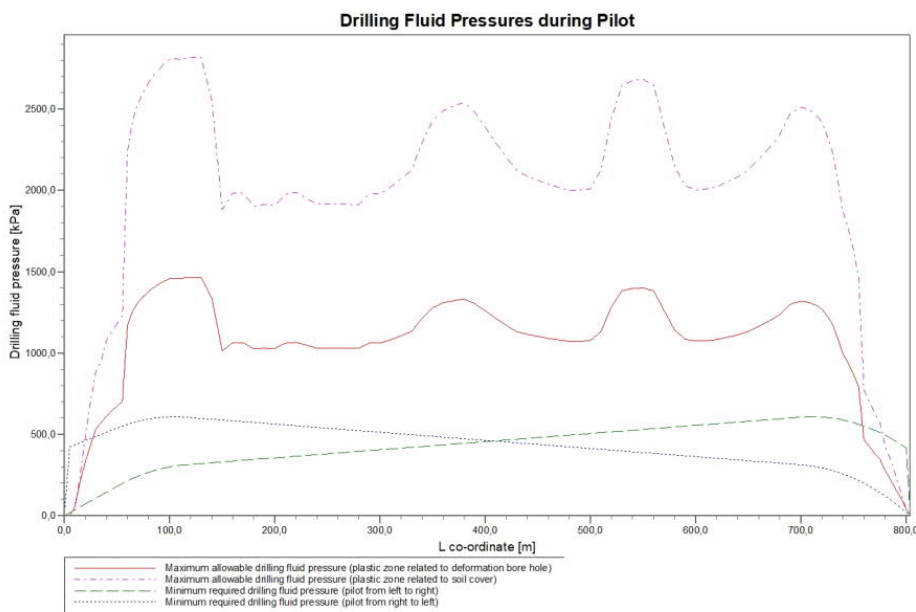
4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase

Voor de mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van $3,84$ N/mm². Toelaatbaar is 8 N/mm² waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van $7,8$ mm ($2,49\% \times D_0$) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van $25,2$ mm (8%).

4.3 Muddrukberekening

Bij de geplande diepteligging van de HDD's bestaat tijdens de pilotboring, getuige de berekeningsresultaten, de kans op muduitbraak in de laatste 40 m van het tracé. Geadviseerd wordt bij nadering van het uittredepunt, bij met name de voor muduitbraak maatgevende pilotboring, de druk op de boorspoeling te verminderen. Bij het ruimen en de intrekoperatie wordt geen blow-out berekend.



Figuur 8 Muddrukberekening tijdens pilot fase

4.4 Implosie

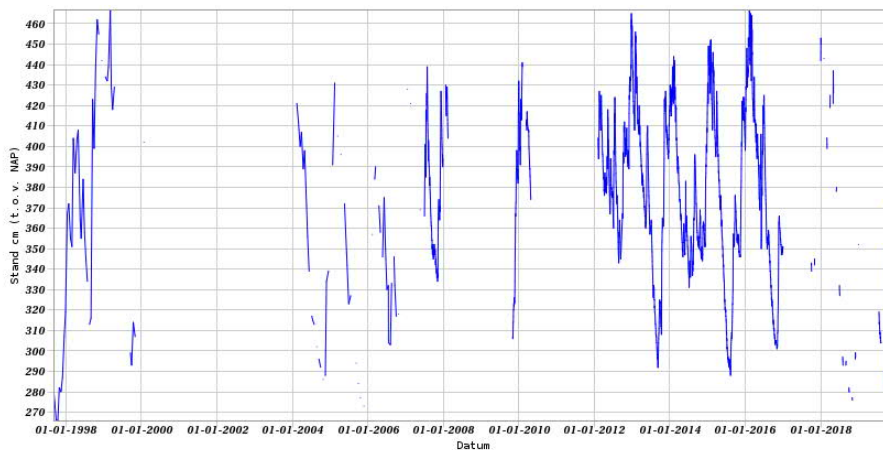
Zowel tijdens de intrekoperatie als de bedrijfstoestand blijkt uit de berekeningen dat geen implosie optreedt. De berekende alzijdige overdruk op lege leiding bedraagt circa 210 kN/m², terwijl 280 kN/m² toelaatbaar is.

4.5 Kwelweg

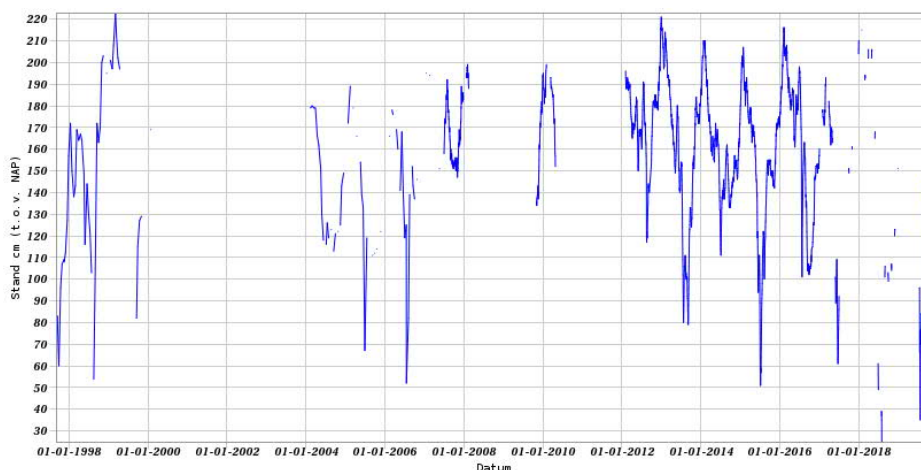
Langs een HDD kan op twee wijzen kwel ontstaan. Ten eerste kan kwel ontstaan indien sprake is van overspannen water in de diepere grondlagen. In dat geval is de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket hoger dan de freatische waterstand. Ten tweede kan kwel ontstaan indien een HDD twee verschillende peilgebieden verbindt. Hierdoor kan een kortsluitstroom langs de HDD ontstaan. In onderstaande paragraaf zijn beide situaties beschouwd.

4.5.1 Kwel uit het eerste watervoerende pakket

Hieronder zijn de meetgegevens uit DINOloket van peilbuis B49F0434 weergegeven. Deze peilbuis ligt op circa 1 km afstand van het boortracé. Te zien is dat de freatische grondwaterstand B49F0434-hoger ligt dan de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket B49F0434-002. Hierdoor valt geen kwel uit de diepere grondlagen naar boven te verwachten.



Figuur 9 Freatische grondwaterstand B30H0125-001 uit Dinoloket, filter op NAP -0,7 m



Figuur 10 Grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket, B30H0125-002 uit Dinoloket, filter op NAP -11,7 m

4.5.2 Kwel tussen de peilgebieden

Het waterschap Brabantse Delta heeft in dit gebied geen peilbesluit vastgesteld. Dit komt omdat dit gebied is gedefinieerd als 'vrij afwaterende gebieden'. In die gebieden kan het waterschap geen extra water aanvoeren, waardoor het meest optimale peil kan zakken. Een gegarandeerd waterpeil is dus in principe niet mogelijk in deze gebieden.

4.5.3 Kwelmaatregelen

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket is op deze locatie lager dan de laagste gemiddelde grondwaterstand. Op basis van deze peilbuis valt geen kwel te verwachten. Aangezien waterschap Brabantse Delta geen peilbesluit heeft vastgesteld voor dit gebied hoeven hier geen kwelmaatregelen te worden genomen.

5. Risico's en aandachtspunten

De aannemer dient met de volgende specifieke risico's en aandachtspunten rekening te houden:

- Uitlegstrook: de mantelbuizen worden uitgelegd aan de noordzijde van het tracé in de berm van Rijksweg A17. Daarbij wordt een watergang en regionale waterkering gekruist. Met waterschap Brabantse Delta en Rijkswaterstaat dient door de aannemer afgestemd te worden welke eisen zij aan de werkzaamheden stellen en toestemming/vergunning aangevraagd te worden;
- Er wordt bij het in- en het uitredepunt gewerkt in de nabijheid van de DOW gasleiding. In overleg met de leidingbeheerder zullen beheersmaatregelen moeten worden afgestemd;
- Kruisingen met kabels en leidingen, waaronder andere HDD's, dienen te worden afgestemd met de betreffende beheerders;
- Om de werkterreinen te betreden zullen bouwinritten nodig zijn. De aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente te bespreken;
- Spiegellassen aanbrengen conform NEN7200;
- Bij het spiegellassen van de leidingdelen dienen alle inwendige lasrillen verwijderd te worden; in overleg met de toezichthouder moeten de verwijderde lasrillen aangetoond kunnen worden;
- TenneT schrijft het gebruik van een gyroscoop als plaatsbepalingssysteem tijdens de pilotboring voor;
- Afwijking van de boorlijn heeft consequenties voor de daarna volgende HDD. De aannemer dient daarom na de pilotboring te controleren of de volgende HDD nog aangepast moeten worden. Ook dient de aannemer rekening te houden met de volgorde van uitvoeren in verband met afstanden tot obstakels, zoals de toekomstige hoogspanningsmasten.

6. Conclusie

6.1 Algemeen

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuidwest-Oost ondergronds te verkabelen.

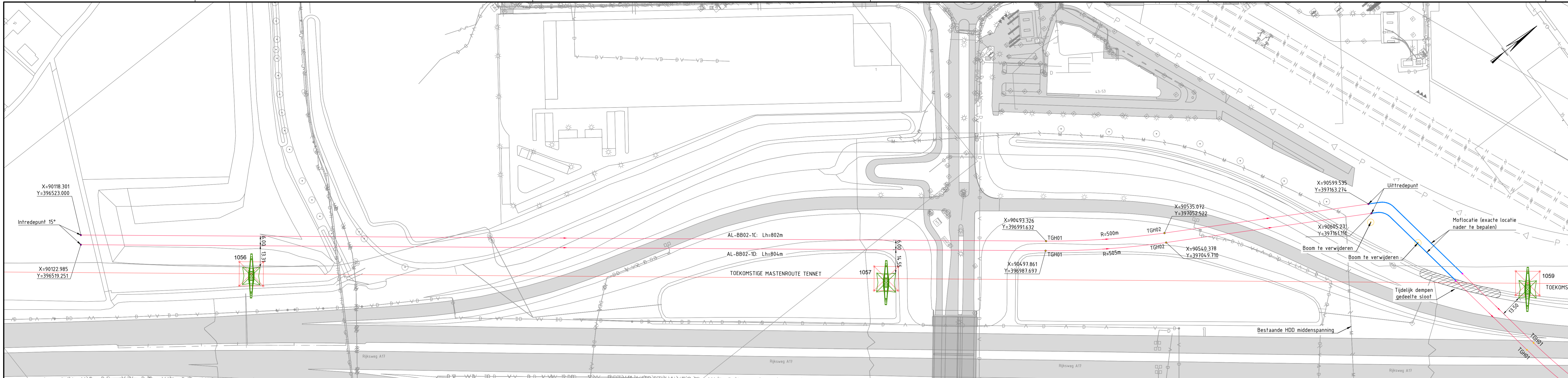
Dit rapport betreft de kruising met op- en afrit 20 van de A17 bij bedrijvenpark Borchwerf te Roosendaal. De kruising (met codering BW HDD8.2) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en Richtlijn Boortechnieken.

6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

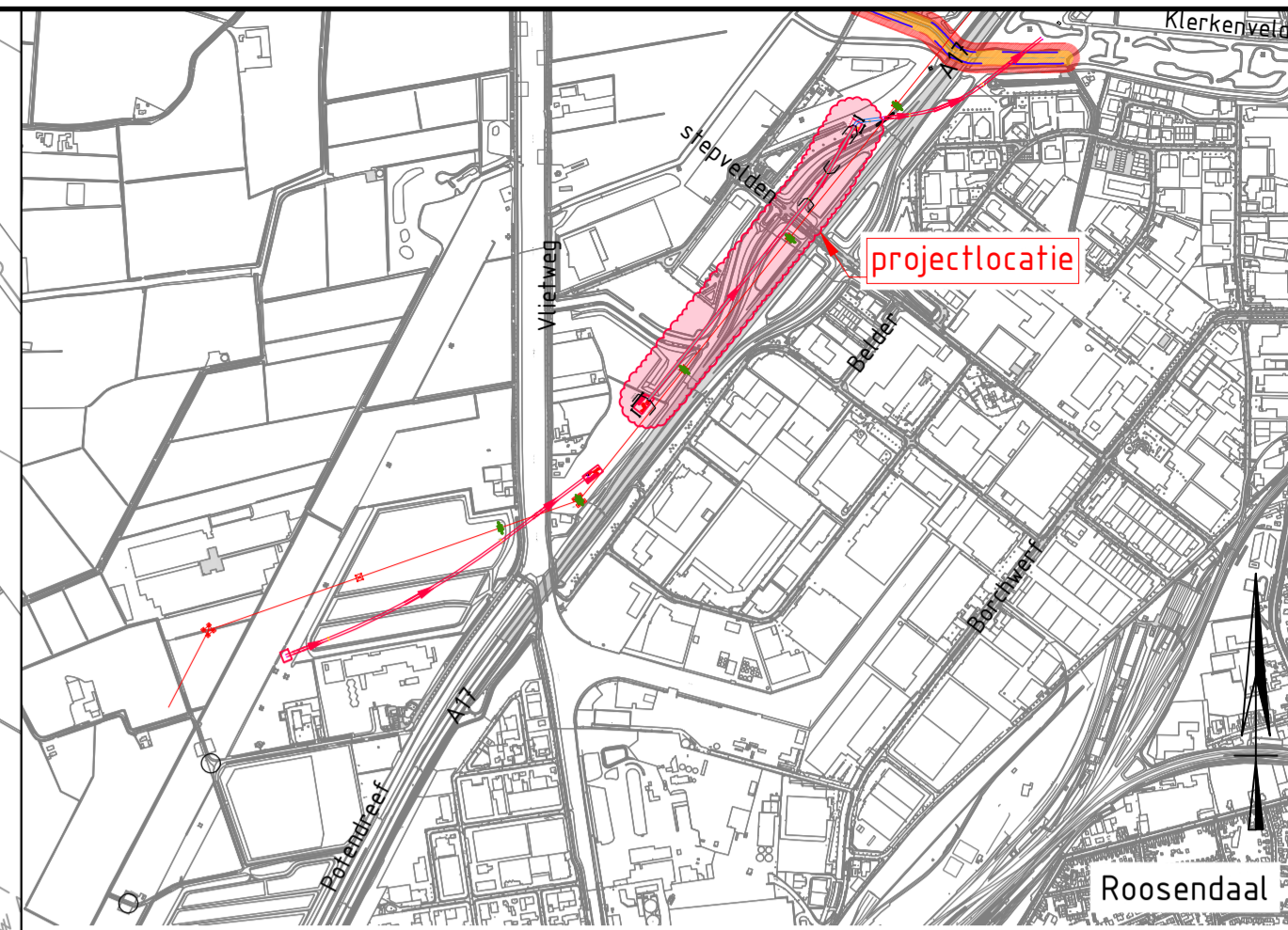
De HDD's, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee parallelle HDD's met 4x PE100 Ø315 mm SDR 11 voldoen aan de eisen.

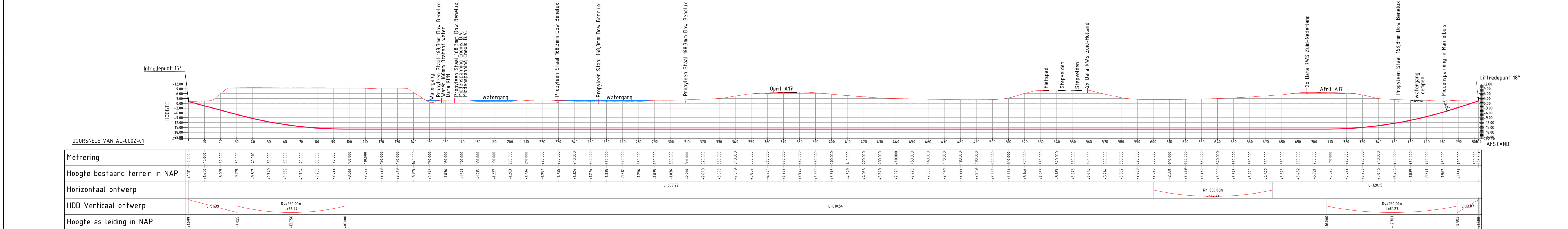
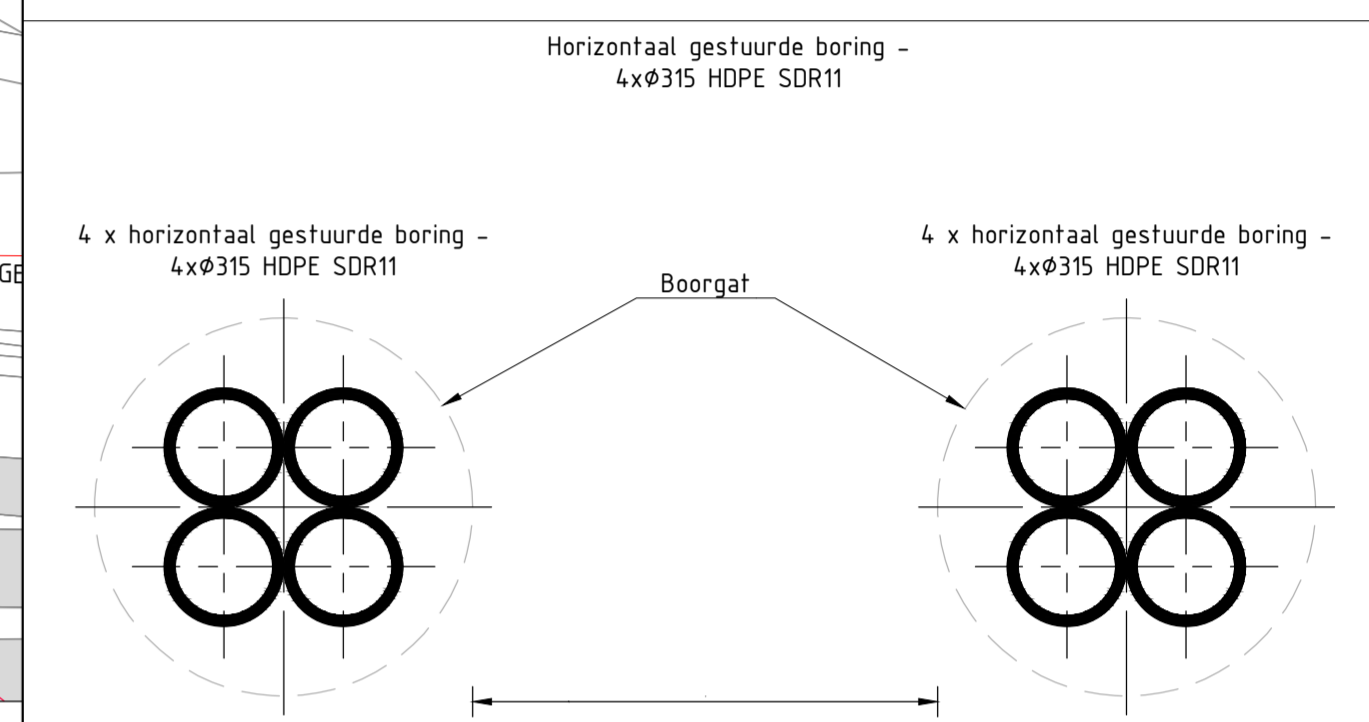
Bijlage 1 – Ontwerptekening



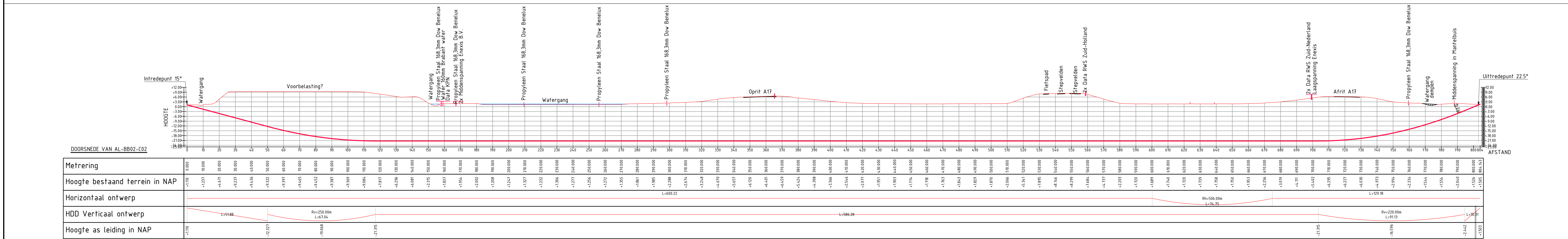
Bovenaanzicht schaal 1:1000



Overzicht Schaal n.v.t.



Lengteprofiel van AL-BB02-1C: Schaal 1:1000



Lengteprofiel van AL-BB02-1D: Schaal 1:1000

Principe doorsnede Schaal 1:20

Legenda

- Kadastrale grens
- Leiding gevaarlijke inhoud
- Data/transport
- Landelijk hoogspanningsnet
- Laagspanning
- Middenspanning
- Gasleiding hoge druk
- Gasleiding lage druk
- Waterleiding
- Riolering vrijverval
- Horizontaal gestuurde boring (HDD)
- Open ontgraving
- Verharding (asfalt)
- Bestaande topo
- Bebouwing
- Locatie sondering met nummer
- Verharding/wegen

Vergunningstekening

E	T.b.v. Vergunningaanvraag	11-04-2022	BB	MJ	JD
C	Trace versie 8	11-08-2021	BB	MJ	JD
B	Locatie HDD's	15-07-2021	NU	MJ	JD
A	Eerste uitgave	05-07-2021	NU	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Get.	Goedg.

Opdrachtgever: **TenNet TSO B.V.**

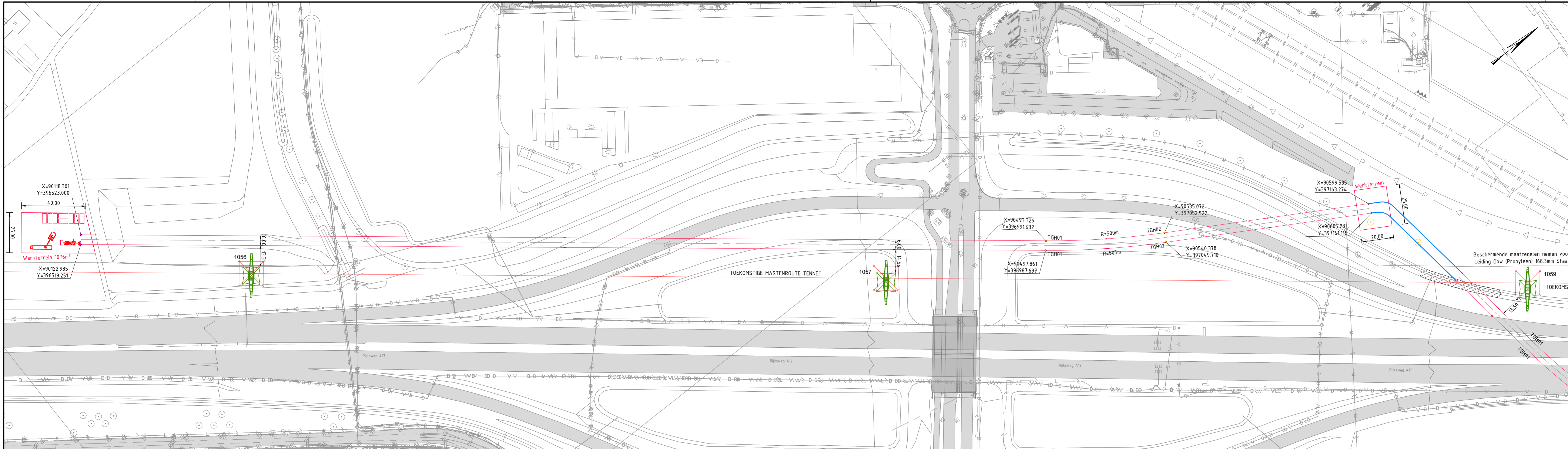
Project: **HDD's 150 kV ZWO**

Bestand: **BW-HDD8.2**

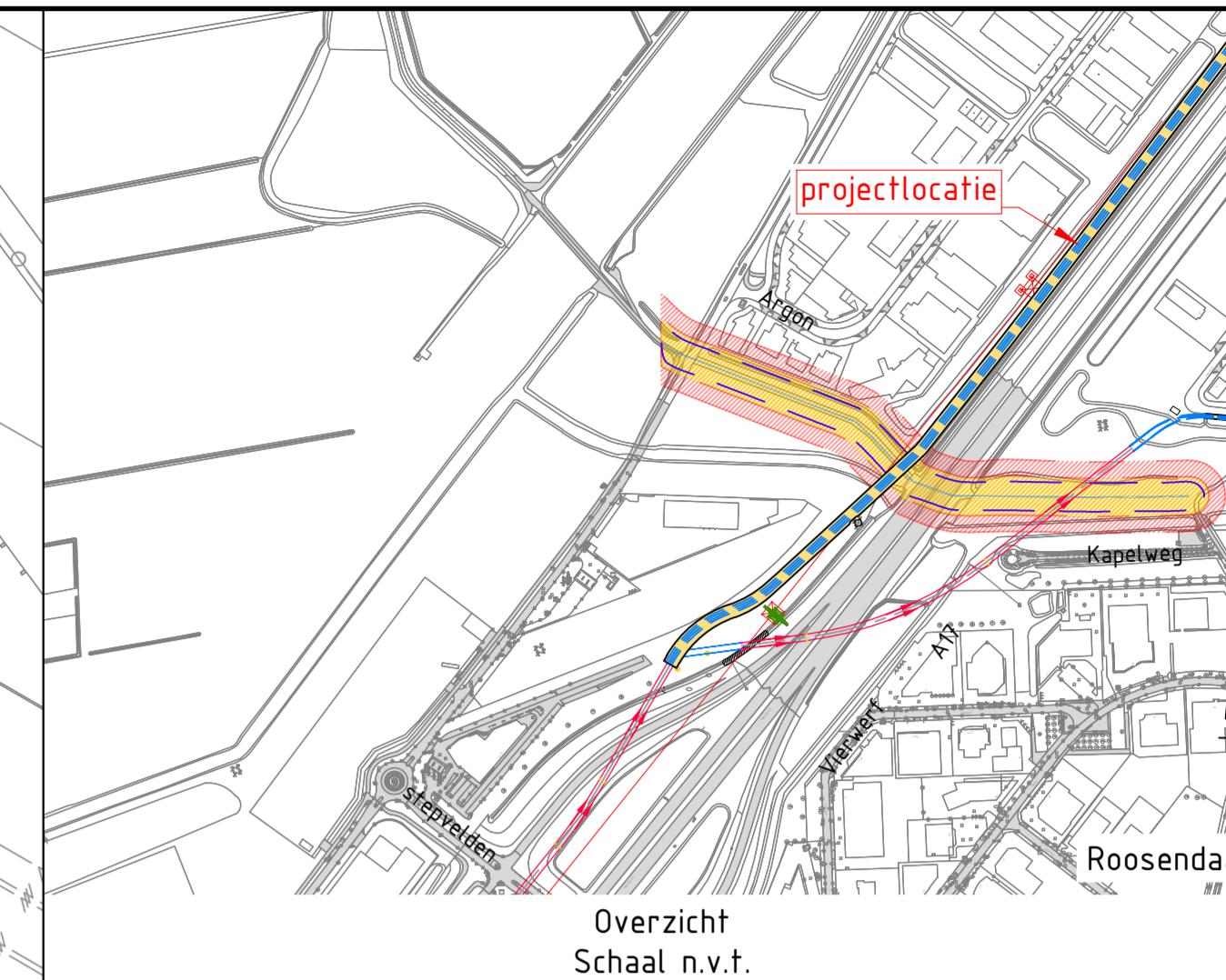
Tekening: **Kruising Afrit 20**

Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer
368722	BW-HDD8.2	E	11-04-2022	Definitief ontwerp	
Rib	Van	Schaal	Formaat	Kaartje	Get.
1	2	Zie tekening	A1	De Bit	BB MJ JD

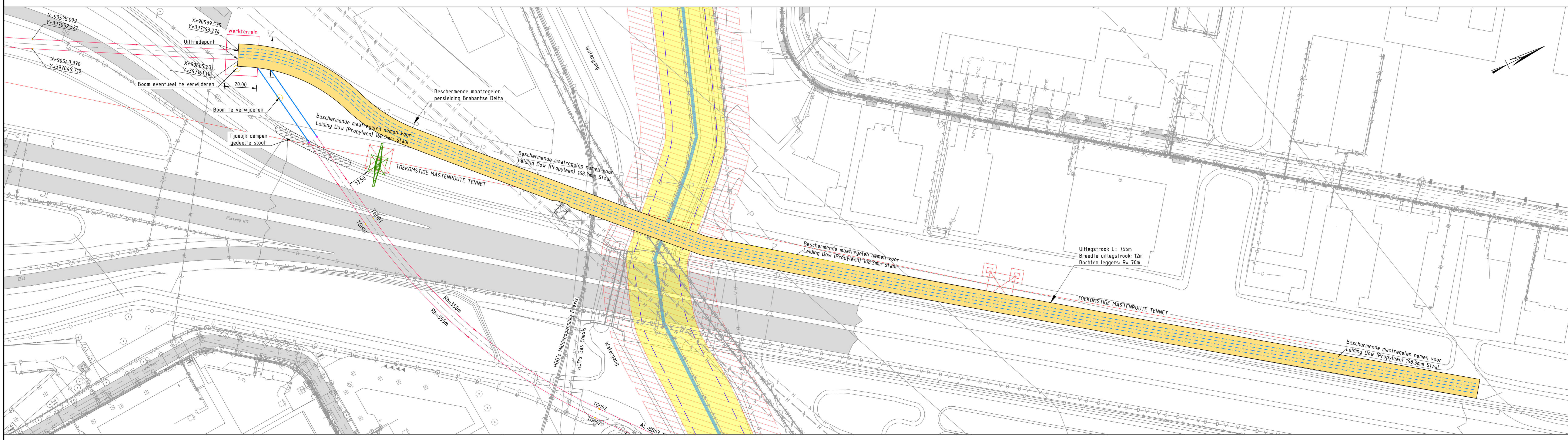
www.sweco.nl
© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden



Bovenaanzicht schaal 1:1000



Overzicht
Schaal n.v.t.



Uitlegstrook Schaal 1:1000

Principe doorsnede
Schaal 1:10

Legenda

- Kadastrale grens
- Leiding gevaarlijke inhoud
- Dataftransport
- Landelijk hoogspanningsnet
- Laagspanning
- Middenspanning
- Gasleiding hoge druk
- Gasleiding lage druk
- Waterleiding
- Drukrietering
- Riolering vrijverval
- Horizontaal gestuurde boring (HDD)
- Open ontgraving
- PVC Open ontgraving
- Uitlegstrook
- Verharding (asfalt)
- Bestaande topo
- Bebouwing
- Locatie sondering met nummer
- Leidingstrook
- Verharding/wegen

Vastgestelde legger:

- Primaire waterkering
- Teenjng
- Waterkering
- Waterstaatswerk waterkering
- Profiel vrije ruimte

Vergunningstekening

E	T.b.v. Vergunningaanvraag	11-04-2022	BB	MJ	JD
C	Trace versie 8	11-08-2021	BB	MJ	JD
B	Locatie HDD's	15-07-2021	NJ	MJ	JD
A	Eerste uitgave	05-07-2021	NJ	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Get.	Goedg.

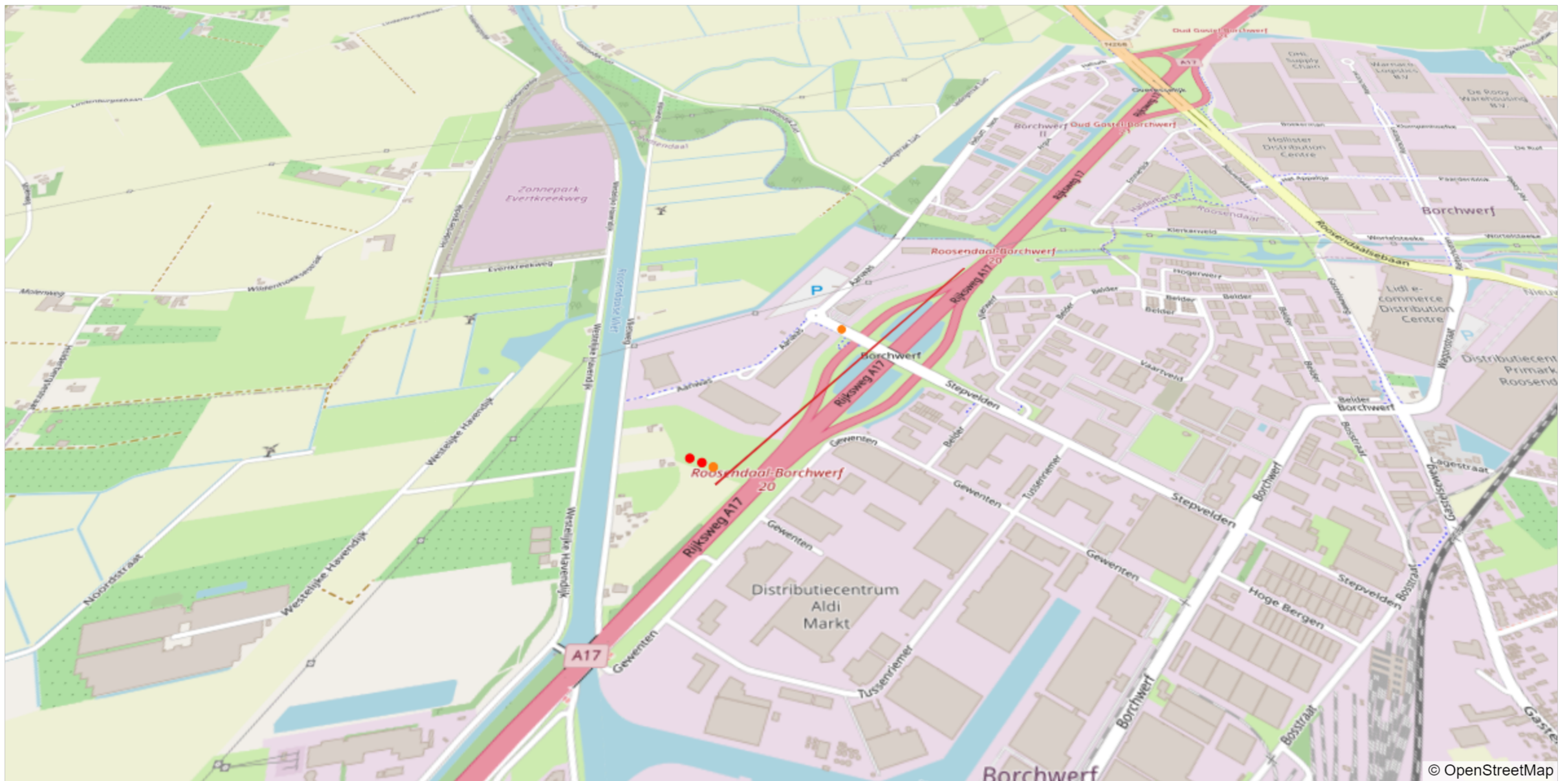
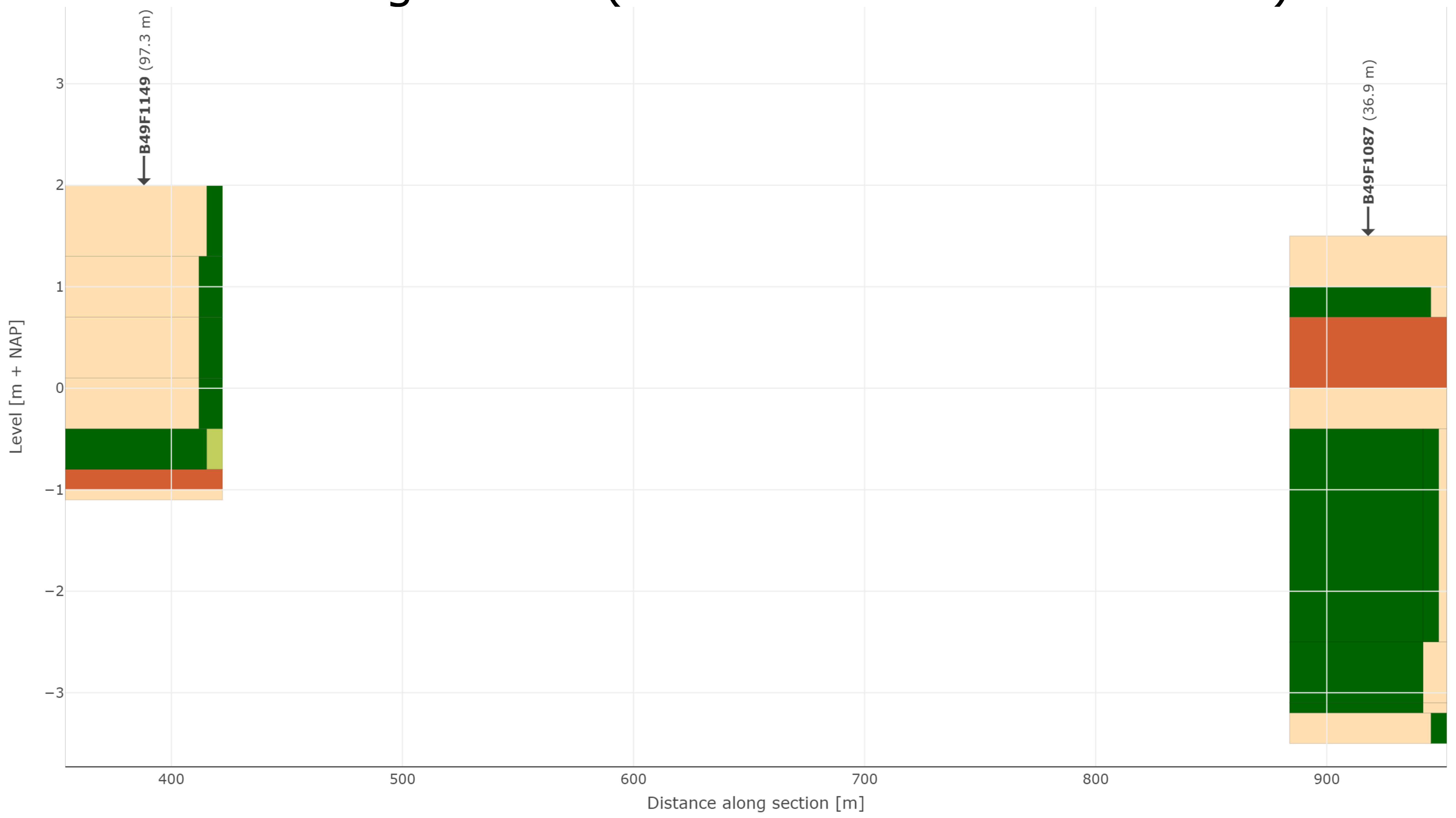
Opdrachtgever: **TenneT TSO B.V.**
 Project: **HDD's 150 kV ZWO**
 Onderwerp: **BW-HDD8.2
Kruising Afrit 20 Uitlegstrook**

Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer
368722	BW-HDD8.2	E	11-04-2022	Definitief ontwerp	
Blad	Vari	Schaal	Formaat	Kaartje	Get.
2	2	Zie tekening	A1	De Bilt	BB MJ JD

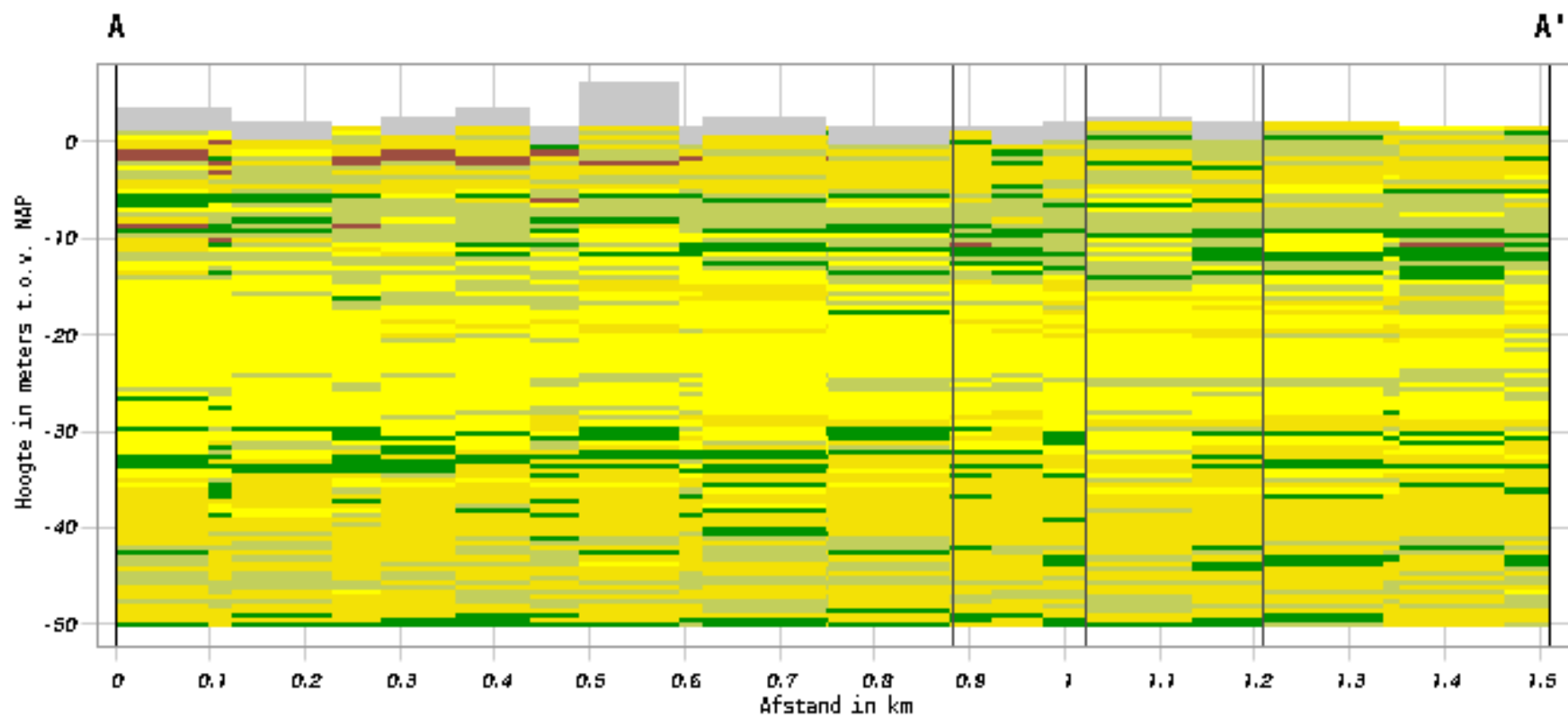
www.sweco.nl
 © Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

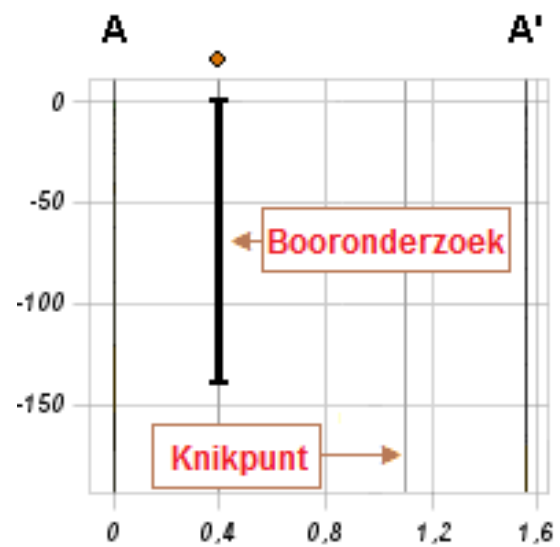
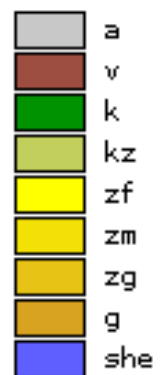
Boringeren BRO (tot 100 m afstand van trace)



Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4



Lithoklasse



Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline

Report for D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Date of report: 11-4-2022
Time of report: 14:49:59
Report with version: 20.1.2.31161
Calculated with version: 20.1.2.31161

File name: BW HDD8.2 berekening

1 Table of Contents

1	Table of Contents	2
2	Messages	4
2.1	Calculation Warnings	4
3	Input Data	5
3.1	Model Used	5
3.2	Layer Boundaries	5
3.3	PI-lines	5
3.4	Phreatic Line	5
3.5	Soil Profiles	6
3.6	Selected Boundaries	6
3.7	Soil Material Data	6
3.8	Geometry	7
3.8.1	Geometry Section, Detailed	7
3.8.2	Geometry Top View	7
3.9	Calculation Verticals	8
3.10	Traffic Load	10
3.11	Configuration of the Pipeline	11
3.12	Product Pipe Material Data	11
3.13	Pipe Engineering Data	12
3.14	Drilling Fluid Data	12
3.15	Factors	12
3.16	Calculation Options	13
4	Drilling Fluid Pressures	14
4.1	Drilling Fluid Data	14
4.2	Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	21
4.3	Drilling Fluid Pressure Plots	24
4.3.1	Drilling Fluid Pressures during Pilot	24
4.3.2	Drilling Fluid Pressures during Prereaming	25
4.3.3	Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	25
5	Soil Mechanical Data	26
5.1	Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1	26
5.2	Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2	31
5.3	Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3	36
5.4	Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4	42
5.5	Young's Modulus per Layer per Vertical	47
6	Data for Stress Analysis	56
6.1	General Data	56
6.2	Buoyancy Control	56
6.3	Calculation Pulling Force	56
7	Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	58
7.1	Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1	58
7.2	Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	58
7.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	58
7.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	59
7.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	59
7.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	59
7.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	59
7.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1	60
7.4	Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1	60
8	Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	62
8.1	Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2	62
8.2	Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	62
8.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	62
8.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	63
8.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	63
8.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	63
8.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	63
8.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2	64
8.4	Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2	64
9	Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	66
9.1	Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3	66
9.2	Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	66
9.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	66
9.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	67

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	67
9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	67
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	67
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3	68
9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3	68
10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	70
10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4	70
10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	70
10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	70
10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	71
10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	71
10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	71
10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	71
10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4	72
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4	72

2 Messages

2.1 Calculation Warnings

One or more layers above the border between the top undrained and underlying drained layers have a Su-value of 0.

3 Input Data

3.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

3.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
5 - L -	0,000	10,000	20,000	30,000	40,000
5 - Z -	1,099	1,041	5,894	9,713	9,793
5 - L -	50,000	60,000	70,000	80,000	90,000
5 - Z -	9,737	9,672	9,705	9,689	9,606
5 - L -	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000
5 - Z -	9,633	9,351	9,434	9,449	7,005
5 - L -	150,000	160,000	170,000	180,000	190,000
5 - Z -	0,985	1,860	1,867	1,194	1,269
5 - L -	200,000	210,000	220,000	230,000	240,000
5 - Z -	1,247	1,824	1,943	1,614	1,302
5 - L -	250,000	260,000	270,000	280,000	290,000
5 - Z -	1,312	1,345	1,307	1,282	1,856
5 - L -	300,000	310,000	320,000	330,000	340,000
5 - Z -	1,871	2,232	2,683	3,158	4,681
5 - L -	350,000	360,000	370,000	380,000	390,000
5 - Z -	5,916	6,466	6,742	6,932	6,389
5 - L -	400,000	410,000	420,000	430,000	440,000
5 - Z -	5,547	4,675	3,876	3,171	2,847
5 - L -	450,000	460,000	470,000	480,000	490,000
5 - Z -	2,641	2,414	2,256	2,087	2,102
5 - L -	500,000	510,000	520,000	530,000	540,000
5 - Z -	2,184	3,195	6,067	7,933	8,218
5 - L -	550,000	560,000	570,000	580,000	590,000
5 - Z -	8,278	7,941	5,602	3,413	2,346
5 - L -	600,000	610,000	620,000	630,000	640,000
5 - Z -	2,135	2,181	2,291	2,571	2,830
5 - L -	650,000	660,000	670,000	680,000	690,000
5 - Z -	3,202	3,806	4,428	5,144	6,346
5 - L -	700,000	710,000	720,000	730,000	740,000
5 - Z -	6,692	6,606	6,384	5,401	3,135
5 - L -	750,000	760,000	770,000	780,000	790,000
5 - Z -	2,413	2,021	1,510	1,968	1,533
5 - L -	810,000				
5 - Z -	1,533				
4 - L -	0,000	540,000	810,000		
4 - Z -	-0,600	1,000	1,000		
3 - L -	0,000	540,000	810,000		
3 - Z -	-1,050	0,000	0,000		
2 - L -	0,000	810,000			
2 - Z -	-8,500	-8,500			
1 - L -	0,000	810,000			
1 - Z -	-14,000	-14,000			
0 - L -	0,000	810,000			
0 - Z -	-30,000	-30,000			

3.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	0,000	810,000			
1 - Z -	0,000	0,000			

3.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

3.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
5	Zand, sterk siltig, kleig	1	1
4	Veen, slap	1	1
3	Zand, sterk siltig, kleig	1	1
2	Zand, schoon, los	1	1
1	Zand, schoon, vast	1	1

3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 3: Zand, sterk siltig, kleig

The boundary between compressible top layers and underlying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 3: Zand, sterk siltig, kleig

3.7 Soil Material Data

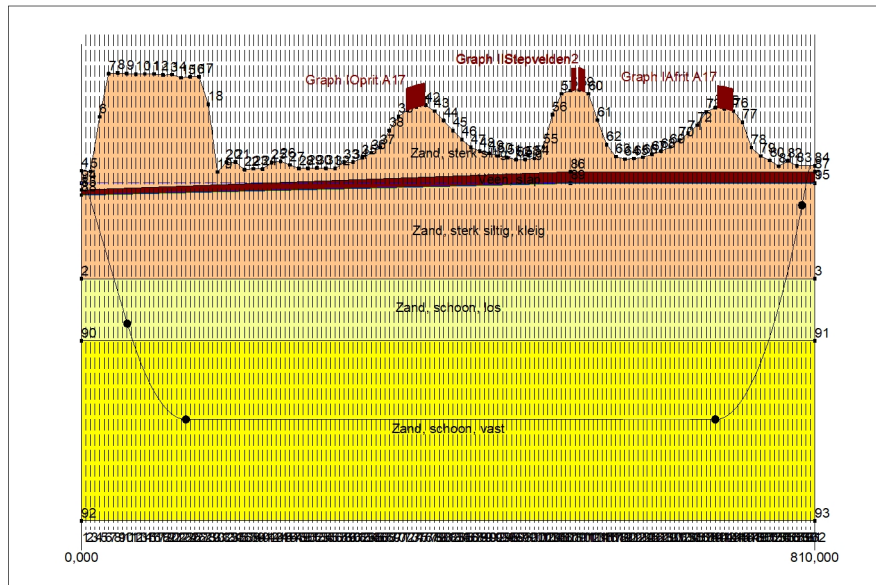
Name	Gamma unsat [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Phi [deg]	Su top [kN/m ²]	Su bottom [kN/m ²]
Zand, sterk siltig, kleig	18,00	20,00	0,00	25,00	0,00	0,00
Veen, slap	11,00	11,00	1,50	15,00	25,00	25,00
Zand, schoon, los	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Zand, schoon, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m ²]	Emod top [kN/m ²]	Emod bottom [kN/m ²]
Zand, sterk siltig, kleig	Clay	15000,00	-	-
Veen, slap	Peat	200,00	-	-
Zand, schoon, los	Sand	15000,00	-	-
Zand, schoon, vast	Sand	75000,00	-	-

Name	Adhesion A [kN/m ²]	Delta D [deg]	Nu [-]
Zand, sterk siltig, kleig	-	-	0,20
Veen, slap	-	-	0,40
Zand, schoon, los	-	-	0,30
Zand, schoon, vast	-	-	0,30

3.8 Geometry

3.8.1 Geometry Section, Detailed



3.8.2 Geometry Top View



3.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	5,000	-0,241
2	10,000	-1,580
3	15,000	-2,920
4	20,000	-4,260
5	25,000	-5,600
6	30,000	-6,939
7	35,000	-8,279
8	40,000	-9,619
9	45,000	-10,959
10	50,000	-12,298
11	55,000	-13,597
12	60,000	-14,787
13	65,000	-15,870
14	70,000	-16,845
15	75,000	-17,716
16	80,000	-18,483
17	85,000	-19,146
18	90,000	-19,708
19	95,000	-20,167
20	100,000	-20,526
21	105,000	-20,784
22	110,000	-20,942
23	115,000	-21,000
24	120,000	-21,000
25	125,000	-21,000
26	130,000	-21,000
27	135,000	-21,000
28	140,000	-21,000
29	145,000	-21,000
30	150,000	-21,000
31	155,000	-21,000
32	160,000	-21,000
33	165,000	-21,000
34	170,000	-21,000
35	175,000	-21,000
36	180,000	-21,000
37	185,000	-21,000
38	190,000	-21,000
39	195,000	-21,000
40	200,000	-21,000
41	205,000	-21,000
42	210,000	-21,000
43	215,000	-21,000
44	220,000	-21,000
45	225,000	-21,000
46	230,000	-21,000
47	235,000	-21,000
48	240,000	-21,000
49	245,000	-21,000
50	250,000	-21,000
51	255,000	-21,000
52	260,000	-21,000
53	265,000	-21,000
54	270,000	-21,000
55	275,000	-21,000
56	280,000	-21,000
57	285,000	-21,000
58	290,000	-21,000
59	295,000	-21,000
60	300,000	-21,000
61	305,000	-21,000
62	310,000	-21,000

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
63	315,000	-21,000
64	320,000	-21,000
65	325,000	-21,000
66	330,000	-21,000
67	335,000	-21,000
68	340,000	-21,000
69	345,000	-21,000
70	350,000	-21,000
71	355,000	-21,000
72	360,000	-21,000
73	365,000	-21,000
74	370,000	-21,000
75	375,000	-21,000
76	380,000	-21,000
77	385,000	-21,000
78	390,000	-21,000
79	395,000	-21,000
80	400,000	-21,000
81	405,000	-21,000
82	410,000	-21,000
83	415,000	-21,000
84	420,000	-21,000
85	425,000	-21,000
86	430,000	-21,000
87	435,000	-21,000
88	440,000	-21,000
89	445,000	-21,000
90	450,000	-21,000
91	455,000	-21,000
92	460,000	-21,000
93	465,000	-21,000
94	470,000	-21,000
95	475,000	-21,000
96	480,000	-21,000
97	485,000	-21,000
98	490,000	-21,000
99	495,000	-21,000
100	500,000	-21,000
101	505,000	-21,000
102	510,000	-21,000
103	515,000	-21,000
104	520,000	-21,000
105	525,000	-21,000
106	530,000	-21,000
107	535,000	-21,000
108	540,000	-21,000
109	545,000	-21,000
110	550,000	-21,000
111	555,000	-21,000
112	560,000	-21,000
113	565,000	-21,000
114	570,000	-21,000
115	575,000	-21,000
116	580,000	-21,000
117	585,000	-21,000
118	590,000	-21,000
119	595,000	-21,000
120	600,000	-21,000
121	605,000	-21,000
122	610,000	-21,000
123	615,000	-21,000
124	620,000	-21,000
125	625,000	-21,000
126	630,000	-21,000
127	635,000	-21,000

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
128	640,000	-21,000
129	645,000	-21,000
130	650,000	-21,000
131	655,000	-21,000
132	660,000	-21,000
133	665,000	-21,000
134	670,000	-21,000
135	675,000	-21,000
136	680,000	-21,000
137	685,000	-21,000
138	690,000	-21,000
139	695,000	-21,000
140	700,000	-21,000
141	705,000	-20,950
142	710,000	-20,800
143	715,000	-20,550
144	720,000	-20,199
145	725,000	-19,748
146	730,000	-19,195
147	735,000	-18,539
148	740,000	-17,781
149	745,000	-16,918
150	750,000	-15,951
151	755,000	-14,877
152	760,000	-13,696
153	765,000	-12,405
154	770,000	-11,003
155	775,000	-9,488
156	780,000	-7,858
157	785,000	-6,110
158	790,000	-4,242
159	795,000	-2,251
160	800,000	-0,181
161	805,000	n.a.
162	810,000	n.a.

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

3.10 Traffic Load

Oprit A17		
L start	359,00	[m]
L end	379,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
Stepvelden		
L start	541,00	[m]
L end	546,00	[m]
Load model (graph type)	Graph II	
Stepvelden2		
L start	549,00	[m]
L end	556,00	[m]
Load model (graph type)	Graph II	
Afrif A17		
L start	702,00	[m]
L end	719,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	

3.11 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	0,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	1,099	[m]
X co-ordinate right point	802,480	[m]
Y co-ordinate right point	24,380	[m]
Z co-ordinate right point	1,533	[m]
Angle left	15,0000	[deg]
Angle right	22,5000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	500,000	[m]
Lowest level of pipe (center bore hole)	-21,000	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	1	

The pulling direction of the product pipe is from left to right.

Bending nr.	X1-coord. [m]	Y1-coord. [m]	X2-coord. [m]	Y2-coord. [m]	Bending radius [m]	Direction
1	600,300	0,000	674,700	5,510	506,000	right

3.12 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 2		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 3		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]

Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 4		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

3.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	Yes	
Part of cross section filled with fluid	100	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m ³]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m ²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

3.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,300	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,170	[m]
Outer diameter preream hole	0,500	[m]
Outer diameter drillpipe	0,170	[m]
Outer diameter bore hole	1,000	[m]
Outer diameter product pipe	0,630	[m]
Pump flow rate pilot	500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate pre-reaming	1000,0000	[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)	11,5	[kN/m ³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m ²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m ²]

3.15 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 $q_{n;r}$ (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	10,00	[kN/m ³]
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	[-]

3.16 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

4 Drilling Fluid Pressures

4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	2	18	422
2	56	56	36	435
3	210	250	54	448
4	332	489	72	461
5	434	702	90	474
6	535	892	108	487
7	572	946	126	499
8	613	1081	144	512
9	643	1132	162	525
10	673	1179	180	538
11	701	1224	197	550
12	1170	2244	214	561
13	1260	2436	229	571
14	1310	2533	242	580
15	1347	2605	255	587
16	1379	2663	266	594
17	1403	2708	277	599
18	1424	2744	285	603
19	1442	2778	293	605
20	1457	2805	300	607
21	1459	2808	305	608
22	1458	2804	310	607
23	1463	2812	313	605
24	1464	2816	315	603
25	1465	2816	318	600
26	1465	2817	320	598
27	1402	2687	323	595
28	1339	2555	325	593
29	1180	2224	328	590
30	1014	1881	330	588
31	1039	1932	333	585
32	1063	1982	335	583
33	1063	1982	338	580
34	1063	1982	340	578
35	1044	1943	343	575
36	1025	1904	345	573
37	1027	1908	348	570
38	1029	1912	350	568
39	1028	1910	353	565
40	1028	1908	355	563
41	1044	1942	358	560
42	1060	1975	360	558
43	1063	1982	363	555
44	1066	1988	365	553
45	1057	1969	368	550
46	1048	1950	370	548
47	1039	1932	373	545
48	1030	1914	375	543
49	1030	1914	378	540
50	1031	1915	380	538
51	1032	1917	383	535
52	1032	1918	385	533
53	1031	1916	388	530
54	1030	1914	390	528
55	1029	1912	393	525
56	1029	1911	395	523
57	1045	1944	398	520

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	1061	1977	400	518
59	1061	1978	403	515
60	1061	1978	405	513
61	1071	1999	408	510
62	1081	2020	410	508
63	1093	2045	413	505
64	1106	2071	415	503
65	1119	2098	418	500
66	1132	2124	420	498
67	1173	2210	423	495
68	1214	2295	425	493
69	1246	2363	428	490
70	1279	2430	430	488
71	1293	2460	433	485
72	1308	2490	435	483
73	1315	2505	438	480
74	1322	2520	440	478
75	1327	2530	443	475
76	1332	2540	445	473
77	1318	2511	448	470
78	1303	2481	450	468
79	1281	2435	453	465
80	1259	2389	455	463
81	1236	2341	458	460
82	1213	2292	460	458
83	1191	2248	463	455
84	1170	2203	465	453
85	1150	2164	468	450
86	1131	2124	470	448
87	1122	2105	473	445
88	1114	2087	475	443
89	1108	2075	478	440
90	1102	2063	480	438
91	1096	2050	483	435
92	1090	2037	485	433
93	1085	2028	488	430
94	1081	2019	490	428
95	1076	2009	493	425
96	1071	1999	495	423
97	1072	2000	498	420
98	1072	2001	500	418
99	1074	2005	503	415
100	1077	2010	505	413
101	1104	2068	508	410
102	1132	2125	510	408
103	1209	2285	513	405
104	1285	2443	515	403
105	1334	2545	518	400
106	1382	2645	520	398
107	1390	2660	523	395
108	1397	2675	525	393
109	1398	2679	528	390
110	1400	2682	530	388
111	1391	2664	533	385
112	1383	2646	535	383
113	1322	2520	538	380
114	1260	2392	540	378
115	1202	2271	543	375
116	1143	2149	545	373
117	1114	2088	548	370
118	1085	2028	550	368
119	1079	2016	553	365
120	1073	2003	555	363
121	1075	2006	558	360

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
122	1076	2009	560	358
123	1079	2015	563	355
124	1082	2021	565	353
125	1090	2037	568	350
126	1097	2053	570	348
127	1104	2068	573	345
128	1112	2083	575	343
129	1122	2104	578	340
130	1132	2125	580	338
131	1148	2159	583	335
132	1165	2193	585	333
133	1181	2228	588	330
134	1198	2262	590	328
135	1217	2302	593	325
136	1236	2342	595	323
137	1268	2408	598	320
138	1300	2473	600	318
139	1309	2492	603	315
140	1318	2511	605	313
141	1314	2503	607	310
142	1305	2487	608	305
143	1290	2457	607	300
144	1270	2420	606	294
145	1226	2333	603	286
146	1178	2238	599	277
147	1090	2062	594	267
148	996	1874	588	256
149	938	1762	581	243
150	871	1631	572	230
151	790	1466	562	215
152	466	769	551	198
153	426	704	539	181
154	382	632	526	162
155	348	577	511	142
156	279	432	495	121
157	224	349	477	98
158	166	250	458	74
159	111	140	438	48
160	41	41	417	22

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	2	16	18
2	51	51	33	36
3	201	201	49	54
4	332	409	65	72
5	434	614	82	90
6	535	821	98	108
7	572	917	114	126
8	613	1075	131	144
9	643	1130	147	162
10	673	1178	164	180
11	701	1222	179	197
12	1114	2111	194	214
13	1238	2381	207	229
14	1296	2498	220	242
15	1337	2578	230	255
16	1370	2642	240	266
17	1396	2689	249	277
18	1417	2728	256	285
19	1436	2763	262	293
20	1451	2791	267	300
21	1454	2794	271	305

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
22	1453	2791	274	310
23	1458	2799	276	313
24	1460	2803	276	315
25	1460	2804	277	318
26	1460	2804	278	320
27	1398	2675	279	323
28	1334	2544	280	325
29	1176	2214	281	328
30	1011	1872	282	330
31	1035	1923	283	333
32	1059	1973	284	335
33	1059	1973	285	338
34	1059	1973	286	340
35	1041	1934	286	343
36	1022	1895	287	345
37	1024	1899	288	348
38	1026	1903	289	350
39	1025	1901	290	353
40	1024	1900	291	355
41	1040	1933	292	358
42	1056	1966	293	360
43	1059	1972	294	363
44	1062	1979	295	365
45	1053	1960	296	365
46	1044	1941	297	364
47	1035	1923	297	363
48	1027	1905	298	363
49	1027	1906	299	362
50	1027	1906	300	361
51	1028	1908	301	360
52	1029	1910	302	359
53	1028	1907	303	358
54	1027	1905	304	357
55	1026	1903	305	356
56	1025	1902	306	355
57	1041	1935	307	354
58	1057	1968	307	353
59	1057	1968	308	353
60	1058	1969	309	352
61	1068	1990	310	351
62	1077	2010	311	350
63	1090	2036	312	349
64	1102	2061	313	348
65	1115	2088	314	347
66	1128	2115	315	346
67	1169	2200	316	345
68	1209	2284	317	344
69	1242	2352	317	343
70	1275	2419	318	342
71	1289	2449	319	342
72	1303	2479	320	341
73	1310	2494	321	340
74	1317	2508	322	339
75	1322	2518	323	338
76	1327	2529	324	337
77	1313	2499	325	336
78	1299	2470	326	335
79	1277	2424	327	334
80	1255	2378	328	333
81	1232	2330	328	332
82	1208	2282	329	332
83	1187	2238	330	331
84	1166	2193	331	330
85	1147	2154	332	329

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
86	1127	2114	333	328
87	1119	2096	334	327
88	1110	2077	335	326
89	1104	2065	336	325
90	1098	2054	337	324
91	1092	2041	338	323
92	1086	2028	338	322
93	1081	2019	339	322
94	1077	2009	340	321
95	1072	2000	341	320
96	1068	1990	342	319
97	1068	1991	343	318
98	1068	1991	344	317
99	1071	1996	345	316
100	1073	2001	346	315
101	1100	2058	347	314
102	1128	2115	348	313
103	1205	2275	348	312
104	1281	2432	349	312
105	1329	2533	350	311
106	1377	2633	351	310
107	1385	2648	352	309
108	1392	2663	353	308
109	1394	2666	354	307
110	1395	2669	355	306
111	1386	2651	356	305
112	1378	2633	357	304
113	1317	2508	358	303
114	1256	2381	359	302
115	1198	2261	359	301
116	1139	2139	360	301
117	1110	2079	361	300
118	1081	2018	362	299
119	1076	2006	363	298
120	1070	1994	363	297
121	1071	1997	360	296
122	1072	1999	358	295
123	1075	2006	355	294
124	1078	2012	353	293
125	1086	2028	350	292
126	1094	2044	348	291
127	1101	2058	345	291
128	1108	2073	343	290
129	1118	2094	340	289
130	1128	2115	338	288
131	1144	2149	335	287
132	1161	2183	333	286
133	1177	2217	330	285
134	1194	2252	328	284
135	1213	2291	325	283
136	1232	2331	323	282
137	1264	2397	320	281
138	1295	2462	318	281
139	1304	2481	315	280
140	1313	2499	313	279
141	1309	2491	310	277
142	1301	2475	305	275
143	1285	2445	300	271
144	1265	2407	294	266
145	1221	2319	286	260
146	1172	2223	277	252
147	1083	2046	267	244
148	988	1855	256	234
149	928	1738	243	224

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
150	857	1580	230	211
151	758	1370	215	198
152	465	767	198	184
153	425	701	181	168
154	380	627	162	151
155	344	565	142	132
156	279	429	121	113
157	224	329	98	92
158	166	220	74	69
159	111	115	48	45
160	41	41	22	21

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	2	16	16
2	59	59	32	33
3	147	147	49	49
4	303	303	65	65
5	434	469	81	82
6	535	651	97	98
7	572	753	114	114
8	612	915	130	131
9	643	1029	146	147
10	673	1117	162	164
11	701	1192	178	179
12	962	1571	192	194
13	1181	1904	206	207
14	1260	2069	218	220
15	1310	2191	229	230
16	1349	2290	238	240
17	1378	2368	247	249
18	1401	2431	254	256
19	1422	2486	260	262
20	1437	2528	265	267
21	1441	2543	269	271
22	1440	2546	271	274
23	1445	2557	273	276
24	1447	2561	273	276
25	1447	2562	274	277
26	1447	2563	275	278
27	1385	2437	276	279
28	1323	2310	277	280
29	1166	1993	277	281
30	1002	1668	278	282
31	1026	1716	279	283
32	1050	1764	280	284
33	1050	1764	281	285
34	1050	1764	281	286
35	1032	1728	282	286
36	1013	1691	283	287
37	1015	1695	284	288
38	1017	1699	285	289
39	1016	1698	285	290
40	1015	1697	286	291
41	1031	1728	287	292
42	1047	1759	288	293
43	1050	1766	288	294
44	1053	1773	289	295
45	1044	1755	290	296
46	1035	1737	291	297
47	1027	1720	292	297
48	1018	1703	292	298
49	1018	1704	293	299

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
50	1018	1705	294	300
51	1019	1707	295	301
52	1020	1709	296	302
53	1019	1707	296	303
54	1018	1705	297	304
55	1017	1703	298	305
56	1016	1702	299	306
57	1032	1734	300	307
58	1048	1765	300	307
59	1048	1766	301	308
60	1048	1767	302	309
61	1058	1787	303	310
62	1068	1806	303	311
63	1080	1831	304	312
64	1092	1855	305	313
65	1105	1881	306	314
66	1118	1907	307	315
67	1159	1989	307	316
68	1199	2070	308	317
69	1231	2136	309	317
70	1263	2202	310	318
71	1278	2231	311	319
72	1292	2260	311	320
73	1299	2274	312	321
74	1306	2289	313	322
75	1311	2299	314	323
76	1316	2309	315	324
77	1301	2281	315	325
78	1287	2253	316	325
79	1266	2209	317	324
80	1244	2164	318	323
81	1221	2118	318	323
82	1198	2072	319	322
83	1177	2029	320	321
84	1155	1987	321	320
85	1136	1949	322	319
86	1117	1911	322	319
87	1109	1894	323	318
88	1100	1876	324	317
89	1094	1865	325	316
90	1089	1854	324	316
91	1083	1842	323	315
92	1076	1830	322	314
93	1072	1822	322	313
94	1068	1813	321	312
95	1063	1804	320	312
96	1058	1795	319	311
97	1059	1796	318	310
98	1059	1797	317	309
99	1061	1801	316	308
100	1063	1806	315	308
101	1091	1861	314	307
102	1118	1916	313	306
103	1194	2070	312	305
104	1269	2223	312	304
105	1318	2322	311	304
106	1365	2420	310	303
107	1372	2435	309	302
108	1380	2450	308	301
109	1381	2453	307	301
110	1383	2456	306	300
111	1374	2439	305	299
112	1366	2421	304	298
113	1306	2298	303	297

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
114	1245	2175	302	297
115	1187	2058	301	296
116	1129	1940	301	295
117	1101	1883	300	294
118	1072	1825	299	293
119	1066	1813	298	293
120	1060	1802	297	292
121	1062	1804	296	291
122	1063	1807	295	290
123	1066	1813	294	289
124	1069	1819	293	289
125	1076	1834	292	288
126	1084	1849	291	287
127	1091	1863	291	286
128	1098	1877	290	286
129	1108	1897	289	285
130	1118	1918	288	284
131	1134	1950	287	283
132	1150	1983	286	282
133	1167	2016	285	282
134	1183	2049	284	281
135	1202	2088	283	280
136	1221	2126	282	279
137	1252	2190	281	278
138	1284	2253	281	278
139	1293	2272	280	277
140	1301	2290	279	276
141	1297	2280	277	275
142	1289	2260	275	272
143	1272	2221	271	269
144	1252	2171	266	264
145	1206	2071	260	258
146	1156	1958	252	251
147	1066	1767	244	242
148	969	1563	234	233
149	903	1424	224	222
150	820	1261	211	210
151	672	1033	198	197
152	463	741	184	183
153	422	658	168	167
154	376	563	151	150
155	332	472	132	132
156	279	367	113	112
157	224	270	92	91
158	166	173	69	69
159	86	86	45	45
160	31	31	21	20

4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
1	15	2	6,40	sufficient
2	31	16	1,95	sufficient
3	46	29	1,58	sufficient
4	62	43	1,45	sufficient
5	77	56	1,38	sufficient
6	92	69	1,33	sufficient
7	108	83	1,30	sufficient
8	123	96	1,28	sufficient
9	139	110	1,27	sufficient
10	154	123	1,25	sufficient
11	169	136	1,24	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
12	183	148	1,24	sufficient
13	195	159	1,23	sufficient
14	206	168	1,23	sufficient
15	217	177	1,22	sufficient
16	225	185	1,22	sufficient
17	233	191	1,22	sufficient
18	240	197	1,22	sufficient
19	245	202	1,21	sufficient
20	249	205	1,21	sufficient
21	252	208	1,21	sufficient
22	254	209	1,21	sufficient
23	255	210	1,21	sufficient
24	255	210	1,21	sufficient
25	255	210	1,21	sufficient
26	255	210	1,21	sufficient
27	255	210	1,21	sufficient
28	255	210	1,21	sufficient
29	255	210	1,21	sufficient
30	255	210	1,21	sufficient
31	255	210	1,21	sufficient
32	255	210	1,21	sufficient
33	255	210	1,21	sufficient
34	255	210	1,21	sufficient
35	255	210	1,21	sufficient
36	255	210	1,21	sufficient
37	255	210	1,21	sufficient
38	255	210	1,21	sufficient
39	255	210	1,21	sufficient
40	255	210	1,21	sufficient
41	255	210	1,22	sufficient
42	255	210	1,22	sufficient
43	255	210	1,22	sufficient
44	255	210	1,22	sufficient
45	255	210	1,22	sufficient
46	255	210	1,22	sufficient
47	255	210	1,22	sufficient
48	255	210	1,22	sufficient
49	255	210	1,22	sufficient
50	255	210	1,22	sufficient
51	256	210	1,22	sufficient
52	256	210	1,22	sufficient
53	256	210	1,22	sufficient
54	256	210	1,22	sufficient
55	256	210	1,22	sufficient
56	256	210	1,22	sufficient
57	256	210	1,22	sufficient
58	256	210	1,22	sufficient
59	256	210	1,22	sufficient
60	256	210	1,22	sufficient
61	256	210	1,22	sufficient
62	256	210	1,22	sufficient
63	256	210	1,22	sufficient
64	256	210	1,22	sufficient
65	256	210	1,22	sufficient
66	256	210	1,22	sufficient
67	256	210	1,22	sufficient
68	256	210	1,22	sufficient
69	256	210	1,22	sufficient
70	256	210	1,22	sufficient
71	256	210	1,22	sufficient
72	256	210	1,22	sufficient
73	256	210	1,22	sufficient
74	256	210	1,22	sufficient
75	256	210	1,22	sufficient

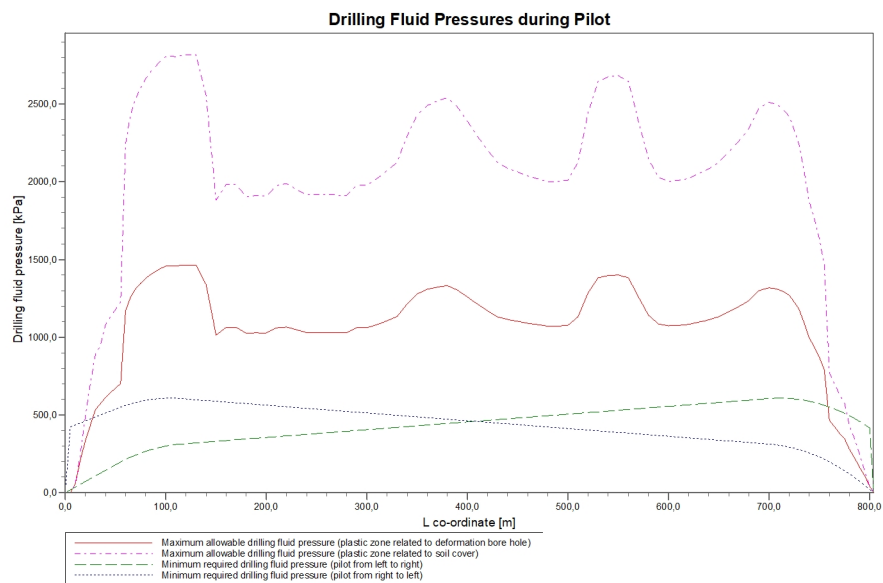
Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
76	256	210	1,22	sufficient
77	256	210	1,22	sufficient
78	256	210	1,22	sufficient
79	256	210	1,22	sufficient
80	256	210	1,22	sufficient
81	257	210	1,22	sufficient
82	257	210	1,22	sufficient
83	257	210	1,22	sufficient
84	257	210	1,22	sufficient
85	257	210	1,22	sufficient
86	257	210	1,22	sufficient
87	257	210	1,22	sufficient
88	257	210	1,22	sufficient
89	257	210	1,22	sufficient
90	257	210	1,22	sufficient
91	257	210	1,22	sufficient
92	257	210	1,22	sufficient
93	257	210	1,22	sufficient
94	257	210	1,22	sufficient
95	257	210	1,22	sufficient
96	257	210	1,22	sufficient
97	257	210	1,22	sufficient
98	257	210	1,22	sufficient
99	257	210	1,22	sufficient
100	257	210	1,22	sufficient
101	257	210	1,22	sufficient
102	257	210	1,22	sufficient
103	257	210	1,23	sufficient
104	257	210	1,23	sufficient
105	257	210	1,23	sufficient
106	257	210	1,23	sufficient
107	257	210	1,23	sufficient
108	257	210	1,23	sufficient
109	257	210	1,23	sufficient
110	257	210	1,23	sufficient
111	258	210	1,23	sufficient
112	258	210	1,23	sufficient
113	258	210	1,23	sufficient
114	258	210	1,23	sufficient
115	258	210	1,23	sufficient
116	258	210	1,23	sufficient
117	258	210	1,23	sufficient
118	258	210	1,23	sufficient
119	258	210	1,23	sufficient
120	258	210	1,23	sufficient
121	258	210	1,23	sufficient
122	258	210	1,23	sufficient
123	258	210	1,23	sufficient
124	258	210	1,23	sufficient
125	258	210	1,23	sufficient
126	258	210	1,23	sufficient
127	258	210	1,23	sufficient
128	258	210	1,23	sufficient
129	258	210	1,23	sufficient
130	258	210	1,23	sufficient
131	258	210	1,23	sufficient
132	258	210	1,23	sufficient
133	258	210	1,23	sufficient
134	258	210	1,23	sufficient
135	258	210	1,23	sufficient
136	258	210	1,23	sufficient
137	258	210	1,23	sufficient
138	258	210	1,23	sufficient
139	258	210	1,23	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
140	258	210	1,23	sufficient
141	258	210	1,23	sufficient
142	256	208	1,23	sufficient
143	253	206	1,23	sufficient
144	249	202	1,23	sufficient
145	244	197	1,24	sufficient
146	238	192	1,24	sufficient
147	230	185	1,24	sufficient
148	222	178	1,25	sufficient
149	212	169	1,25	sufficient
150	201	160	1,26	sufficient
151	188	149	1,27	sufficient
152	175	137	1,28	sufficient
153	160	124	1,29	sufficient
154	144	110	1,31	sufficient
155	127	95	1,33	sufficient
156	108	79	1,37	sufficient
157	88	61	1,44	sufficient
158	66	42	1,56	sufficient
159	44	23	1,93	sufficient
160	20	2	10,90	sufficient

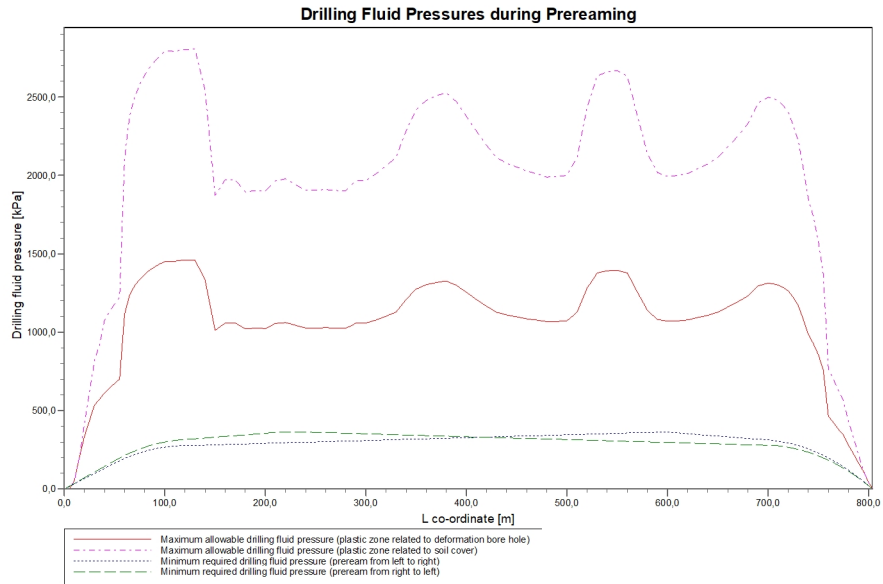
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

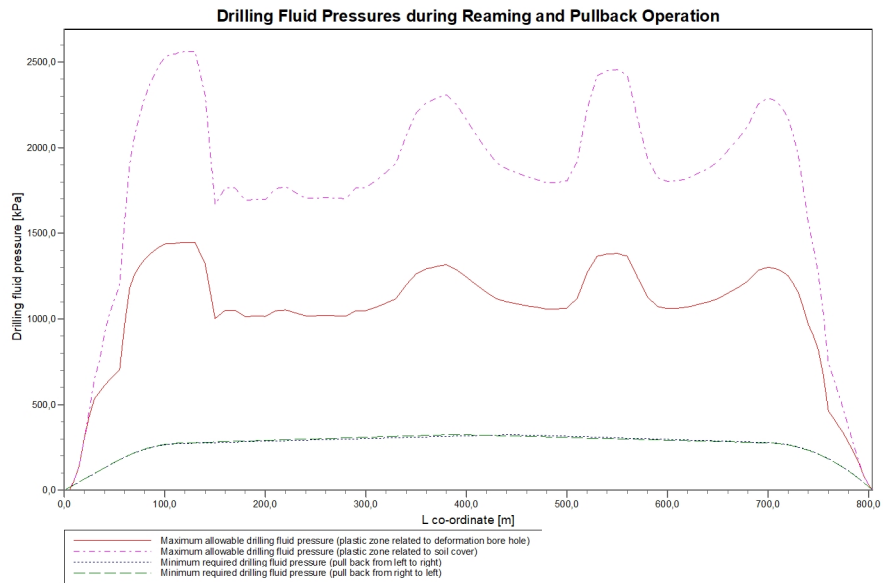
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



5 Soil Mechanical Data

5.1 Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	43	20	15	20	0	187
2	97	29	22	29	0	456
3	453	86	30	40	0	1349
4	742	143	30	40	0	2245
5	975	191	24	33	0	2995
6	1205	239	20	27	0	3744
7	1272	253	17	23	0	6379
8	1363	266	15	20	0	7087
9	1413	277	14	19	0	7395
10	1461	289	13	18	0	7702
11	1508	300	13	17	0	11547
12	3094	311	13	17	0	14594
13	3194	323	13	17	0	15164
14	3284	334	13	17	0	15678
15	3360	344	13	17	0	16118
16	3426	352	13	17	0	16505
17	3479	359	13	17	0	16810
18	3522	364	13	17	0	17062
19	3564	369	13	17	0	17308
20	3597	373	13	17	0	17502
21	3599	374	13	17	0	17514
22	3592	373	13	17	0	17475
23	3603	374	13	17	0	17537
24	3608	375	13	17	0	17570
25	3609	375	13	17	0	17574
26	3610	375	13	17	0	17579
27	3434	353	13	17	0	16547
28	3257	331	13	17	0	15516
29	2811	277	13	17	0	12979
30	2348	222	13	17	0	10442
31	2416	230	13	17	0	10808
32	2483	238	13	17	0	11175
33	2484	238	13	17	0	11175
34	2484	238	13	17	0	11176
35	2431	232	13	17	0	10891
36	2378	226	13	17	0	10605
37	2384	227	13	17	0	10635
38	2389	227	13	17	0	10664
39	2387	227	13	17	0	10653
40	2385	227	13	17	0	10641
41	2430	232	13	17	0	10883
42	2474	237	13	17	0	11125
43	2483	238	13	17	0	11174

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
44	2492	239	13	17	0	11224
45	2467	236	13	17	0	11084
46	2441	233	13	17	0	10945
47	2417	230	13	17	0	10813
48	2392	228	13	17	0	10681
49	2393	228	13	17	0	10684
50	2393	228	13	17	0	10688
51	2396	228	13	17	0	10701
52	2398	228	13	17	0	10714
53	2395	228	13	17	0	10697
54	2392	228	13	17	0	10681
55	2390	227	13	17	0	10669
56	2388	227	13	17	0	10658
57	2433	232	13	17	0	10899
58	2477	237	13	17	0	11140
59	2478	237	13	17	0	11145
60	2479	238	13	17	0	11151
61	2507	241	13	17	0	11302
62	2535	244	13	17	0	11453
63	2569	248	13	17	0	11642
64	2604	252	13	17	0	11831
65	2640	256	13	17	0	12031
66	2676	261	13	17	0	12230
67	2792	274	13	18	0	12870
68	2906	288	13	18	0	13511
69	2998	299	13	18	0	14030
70	3089	310	13	18	0	14549
71	3129	315	13	18	0	14780
72	3170	320	13	18	2	15011
73	3190	323	13	18	2	15127
74	3210	325	13	18	2	15242
75	3223	327	13	18	2	15321
76	3237	328	13	18	0	15401
77	3197	324	13	18	0	15171
78	3157	319	13	18	0	14942
79	3095	311	13	18	0	14586
80	3033	303	13	18	0	14231
81	2968	296	13	18	0	13863
82	2903	288	13	18	0	13495
83	2843	281	13	18	0	13158
84	2783	273	13	18	0	12821
85	2729	267	13	18	0	12523
86	2675	261	13	18	0	12226
87	2651	258	13	18	0	12089
88	2626	255	13	18	0	11951
89	2610	253	13	18	0	11864
90	2594	251	13	18	0	11776
91	2576	249	13	18	0	11680
92	2559	247	13	18	0	11584
93	2546	245	13	18	0	11517
94	2534	244	13	18	0	11449
95	2521	242	13	18	0	11377
96	2508	241	13	18	0	11305
97	2509	241	13	18	0	11311
98	2510	241	13	18	0	11317
99	2516	242	13	18	0	11350
100	2522	243	13	18	0	11384
101	2600	252	13	18	0	11809
102	2677	261	13	18	0	12234
103	2894	287	13	18	0	13442
104	3107	312	13	18	0	14651
105	3243	329	13	18	0	15436
106	3379	346	13	18	0	16221
107	3399	349	13	18	0	16340
108	3419	351	13	18	0	16459

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
109	3424	352	13	18	0	16485
110	3428	352	13	18	0	16510
111	3404	349	13	18	0	16368
112	3380	346	13	18	0	16226
113	3210	325	13	18	0	15241
114	3038	304	13	18	0	14256
115	2874	284	13	18	0	13335
116	2709	265	13	18	0	12413
117	2628	255	13	18	0	11964
118	2546	245	13	18	0	11514
119	2530	243	13	18	0	11426
120	2513	242	13	18	0	11337
121	2517	242	13	18	0	11356
122	2521	242	13	18	0	11376
123	2529	243	13	18	0	11422
124	2537	244	13	18	0	11468
125	2559	247	13	18	0	11586
126	2581	249	13	18	0	11704
127	2600	252	13	18	0	11813
128	2620	254	13	18	0	11922
129	2649	257	13	18	0	12079
130	2677	261	13	18	0	12235
131	2723	266	13	18	0	12489
132	2769	272	13	18	0	12744
133	2816	277	13	18	0	13006
134	2863	283	13	18	0	13268
135	2916	289	13	18	0	13569
136	2970	296	13	18	0	13871
137	3059	307	13	18	0	14377
138	3147	317	13	18	0	14883
139	3173	320	13	18	0	15029
140	3198	324	13	18	0	15174
141	3187	322	13	18	2	15112
142	3167	320	13	18	2	14999
143	3129	315	13	18	2	14776
144	3080	309	13	17	0	14502
145	2966	295	13	17	0	13856
146	2842	280	13	17	0	13157
147	2609	253	13	17	0	11865
148	2360	224	13	17	0	10520
149	2219	208	13	17	0	9772
150	2065	191	13	17	0	8969
151	1924	176	13	17	0	8251
152	894	160	13	17	0	6698
153	817	144	13	18	0	3838
154	734	127	13	18	0	3379
155	687	117	14	18	0	3124
156	558	106	14	19	0	1659
157	449	84	14	19	0	1323
158	330	62	14	19	0	968
159	185	42	31	42	0	655
160	52	21	16	21	0	328

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	87	1185	975	830	0,05	7,5
2	144	12496	5444	8747	0,05	7,5
3	453	27185	22482	19030	0,05	7,5
4	742	40786	36358	28550	0,05	7,5
5	975	51701	47419	36191	0,05	7,5
6	1205	60751	58144	42526	0,05	7,5
7	1272	50892	61256	35625	0,05	7,5
8	1363	51650	55260	36155	0,05	7,5
9	1413	52825	51081	36977	0,05	7,5
10	1461	58714	52266	41100	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
11	1508	282265	53384	197586	0,05	7,5
12	3094	333848	156770	233694	0,05	7,5
13	3194	340773	328860	238541	0,05	7,5
14	3284	346937	335197	242856	0,05	7,5
15	3360	352135	340538	246495	0,05	7,5
16	3426	356651	345174	249655	0,05	7,5
17	3479	360182	348798	252128	0,05	7,5
18	3522	363083	351772	254158	0,05	7,5
19	3564	365897	354658	256128	0,05	7,5
20	3597	368104	356920	257673	0,05	7,5
21	3599	368240	357059	257768	0,05	7,5
22	3592	367789	356597	257453	0,05	7,5
23	3603	368500	357325	257950	0,05	7,5
24	3608	368874	357708	258211	0,05	7,5
25	3609	368921	357757	258245	0,05	7,5
26	3610	368968	357805	258278	0,05	7,5
27	3434	357124	345660	249987	0,05	7,5
28	3257	344960	333165	241472	0,05	7,5
29	2811	313465	300703	219425	0,05	7,5
30	2348	279219	265170	195453	0,05	7,5
31	2416	284366	270529	199056	0,05	7,5
32	2483	289439	275805	202607	0,05	7,5
33	2484	289450	275816	202615	0,05	7,5
34	2484	289461	275828	202623	0,05	7,5
35	2431	285513	271723	199859	0,05	7,5
36	2378	281521	267568	197064	0,05	7,5
37	2384	281934	267998	197354	0,05	7,5
38	2389	282347	268429	197643	0,05	7,5
39	2387	282187	268262	197531	0,05	7,5
40	2385	282027	268095	197419	0,05	7,5
41	2430	285402	271608	199781	0,05	7,5
42	2474	288755	275094	202128	0,05	7,5
43	2483	289434	275800	202604	0,05	7,5
44	2492	290112	276505	203079	0,05	7,5
45	2467	288195	274512	201737	0,05	7,5
46	2441	286268	272508	200387	0,05	7,5
47	2417	284430	270596	199101	0,05	7,5
48	2392	282582	268673	197808	0,05	7,5
49	2393	282631	268723	197841	0,05	7,5
50	2393	282679	268774	197875	0,05	7,5
51	2396	282863	268965	198004	0,05	7,5
52	2398	283047	269157	198133	0,05	7,5
53	2395	282812	268913	197969	0,05	7,5
54	2392	282577	268668	197804	0,05	7,5
55	2390	282419	268503	197693	0,05	7,5
56	2388	282261	268339	197583	0,05	7,5
57	2433	285626	271840	199938	0,05	7,5
58	2477	288959	275306	202271	0,05	7,5
59	2478	289035	275386	202325	0,05	7,5
60	2479	289112	275465	202378	0,05	7,5
61	2507	291188	277622	203832	0,05	7,5
62	2535	293252	279766	205277	0,05	7,5
63	2569	295818	282429	207072	0,05	7,5
64	2604	298366	285071	208856	0,05	7,5
65	2640	301031	287835	210722	0,05	7,5
66	2676	303677	290577	212574	0,05	7,5
67	2792	312064	299255	218445	0,05	7,5
68	2906	320275	307738	224193	0,05	7,5
69	2998	326811	314481	228768	0,05	7,5
70	3089	333244	321110	233271	0,05	7,5
71	3129	336072	324022	235251	0,05	7,5
72	3170	338882	326914	237217	0,05	7,5
73	3190	340280	328352	238196	0,05	7,5
74	3210	341674	329786	239172	0,05	7,5
75	3223	342628	330767	239839	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
76	3237	343580	331746	240506	0,05	7,5
77	3197	340818	328906	238573	0,05	7,5
78	3157	338039	326047	236627	0,05	7,5
79	3095	333698	321578	233589	0,05	7,5
80	3033	329312	317059	230518	0,05	7,5
81	2968	324720	312325	227304	0,05	7,5
82	2903	320076	307533	224053	0,05	7,5
83	2843	315773	303088	221041	0,05	7,5
84	2783	311422	298592	217996	0,05	7,5
85	2729	307542	294577	215279	0,05	7,5
86	2675	303622	290519	212535	0,05	7,5
87	2651	301801	288633	211261	0,05	7,5
88	2626	299972	286737	209980	0,05	7,5
89	2610	298800	285522	209160	0,05	7,5
90	2594	297625	284304	208338	0,05	7,5
91	2576	296327	282957	207429	0,05	7,5
92	2559	295025	281606	206517	0,05	7,5
93	2546	294112	280659	205878	0,05	7,5
94	2534	293197	279709	205238	0,05	7,5
95	2521	292217	278691	204552	0,05	7,5
96	2508	291234	277670	203864	0,05	7,5
97	2509	291310	277749	203917	0,05	7,5
98	2510	291386	277828	203970	0,05	7,5
99	2516	291848	278308	204293	0,05	7,5
100	2522	292309	278786	204616	0,05	7,5
101	2600	298062	284757	208644	0,05	7,5
102	2677	303729	290630	212610	0,05	7,5
103	2894	319403	306838	223582	0,05	7,5
104	3107	334489	322392	234142	0,05	7,5
105	3243	344003	332181	240802	0,05	7,5
106	3379	353312	341747	247319	0,05	7,5
107	3399	354710	343181	248297	0,05	7,5
108	3419	356103	344611	249272	0,05	7,5
109	3424	356397	344913	249478	0,05	7,5
110	3428	356691	345216	249684	0,05	7,5
111	3404	355036	343516	248525	0,05	7,5
112	3380	353374	341810	247362	0,05	7,5
113	3210	341663	329775	239164	0,05	7,5
114	3038	329623	317380	230736	0,05	7,5
115	2874	318030	305420	222621	0,05	7,5
116	2709	306091	293076	214264	0,05	7,5
117	2628	300135	286906	210095	0,05	7,5
118	2546	294083	280629	205858	0,05	7,5
119	2530	292875	279374	205012	0,05	7,5
120	2513	291662	278115	204164	0,05	7,5
121	2517	291927	278390	204349	0,05	7,5
122	2521	292192	278665	204534	0,05	7,5
123	2529	292823	279321	204976	0,05	7,5
124	2537	293454	279975	205418	0,05	7,5
125	2559	295054	281636	206538	0,05	7,5
126	2581	296648	283290	207653	0,05	7,5
127	2600	298115	284812	208681	0,05	7,5
128	2620	299578	286328	209704	0,05	7,5
129	2649	301668	288495	211167	0,05	7,5
130	2677	303747	290648	212623	0,05	7,5
131	2723	307098	294118	214968	0,05	7,5
132	2769	310420	297555	217294	0,05	7,5
133	2816	313812	301062	219668	0,05	7,5
134	2863	317175	304537	222023	0,05	7,5
135	2916	321012	308498	224708	0,05	7,5
136	2970	324812	312420	227369	0,05	7,5
137	3059	331114	318916	231780	0,05	7,5
138	3147	337322	325308	236125	0,05	7,5
139	3173	339092	327130	237364	0,05	7,5
140	3198	340855	328944	238598	0,05	7,5

Vertical no.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
141	3187	340107	328175	238075	0,05	7,5
142	3167	338734	326762	237114	0,05	7,5
143	3129	336029	323978	235220	0,05	7,5
144	3080	332670	320519	232869	0,05	7,5
145	2966	324636	312237	227245	0,05	7,5
146	2842	315770	303085	221039	0,05	7,5
147	2609	298836	285559	209185	0,05	7,5
148	2360	280352	266351	196247	0,05	7,5
149	2219	269639	255173	188747	0,05	7,5
150	2065	257760	242736	180432	0,05	7,5
151	1924	246745	124351	172721	0,05	7,5
152	894	215572	37359	150900	0,05	7,5
153	817	52334	35128	36633	0,05	7,5
154	734	35099	32624	24569	0,05	7,5
155	687	33733	30453	23613	0,05	7,5
156	558	31825	27350	22277	0,05	7,5
157	449	26737	22022	18716	0,05	7,5
158	330	21084	16187	14759	0,05	7,5
159	219	15919	10773	11143	0,05	7,5
160	83	3112	761	2179	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _v ;n;max = 375 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic} ;max = 42 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _v ;r;n;max = 42 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)		
only for verticals in deep situation	:	k _v ;max = 368968 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)		
only for verticals in deep situation	:	k _v ;max = 737936 kN/m ³

5.2 Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _v ;p	Passive soil stress	kN/m ²
q _v ;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q _h ;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _v ;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _v ;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _h ;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _v ;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _v ;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _v ;p [kN/m ²]	q _v ;n [kN/m ²]	q _h ;n [kN/m ²]	q _v ;r;n [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _v ;e [kN/m ²]
1	43	20	15	20	0	187
2	97	29	22	29	0	456
3	453	86	30	40	0	1349
4	742	143	30	40	0	2245
5	975	191	24	33	0	2995
6	1205	239	20	27	0	3744
7	1272	253	17	23	0	6379
8	1363	266	15	20	0	7087
9	1413	277	14	19	0	7395
10	1461	289	13	18	0	7702
11	1508	300	13	17	0	11547
12	3094	311	13	17	0	14594
13	3194	323	13	17	0	15164
14	3284	334	13	17	0	15678
15	3360	344	13	17	0	16118

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
16	3426	352	13	17	0	16505
17	3479	359	13	17	0	16810
18	3522	364	13	17	0	17062
19	3564	369	13	17	0	17308
20	3597	373	13	17	0	17502
21	3599	374	13	17	0	17514
22	3592	373	13	17	0	17475
23	3603	374	13	17	0	17537
24	3608	375	13	17	0	17570
25	3609	375	13	17	0	17574
26	3610	375	13	17	0	17579
27	3434	353	13	17	0	16547
28	3257	331	13	17	0	15516
29	2811	277	13	17	0	12979
30	2348	222	13	17	0	10442
31	2416	230	13	17	0	10808
32	2483	238	13	17	0	11175
33	2484	238	13	17	0	11175
34	2484	238	13	17	0	11176
35	2431	232	13	17	0	10891
36	2378	226	13	17	0	10605
37	2384	227	13	17	0	10635
38	2389	227	13	17	0	10664
39	2387	227	13	17	0	10653
40	2385	227	13	17	0	10641
41	2430	232	13	17	0	10883
42	2474	237	13	17	0	11125
43	2483	238	13	17	0	11174
44	2492	239	13	17	0	11224
45	2467	236	13	17	0	11084
46	2441	233	13	17	0	10945
47	2417	230	13	17	0	10813
48	2392	228	13	17	0	10681
49	2393	228	13	17	0	10684
50	2393	228	13	17	0	10688
51	2396	228	13	17	0	10701
52	2398	228	13	17	0	10714
53	2395	228	13	17	0	10697
54	2392	228	13	17	0	10681
55	2390	227	13	17	0	10669
56	2388	227	13	17	0	10658
57	2433	232	13	17	0	10899
58	2477	237	13	17	0	11140
59	2478	237	13	17	0	11145
60	2479	238	13	17	0	11151
61	2507	241	13	17	0	11302
62	2535	244	13	17	0	11453
63	2569	248	13	17	0	11642
64	2604	252	13	17	0	11831
65	2640	256	13	17	0	12031
66	2676	261	13	17	0	12230
67	2792	274	13	18	0	12870
68	2906	288	13	18	0	13511
69	2998	299	13	18	0	14030
70	3089	310	13	18	0	14549
71	3129	315	13	18	0	14780
72	3170	320	13	18	2	15011
73	3190	323	13	18	2	15127
74	3210	325	13	18	2	15242
75	3223	327	13	18	2	15321
76	3237	328	13	18	0	15401
77	3197	324	13	18	0	15171
78	3157	319	13	18	0	14942
79	3095	311	13	18	0	14586
80	3033	303	13	18	0	14231

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
81	2968	296	13	18	0	13863
82	2903	288	13	18	0	13495
83	2843	281	13	18	0	13158
84	2783	273	13	18	0	12821
85	2729	267	13	18	0	12523
86	2675	261	13	18	0	12226
87	2651	258	13	18	0	12089
88	2626	255	13	18	0	11951
89	2610	253	13	18	0	11864
90	2594	251	13	18	0	11776
91	2576	249	13	18	0	11680
92	2559	247	13	18	0	11584
93	2546	245	13	18	0	11517
94	2534	244	13	18	0	11449
95	2521	242	13	18	0	11377
96	2508	241	13	18	0	11305
97	2509	241	13	18	0	11311
98	2510	241	13	18	0	11317
99	2516	242	13	18	0	11350
100	2522	243	13	18	0	11384
101	2600	252	13	18	0	11809
102	2677	261	13	18	0	12234
103	2894	287	13	18	0	13442
104	3107	312	13	18	0	14651
105	3243	329	13	18	0	15436
106	3379	346	13	18	0	16221
107	3399	349	13	18	0	16340
108	3419	351	13	18	0	16459
109	3424	352	13	18	0	16485
110	3428	352	13	18	0	16510
111	3404	349	13	18	0	16368
112	3380	346	13	18	0	16226
113	3210	325	13	18	0	15241
114	3038	304	13	18	0	14256
115	2874	284	13	18	0	13335
116	2709	265	13	18	0	12413
117	2628	255	13	18	0	11964
118	2546	245	13	18	0	11514
119	2530	243	13	18	0	11426
120	2513	242	13	18	0	11337
121	2517	242	13	18	0	11356
122	2521	242	13	18	0	11376
123	2529	243	13	18	0	11422
124	2537	244	13	18	0	11468
125	2559	247	13	18	0	11586
126	2581	249	13	18	0	11704
127	2600	252	13	18	0	11813
128	2620	254	13	18	0	11922
129	2649	257	13	18	0	12079
130	2677	261	13	18	0	12235
131	2723	266	13	18	0	12489
132	2769	272	13	18	0	12744
133	2816	277	13	18	0	13006
134	2863	283	13	18	0	13268
135	2916	289	13	18	0	13569
136	2970	296	13	18	0	13871
137	3059	307	13	18	0	14377
138	3147	317	13	18	0	14883
139	3173	320	13	18	0	15029
140	3198	324	13	18	0	15174
141	3187	322	13	18	2	15112
142	3167	320	13	18	2	14999
143	3129	315	13	18	2	14776
144	3080	309	13	17	0	14502
145	2966	295	13	17	0	13856

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
146	2842	280	13	17	0	13157
147	2609	253	13	17	0	11865
148	2360	224	13	17	0	10520
149	2219	208	13	17	0	9772
150	2065	191	13	17	0	8969
151	1924	176	13	17	0	8251
152	894	160	13	17	0	6698
153	817	144	13	18	0	3838
154	734	127	13	18	0	3379
155	687	117	14	18	0	3124
156	558	106	14	19	0	1659
157	449	84	14	19	0	1323
158	330	62	14	19	0	968
159	185	42	31	42	0	655
160	52	21	16	21	0	328

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	87	1185	975	830	0,05	7,5
2	144	12496	5444	8747	0,05	7,5
3	453	27185	22482	19030	0,05	7,5
4	742	40786	36358	28550	0,05	7,5
5	975	51701	47419	36191	0,05	7,5
6	1205	60751	58144	42526	0,05	7,5
7	1272	50892	61256	35625	0,05	7,5
8	1363	51650	55260	36155	0,05	7,5
9	1413	52825	51081	36977	0,05	7,5
10	1461	58714	52266	41100	0,05	7,5
11	1508	282265	53384	197586	0,05	7,5
12	3094	333848	156770	233694	0,05	7,5
13	3194	340773	328860	238541	0,05	7,5
14	3284	346937	335197	242856	0,05	7,5
15	3360	352135	340538	246495	0,05	7,5
16	3426	356651	345174	249655	0,05	7,5
17	3479	360182	348798	252128	0,05	7,5
18	3522	363083	351772	254158	0,05	7,5
19	3564	365897	354658	256128	0,05	7,5
20	3597	368104	356920	257673	0,05	7,5
21	3599	368240	357059	257768	0,05	7,5
22	3592	367789	356597	257453	0,05	7,5
23	3603	368500	357325	257950	0,05	7,5
24	3608	368874	357708	258211	0,05	7,5
25	3609	368921	357757	258245	0,05	7,5
26	3610	368968	357805	258278	0,05	7,5
27	3434	357124	345660	249987	0,05	7,5
28	3257	344960	333165	241472	0,05	7,5
29	2811	313465	300703	219425	0,05	7,5
30	2348	279219	265170	195453	0,05	7,5
31	2416	284366	270529	199056	0,05	7,5
32	2483	289439	275805	202607	0,05	7,5
33	2484	289450	275816	202615	0,05	7,5
34	2484	289461	275828	202623	0,05	7,5
35	2431	285513	271723	199859	0,05	7,5
36	2378	281521	267568	197064	0,05	7,5
37	2384	281934	267998	197354	0,05	7,5
38	2389	282347	268429	197643	0,05	7,5
39	2387	282187	268262	197531	0,05	7,5
40	2385	282027	268095	197419	0,05	7,5
41	2430	285402	271608	199781	0,05	7,5
42	2474	288755	275094	202128	0,05	7,5
43	2483	289434	275800	202604	0,05	7,5
44	2492	290112	276505	203079	0,05	7,5
45	2467	288195	274512	201737	0,05	7,5
46	2441	286268	272508	200387	0,05	7,5
47	2417	284430	270596	199101	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
48	2392	282582	268673	197808	0,05	7,5
49	2393	282631	268723	197841	0,05	7,5
50	2393	282679	268774	197875	0,05	7,5
51	2396	282863	268965	198004	0,05	7,5
52	2398	283047	269157	198133	0,05	7,5
53	2395	282812	268913	197969	0,05	7,5
54	2392	282577	268668	197804	0,05	7,5
55	2390	282419	268503	197693	0,05	7,5
56	2388	282261	268339	197583	0,05	7,5
57	2433	285626	271840	199938	0,05	7,5
58	2477	288959	275306	202271	0,05	7,5
59	2478	289035	275386	202325	0,05	7,5
60	2479	289112	275465	202378	0,05	7,5
61	2507	291188	277622	203832	0,05	7,5
62	2535	293252	279766	205277	0,05	7,5
63	2569	295818	282429	207072	0,05	7,5
64	2604	298366	285071	208856	0,05	7,5
65	2640	301031	287835	210722	0,05	7,5
66	2676	303677	290577	212574	0,05	7,5
67	2792	312064	299255	218445	0,05	7,5
68	2906	320275	307738	224193	0,05	7,5
69	2998	326811	314481	228768	0,05	7,5
70	3089	333244	321110	233271	0,05	7,5
71	3129	336072	324022	235251	0,05	7,5
72	3170	338882	326914	237217	0,05	7,5
73	3190	340280	328352	238196	0,05	7,5
74	3210	341674	329786	239172	0,05	7,5
75	3223	342628	330767	239839	0,05	7,5
76	3237	343580	331746	240506	0,05	7,5
77	3197	340818	328906	238573	0,05	7,5
78	3157	338039	326047	236627	0,05	7,5
79	3095	333698	321578	233589	0,05	7,5
80	3033	329312	317059	230518	0,05	7,5
81	2968	324720	312325	227304	0,05	7,5
82	2903	320076	307533	224053	0,05	7,5
83	2843	315773	303088	221041	0,05	7,5
84	2783	311422	298592	217996	0,05	7,5
85	2729	307542	294577	215279	0,05	7,5
86	2675	303622	290519	212535	0,05	7,5
87	2651	301801	288633	211261	0,05	7,5
88	2626	299972	286737	209980	0,05	7,5
89	2610	298800	285522	209160	0,05	7,5
90	2594	297625	284304	208338	0,05	7,5
91	2576	296327	282957	207429	0,05	7,5
92	2559	295025	281606	206517	0,05	7,5
93	2546	294112	280659	205878	0,05	7,5
94	2534	293197	279709	205238	0,05	7,5
95	2521	292217	278691	204552	0,05	7,5
96	2508	291234	277670	203864	0,05	7,5
97	2509	291310	277749	203917	0,05	7,5
98	2510	291386	277828	203970	0,05	7,5
99	2516	291848	278308	204293	0,05	7,5
100	2522	292309	278786	204616	0,05	7,5
101	2600	298062	284757	208644	0,05	7,5
102	2677	303729	290630	212610	0,05	7,5
103	2894	319403	306838	223582	0,05	7,5
104	3107	334489	322392	234142	0,05	7,5
105	3243	344003	332181	240802	0,05	7,5
106	3379	353312	341747	247319	0,05	7,5
107	3399	354710	343181	248297	0,05	7,5
108	3419	356103	344611	249272	0,05	7,5
109	3424	356397	344913	249478	0,05	7,5
110	3428	356691	345216	249684	0,05	7,5
111	3404	355036	343516	248525	0,05	7,5
112	3380	353374	341810	247362	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
113	3210	341663	329775	239164	0,05	7,5
114	3038	329623	317380	230736	0,05	7,5
115	2874	318030	305420	222621	0,05	7,5
116	2709	306091	293076	214264	0,05	7,5
117	2628	300135	286906	210095	0,05	7,5
118	2546	294083	280629	205858	0,05	7,5
119	2530	292875	279374	205012	0,05	7,5
120	2513	291662	278115	204164	0,05	7,5
121	2517	291927	278390	204349	0,05	7,5
122	2521	292192	278665	204534	0,05	7,5
123	2529	292823	279321	204976	0,05	7,5
124	2537	293454	279975	205418	0,05	7,5
125	2559	295054	281636	206538	0,05	7,5
126	2581	296648	283290	207653	0,05	7,5
127	2600	298115	284812	208681	0,05	7,5
128	2620	299578	286328	209704	0,05	7,5
129	2649	301668	288495	211167	0,05	7,5
130	2677	303747	290648	212623	0,05	7,5
131	2723	307098	294118	214968	0,05	7,5
132	2769	310420	297555	217294	0,05	7,5
133	2816	313812	301062	219668	0,05	7,5
134	2863	317175	304537	222023	0,05	7,5
135	2916	321012	308498	224708	0,05	7,5
136	2970	324812	312420	227369	0,05	7,5
137	3059	331114	318916	231780	0,05	7,5
138	3147	337322	325308	236125	0,05	7,5
139	3173	339092	327130	237364	0,05	7,5
140	3198	340855	328944	238598	0,05	7,5
141	3187	340107	328175	238075	0,05	7,5
142	3167	338734	326762	237114	0,05	7,5
143	3129	336029	323978	235220	0,05	7,5
144	3080	332670	320519	232869	0,05	7,5
145	2966	324636	312237	227245	0,05	7,5
146	2842	315770	303085	221039	0,05	7,5
147	2609	298836	285559	209185	0,05	7,5
148	2360	280352	266351	196247	0,05	7,5
149	2219	269639	255173	188747	0,05	7,5
150	2065	257760	242736	180432	0,05	7,5
151	1924	246745	124351	172721	0,05	7,5
152	894	215572	37359	150900	0,05	7,5
153	817	52334	35128	36633	0,05	7,5
154	734	35099	32624	24569	0,05	7,5
155	687	33733	30453	23613	0,05	7,5
156	558	31825	27350	22277	0,05	7,5
157	449	26737	22022	18716	0,05	7,5
158	330	21084	16187	14759	0,05	7,5
159	219	15919	10773	11143	0,05	7,5
160	83	3112	761	2179	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 375 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 42 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 42 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 368968 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 737936 kN/m ³

5.3 Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _{v;p}	Passive soil stress	kN/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²

q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	43	20	15	20	0	187
2	97	29	22	29	0	456
3	453	86	30	40	0	1349
4	742	143	30	40	0	2245
5	975	191	24	33	0	2995
6	1205	239	20	27	0	3744
7	1272	253	17	23	0	6379
8	1363	266	15	20	0	7087
9	1413	277	14	19	0	7395
10	1461	289	13	18	0	7702
11	1508	300	13	17	0	11547
12	3094	311	13	17	0	14594
13	3194	323	13	17	0	15164
14	3284	334	13	17	0	15678
15	3360	344	13	17	0	16118
16	3426	352	13	17	0	16505
17	3479	359	13	17	0	16810
18	3522	364	13	17	0	17062
19	3564	369	13	17	0	17308
20	3597	373	13	17	0	17502
21	3599	374	13	17	0	17514
22	3592	373	13	17	0	17475
23	3603	374	13	17	0	17537
24	3608	375	13	17	0	17570
25	3609	375	13	17	0	17574
26	3610	375	13	17	0	17579
27	3434	353	13	17	0	16547
28	3257	331	13	17	0	15516
29	2811	277	13	17	0	12979
30	2348	222	13	17	0	10442
31	2416	230	13	17	0	10808
32	2483	238	13	17	0	11175
33	2484	238	13	17	0	11175
34	2484	238	13	17	0	11176
35	2431	232	13	17	0	10891
36	2378	226	13	17	0	10605
37	2384	227	13	17	0	10635
38	2389	227	13	17	0	10664
39	2387	227	13	17	0	10653
40	2385	227	13	17	0	10641
41	2430	232	13	17	0	10883
42	2474	237	13	17	0	11125
43	2483	238	13	17	0	11174
44	2492	239	13	17	0	11224
45	2467	236	13	17	0	11084
46	2441	233	13	17	0	10945
47	2417	230	13	17	0	10813
48	2392	228	13	17	0	10681
49	2393	228	13	17	0	10684
50	2393	228	13	17	0	10688
51	2396	228	13	17	0	10701
52	2398	228	13	17	0	10714
53	2395	228	13	17	0	10697
54	2392	228	13	17	0	10681

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
55	2390	227	13	17	0	10669
56	2388	227	13	17	0	10658
57	2433	232	13	17	0	10899
58	2477	237	13	17	0	11140
59	2478	237	13	17	0	11145
60	2479	238	13	17	0	11151
61	2507	241	13	17	0	11302
62	2535	244	13	17	0	11453
63	2569	248	13	17	0	11642
64	2604	252	13	17	0	11831
65	2640	256	13	17	0	12031
66	2676	261	13	17	0	12230
67	2792	274	13	18	0	12870
68	2906	288	13	18	0	13511
69	2998	299	13	18	0	14030
70	3089	310	13	18	0	14549
71	3129	315	13	18	0	14780
72	3170	320	13	18	2	15011
73	3190	323	13	18	2	15127
74	3210	325	13	18	2	15242
75	3223	327	13	18	2	15321
76	3237	328	13	18	0	15401
77	3197	324	13	18	0	15171
78	3157	319	13	18	0	14942
79	3095	311	13	18	0	14586
80	3033	303	13	18	0	14231
81	2968	296	13	18	0	13863
82	2903	288	13	18	0	13495
83	2843	281	13	18	0	13158
84	2783	273	13	18	0	12821
85	2729	267	13	18	0	12523
86	2675	261	13	18	0	12226
87	2651	258	13	18	0	12089
88	2626	255	13	18	0	11951
89	2610	253	13	18	0	11864
90	2594	251	13	18	0	11776
91	2576	249	13	18	0	11680
92	2559	247	13	18	0	11584
93	2546	245	13	18	0	11517
94	2534	244	13	18	0	11449
95	2521	242	13	18	0	11377
96	2508	241	13	18	0	11305
97	2509	241	13	18	0	11311
98	2510	241	13	18	0	11317
99	2516	242	13	18	0	11350
100	2522	243	13	18	0	11384
101	2600	252	13	18	0	11809
102	2677	261	13	18	0	12234
103	2894	287	13	18	0	13442
104	3107	312	13	18	0	14651
105	3243	329	13	18	0	15436
106	3379	346	13	18	0	16221
107	3399	349	13	18	0	16340
108	3419	351	13	18	0	16459
109	3424	352	13	18	0	16485
110	3428	352	13	18	0	16510
111	3404	349	13	18	0	16368
112	3380	346	13	18	0	16226
113	3210	325	13	18	0	15241
114	3038	304	13	18	0	14256
115	2874	284	13	18	0	13335
116	2709	265	13	18	0	12413
117	2628	255	13	18	0	11964
118	2546	245	13	18	0	11514
119	2530	243	13	18	0	11426

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
120	2513	242	13	18	0	11337
121	2517	242	13	18	0	11356
122	2521	242	13	18	0	11376
123	2529	243	13	18	0	11422
124	2537	244	13	18	0	11468
125	2559	247	13	18	0	11586
126	2581	249	13	18	0	11704
127	2600	252	13	18	0	11813
128	2620	254	13	18	0	11922
129	2649	257	13	18	0	12079
130	2677	261	13	18	0	12235
131	2723	266	13	18	0	12489
132	2769	272	13	18	0	12744
133	2816	277	13	18	0	13006
134	2863	283	13	18	0	13268
135	2916	289	13	18	0	13569
136	2970	296	13	18	0	13871
137	3059	307	13	18	0	14377
138	3147	317	13	18	0	14883
139	3173	320	13	18	0	15029
140	3198	324	13	18	0	15174
141	3187	322	13	18	2	15112
142	3167	320	13	18	2	14999
143	3129	315	13	18	2	14776
144	3080	309	13	17	0	14502
145	2966	295	13	17	0	13856
146	2842	280	13	17	0	13157
147	2609	253	13	17	0	11865
148	2360	224	13	17	0	10520
149	2219	208	13	17	0	9772
150	2065	191	13	17	0	8969
151	1924	176	13	17	0	8251
152	894	160	13	17	0	6698
153	817	144	13	18	0	3838
154	734	127	13	18	0	3379
155	687	117	14	18	0	3124
156	558	106	14	19	0	1659
157	449	84	14	19	0	1323
158	330	62	14	19	0	968
159	185	42	31	42	0	655
160	52	21	16	21	0	328

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	87	1185	975	830	0,05	7,5
2	144	12496	5444	8747	0,05	7,5
3	453	27185	22482	19030	0,05	7,5
4	742	40786	36358	28550	0,05	7,5
5	975	51701	47419	36191	0,05	7,5
6	1205	60751	58144	42526	0,05	7,5
7	1272	50892	61256	35625	0,05	7,5
8	1363	51650	55260	36155	0,05	7,5
9	1413	52825	51081	36977	0,05	7,5
10	1461	58714	52266	41100	0,05	7,5
11	1508	282265	53384	197586	0,05	7,5
12	3094	333848	156770	233694	0,05	7,5
13	3194	340773	328860	238541	0,05	7,5
14	3284	346937	335197	242856	0,05	7,5
15	3360	352135	340538	246495	0,05	7,5
16	3426	356651	345174	249655	0,05	7,5
17	3479	360182	348798	252128	0,05	7,5
18	3522	363083	351772	254158	0,05	7,5
19	3564	365897	354658	256128	0,05	7,5
20	3597	368104	356920	257673	0,05	7,5
21	3599	368240	357059	257768	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
22	3592	367789	356597	257453	0,05	7,5
23	3603	368500	357325	257950	0,05	7,5
24	3608	368874	357708	258211	0,05	7,5
25	3609	368921	357757	258245	0,05	7,5
26	3610	368968	357805	258278	0,05	7,5
27	3434	357124	345660	249987	0,05	7,5
28	3257	344960	333165	241472	0,05	7,5
29	2811	313465	300703	219425	0,05	7,5
30	2348	279219	265170	195453	0,05	7,5
31	2416	284366	270529	199056	0,05	7,5
32	2483	289439	275805	202607	0,05	7,5
33	2484	289450	275816	202615	0,05	7,5
34	2484	289461	275828	202623	0,05	7,5
35	2431	285513	271723	199859	0,05	7,5
36	2378	281521	267568	197064	0,05	7,5
37	2384	281934	267998	197354	0,05	7,5
38	2389	282347	268429	197643	0,05	7,5
39	2387	282187	268262	197531	0,05	7,5
40	2385	282027	268095	197419	0,05	7,5
41	2430	285402	271608	199781	0,05	7,5
42	2474	288755	275094	202128	0,05	7,5
43	2483	289434	275800	202604	0,05	7,5
44	2492	290112	276505	203079	0,05	7,5
45	2467	288195	274512	201737	0,05	7,5
46	2441	286268	272508	200387	0,05	7,5
47	2417	284430	270596	199101	0,05	7,5
48	2392	282582	268673	197808	0,05	7,5
49	2393	282631	268723	197841	0,05	7,5
50	2393	282679	268774	197875	0,05	7,5
51	2396	282863	268965	198004	0,05	7,5
52	2398	283047	269157	198133	0,05	7,5
53	2395	282812	268913	197969	0,05	7,5
54	2392	282577	268668	197804	0,05	7,5
55	2390	282419	268503	197693	0,05	7,5
56	2388	282261	268339	197583	0,05	7,5
57	2433	285626	271840	199938	0,05	7,5
58	2477	288959	275306	202271	0,05	7,5
59	2478	289035	275386	202325	0,05	7,5
60	2479	289112	275465	202378	0,05	7,5
61	2507	291188	277622	203832	0,05	7,5
62	2535	293252	279766	205277	0,05	7,5
63	2569	295818	282429	207072	0,05	7,5
64	2604	298366	285071	208856	0,05	7,5
65	2640	301031	287835	210722	0,05	7,5
66	2676	303677	290577	212574	0,05	7,5
67	2792	312064	299255	218445	0,05	7,5
68	2906	320275	307738	224193	0,05	7,5
69	2998	326811	314481	228768	0,05	7,5
70	3089	333244	321110	233271	0,05	7,5
71	3129	336072	324022	235251	0,05	7,5
72	3170	338882	326914	237217	0,05	7,5
73	3190	340280	328352	238196	0,05	7,5
74	3210	341674	329786	239172	0,05	7,5
75	3223	342628	330767	239839	0,05	7,5
76	3237	343580	331746	240506	0,05	7,5
77	3197	340818	328906	238573	0,05	7,5
78	3157	338039	326047	236627	0,05	7,5
79	3095	333698	321578	233589	0,05	7,5
80	3033	329312	317059	230518	0,05	7,5
81	2968	324720	312325	227304	0,05	7,5
82	2903	320076	307533	224053	0,05	7,5
83	2843	315773	303088	221041	0,05	7,5
84	2783	311422	298592	217996	0,05	7,5
85	2729	307542	294577	215279	0,05	7,5
86	2675	303622	290519	212535	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
87	2651	301801	288633	211261	0,05	7,5
88	2626	299972	286737	209980	0,05	7,5
89	2610	298800	285522	209160	0,05	7,5
90	2594	297625	284304	208338	0,05	7,5
91	2576	296327	282957	207429	0,05	7,5
92	2559	295025	281606	206517	0,05	7,5
93	2546	294112	280659	205878	0,05	7,5
94	2534	293197	279709	205238	0,05	7,5
95	2521	292217	278691	204552	0,05	7,5
96	2508	291234	277670	203864	0,05	7,5
97	2509	291310	277749	203917	0,05	7,5
98	2510	291386	277828	203970	0,05	7,5
99	2516	291848	278308	204293	0,05	7,5
100	2522	292309	278786	204616	0,05	7,5
101	2600	298062	284757	208644	0,05	7,5
102	2677	303729	290630	212610	0,05	7,5
103	2894	319403	306838	223582	0,05	7,5
104	3107	334489	322392	234142	0,05	7,5
105	3243	344003	332181	240802	0,05	7,5
106	3379	353312	341747	247319	0,05	7,5
107	3399	354710	343181	248297	0,05	7,5
108	3419	356103	344611	249272	0,05	7,5
109	3424	356397	344913	249478	0,05	7,5
110	3428	356691	345216	249684	0,05	7,5
111	3404	355036	343516	248525	0,05	7,5
112	3380	353374	341810	247362	0,05	7,5
113	3210	341663	329775	239164	0,05	7,5
114	3038	329623	317380	230736	0,05	7,5
115	2874	318030	305420	222621	0,05	7,5
116	2709	306091	293076	214264	0,05	7,5
117	2628	300135	286906	210095	0,05	7,5
118	2546	294083	280629	205858	0,05	7,5
119	2530	292875	279374	205012	0,05	7,5
120	2513	291662	278115	204164	0,05	7,5
121	2517	291927	278390	204349	0,05	7,5
122	2521	292192	278665	204534	0,05	7,5
123	2529	292823	279321	204976	0,05	7,5
124	2537	293454	279975	205418	0,05	7,5
125	2559	295054	281636	206538	0,05	7,5
126	2581	296648	283290	207653	0,05	7,5
127	2600	298115	284812	208681	0,05	7,5
128	2620	299578	286328	209704	0,05	7,5
129	2649	301668	288495	211167	0,05	7,5
130	2677	303747	290648	212623	0,05	7,5
131	2723	307098	294118	214968	0,05	7,5
132	2769	310420	297555	217294	0,05	7,5
133	2816	313812	301062	219668	0,05	7,5
134	2863	317175	304537	222023	0,05	7,5
135	2916	321012	308498	224708	0,05	7,5
136	2970	324812	312420	227369	0,05	7,5
137	3059	331114	318916	231780	0,05	7,5
138	3147	337322	325308	236125	0,05	7,5
139	3173	339092	327130	237364	0,05	7,5
140	3198	340855	328944	238598	0,05	7,5
141	3187	340107	328175	238075	0,05	7,5
142	3167	338734	326762	237114	0,05	7,5
143	3129	336029	323978	235220	0,05	7,5
144	3080	332670	320519	232869	0,05	7,5
145	2966	324636	312237	227245	0,05	7,5
146	2842	315770	303085	221039	0,05	7,5
147	2609	298836	285559	209185	0,05	7,5
148	2360	280352	266351	196247	0,05	7,5
149	2219	269639	255173	188747	0,05	7,5
150	2065	257760	242736	180432	0,05	7,5
151	1924	246745	124351	172721	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
152	894	215572	37359	150900	0,05	7,5
153	817	52334	35128	36633	0,05	7,5
154	734	35099	32624	24569	0,05	7,5
155	687	33733	30453	23613	0,05	7,5
156	558	31825	27350	22277	0,05	7,5
157	449	26737	22022	18716	0,05	7,5
158	330	21084	16187	14759	0,05	7,5
159	219	15919	10773	11143	0,05	7,5
160	83	3112	761	2179	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 375 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 42 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 42 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 368968 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 737936 kN/m ³

5.4 Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _{v;p}	Passive soil stress	kN/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _{v;e}	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _{v;bot}	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _{v;top}	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	43	20	15	20	0	187
2	97	29	22	29	0	456
3	453	86	30	40	0	1349
4	742	143	30	40	0	2245
5	975	191	24	33	0	2995
6	1205	239	20	27	0	3744
7	1272	253	17	23	0	6379
8	1363	266	15	20	0	7087
9	1413	277	14	19	0	7395
10	1461	289	13	18	0	7702
11	1508	300	13	17	0	11547
12	3094	311	13	17	0	14594
13	3194	323	13	17	0	15164
14	3284	334	13	17	0	15678
15	3360	344	13	17	0	16118
16	3426	352	13	17	0	16505
17	3479	359	13	17	0	16810
18	3522	364	13	17	0	17062
19	3564	369	13	17	0	17308
20	3597	373	13	17	0	17502
21	3599	374	13	17	0	17514
22	3592	373	13	17	0	17475
23	3603	374	13	17	0	17537
24	3608	375	13	17	0	17570
25	3609	375	13	17	0	17574
26	3610	375	13	17	0	17579

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
27	3434	353	13	17	0	16547
28	3257	331	13	17	0	15516
29	2811	277	13	17	0	12979
30	2348	222	13	17	0	10442
31	2416	230	13	17	0	10808
32	2483	238	13	17	0	11175
33	2484	238	13	17	0	11175
34	2484	238	13	17	0	11176
35	2431	232	13	17	0	10891
36	2378	226	13	17	0	10605
37	2384	227	13	17	0	10635
38	2389	227	13	17	0	10664
39	2387	227	13	17	0	10653
40	2385	227	13	17	0	10641
41	2430	232	13	17	0	10883
42	2474	237	13	17	0	11125
43	2483	238	13	17	0	11174
44	2492	239	13	17	0	11224
45	2467	236	13	17	0	11084
46	2441	233	13	17	0	10945
47	2417	230	13	17	0	10813
48	2392	228	13	17	0	10681
49	2393	228	13	17	0	10684
50	2393	228	13	17	0	10688
51	2396	228	13	17	0	10701
52	2398	228	13	17	0	10714
53	2395	228	13	17	0	10697
54	2392	228	13	17	0	10681
55	2390	227	13	17	0	10669
56	2388	227	13	17	0	10658
57	2433	232	13	17	0	10899
58	2477	237	13	17	0	11140
59	2478	237	13	17	0	11145
60	2479	238	13	17	0	11151
61	2507	241	13	17	0	11302
62	2535	244	13	17	0	11453
63	2569	248	13	17	0	11642
64	2604	252	13	17	0	11831
65	2640	256	13	17	0	12031
66	2676	261	13	17	0	12230
67	2792	274	13	18	0	12870
68	2906	288	13	18	0	13511
69	2998	299	13	18	0	14030
70	3089	310	13	18	0	14549
71	3129	315	13	18	0	14780
72	3170	320	13	18	2	15011
73	3190	323	13	18	2	15127
74	3210	325	13	18	2	15242
75	3223	327	13	18	2	15321
76	3237	328	13	18	0	15401
77	3197	324	13	18	0	15171
78	3157	319	13	18	0	14942
79	3095	311	13	18	0	14586
80	3033	303	13	18	0	14231
81	2968	296	13	18	0	13863
82	2903	288	13	18	0	13495
83	2843	281	13	18	0	13158
84	2783	273	13	18	0	12821
85	2729	267	13	18	0	12523
86	2675	261	13	18	0	12226
87	2651	258	13	18	0	12089
88	2626	255	13	18	0	11951
89	2610	253	13	18	0	11864
90	2594	251	13	18	0	11776
91	2576	249	13	18	0	11680

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
92	2559	247	13	18	0	11584
93	2546	245	13	18	0	11517
94	2534	244	13	18	0	11449
95	2521	242	13	18	0	11377
96	2508	241	13	18	0	11305
97	2509	241	13	18	0	11311
98	2510	241	13	18	0	11317
99	2516	242	13	18	0	11350
100	2522	243	13	18	0	11384
101	2600	252	13	18	0	11809
102	2677	261	13	18	0	12234
103	2894	287	13	18	0	13442
104	3107	312	13	18	0	14651
105	3243	329	13	18	0	15436
106	3379	346	13	18	0	16221
107	3399	349	13	18	0	16340
108	3419	351	13	18	0	16459
109	3424	352	13	18	0	16485
110	3428	352	13	18	0	16510
111	3404	349	13	18	0	16368
112	3380	346	13	18	0	16226
113	3210	325	13	18	0	15241
114	3038	304	13	18	0	14256
115	2874	284	13	18	0	13335
116	2709	265	13	18	0	12413
117	2628	255	13	18	0	11964
118	2546	245	13	18	0	11514
119	2530	243	13	18	0	11426
120	2513	242	13	18	0	11337
121	2517	242	13	18	0	11356
122	2521	242	13	18	0	11376
123	2529	243	13	18	0	11422
124	2537	244	13	18	0	11468
125	2559	247	13	18	0	11586
126	2581	249	13	18	0	11704
127	2600	252	13	18	0	11813
128	2620	254	13	18	0	11922
129	2649	257	13	18	0	12079
130	2677	261	13	18	0	12235
131	2723	266	13	18	0	12489
132	2769	272	13	18	0	12744
133	2816	277	13	18	0	13006
134	2863	283	13	18	0	13268
135	2916	289	13	18	0	13569
136	2970	296	13	18	0	13871
137	3059	307	13	18	0	14377
138	3147	317	13	18	0	14883
139	3173	320	13	18	0	15029
140	3198	324	13	18	0	15174
141	3187	322	13	18	2	15112
142	3167	320	13	18	2	14999
143	3129	315	13	18	2	14776
144	3080	309	13	17	0	14502
145	2966	295	13	17	0	13856
146	2842	280	13	17	0	13157
147	2609	253	13	17	0	11865
148	2360	224	13	17	0	10520
149	2219	208	13	17	0	9772
150	2065	191	13	17	0	8969
151	1924	176	13	17	0	8251
152	894	160	13	17	0	6698
153	817	144	13	18	0	3838
154	734	127	13	18	0	3379
155	687	117	14	18	0	3124
156	558	106	14	19	0	1659

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
157	449	84	14	19	0	1323
158	330	62	14	19	0	968
159	185	42	31	42	0	655
160	52	21	16	21	0	328

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	87	1185	975	830	0,05	7,5
2	144	12496	5444	8747	0,05	7,5
3	453	27185	22482	19030	0,05	7,5
4	742	40786	36358	28550	0,05	7,5
5	975	51701	47419	36191	0,05	7,5
6	1205	60751	58144	42526	0,05	7,5
7	1272	50892	61256	35625	0,05	7,5
8	1363	51650	55260	36155	0,05	7,5
9	1413	52825	51081	36977	0,05	7,5
10	1461	58714	52266	41100	0,05	7,5
11	1508	282265	53384	197586	0,05	7,5
12	3094	333848	156770	233694	0,05	7,5
13	3194	340773	328860	238541	0,05	7,5
14	3284	346937	335197	242856	0,05	7,5
15	3360	352135	340538	246495	0,05	7,5
16	3426	356651	345174	249655	0,05	7,5
17	3479	360182	348798	252128	0,05	7,5
18	3522	363083	351772	254158	0,05	7,5
19	3564	365897	354658	256128	0,05	7,5
20	3597	368104	356920	257673	0,05	7,5
21	3599	368240	357059	257768	0,05	7,5
22	3592	367789	356597	257453	0,05	7,5
23	3603	368500	357325	257950	0,05	7,5
24	3608	368874	357708	258211	0,05	7,5
25	3609	368921	357757	258245	0,05	7,5
26	3610	368968	357805	258278	0,05	7,5
27	3434	357124	345660	249987	0,05	7,5
28	3257	344960	333165	241472	0,05	7,5
29	2811	313465	300703	219425	0,05	7,5
30	2348	279219	265170	195453	0,05	7,5
31	2416	284366	270529	199056	0,05	7,5
32	2483	289439	275805	202607	0,05	7,5
33	2484	289450	275816	202615	0,05	7,5
34	2484	289461	275828	202623	0,05	7,5
35	2431	285513	271723	199859	0,05	7,5
36	2378	281521	267568	197064	0,05	7,5
37	2384	281934	267998	197354	0,05	7,5
38	2389	282347	268429	197643	0,05	7,5
39	2387	282187	268262	197531	0,05	7,5
40	2385	282027	268095	197419	0,05	7,5
41	2430	285402	271608	199781	0,05	7,5
42	2474	288755	275094	202128	0,05	7,5
43	2483	289434	275800	202604	0,05	7,5
44	2492	290112	276505	203079	0,05	7,5
45	2467	288195	274512	201737	0,05	7,5
46	2441	286268	272508	200387	0,05	7,5
47	2417	284430	270596	199101	0,05	7,5
48	2392	282582	268673	197808	0,05	7,5
49	2393	282631	268723	197841	0,05	7,5
50	2393	282679	268774	197875	0,05	7,5
51	2396	282863	268965	198004	0,05	7,5
52	2398	283047	269157	198133	0,05	7,5
53	2395	282812	268913	197969	0,05	7,5
54	2392	282577	268668	197804	0,05	7,5
55	2390	282419	268503	197693	0,05	7,5
56	2388	282261	268339	197583	0,05	7,5
57	2433	285626	271840	199938	0,05	7,5
58	2477	288959	275306	202271	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
59	2478	289035	275386	202325	0,05	7,5
60	2479	289112	275465	202378	0,05	7,5
61	2507	291188	277622	203832	0,05	7,5
62	2535	293252	279766	205277	0,05	7,5
63	2569	295818	282429	207072	0,05	7,5
64	2604	298366	285071	208856	0,05	7,5
65	2640	301031	287835	210722	0,05	7,5
66	2676	303677	290577	212574	0,05	7,5
67	2792	312064	299255	218445	0,05	7,5
68	2906	320275	307738	224193	0,05	7,5
69	2998	326811	314481	228768	0,05	7,5
70	3089	333244	321110	233271	0,05	7,5
71	3129	336072	324022	235251	0,05	7,5
72	3170	338882	326914	237217	0,05	7,5
73	3190	340280	328352	238196	0,05	7,5
74	3210	341674	329786	239172	0,05	7,5
75	3223	342628	330767	239839	0,05	7,5
76	3237	343580	331746	240506	0,05	7,5
77	3197	340818	328906	238573	0,05	7,5
78	3157	338039	326047	236627	0,05	7,5
79	3095	333698	321578	233589	0,05	7,5
80	3033	329312	317059	230518	0,05	7,5
81	2968	324720	312325	227304	0,05	7,5
82	2903	320076	307533	224053	0,05	7,5
83	2843	315773	303088	221041	0,05	7,5
84	2783	311422	298592	217996	0,05	7,5
85	2729	307542	294577	215279	0,05	7,5
86	2675	303622	290519	212535	0,05	7,5
87	2651	301801	288633	211261	0,05	7,5
88	2626	299972	286737	209980	0,05	7,5
89	2610	298800	285522	209160	0,05	7,5
90	2594	297625	284304	208338	0,05	7,5
91	2576	296327	282957	207429	0,05	7,5
92	2559	295025	281606	206517	0,05	7,5
93	2546	294112	280659	205878	0,05	7,5
94	2534	293197	279709	205238	0,05	7,5
95	2521	292217	278691	204552	0,05	7,5
96	2508	291234	277670	203864	0,05	7,5
97	2509	291310	277749	203917	0,05	7,5
98	2510	291386	277828	203970	0,05	7,5
99	2516	291848	278308	204293	0,05	7,5
100	2522	292309	278786	204616	0,05	7,5
101	2600	298062	284757	208644	0,05	7,5
102	2677	303729	290630	212610	0,05	7,5
103	2894	319403	306838	223582	0,05	7,5
104	3107	334489	322392	234142	0,05	7,5
105	3243	344003	332181	240802	0,05	7,5
106	3379	353312	341747	247319	0,05	7,5
107	3399	354710	343181	248297	0,05	7,5
108	3419	356103	344611	249272	0,05	7,5
109	3424	356397	344913	249478	0,05	7,5
110	3428	356691	345216	249684	0,05	7,5
111	3404	355036	343516	248525	0,05	7,5
112	3380	353374	341810	247362	0,05	7,5
113	3210	341663	329775	239164	0,05	7,5
114	3038	329623	317380	230736	0,05	7,5
115	2874	318030	305420	222621	0,05	7,5
116	2709	306091	293076	214264	0,05	7,5
117	2628	300135	286906	210095	0,05	7,5
118	2546	294083	280629	205858	0,05	7,5
119	2530	292875	279374	205012	0,05	7,5
120	2513	291662	278115	204164	0,05	7,5
121	2517	291927	278390	204349	0,05	7,5
122	2521	292192	278665	204534	0,05	7,5
123	2529	292823	279321	204976	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
124	2537	293454	279975	205418	0,05	7,5
125	2559	295054	281636	206538	0,05	7,5
126	2581	296648	283290	207653	0,05	7,5
127	2600	298115	284812	208681	0,05	7,5
128	2620	299578	286328	209704	0,05	7,5
129	2649	301668	288495	211167	0,05	7,5
130	2677	303747	290648	212623	0,05	7,5
131	2723	307098	294118	214968	0,05	7,5
132	2769	310420	297555	217294	0,05	7,5
133	2816	313812	301062	219668	0,05	7,5
134	2863	317175	304537	222023	0,05	7,5
135	2916	321012	308498	224708	0,05	7,5
136	2970	324812	312420	227369	0,05	7,5
137	3059	331114	318916	231780	0,05	7,5
138	3147	337322	325308	236125	0,05	7,5
139	3173	339092	327130	237364	0,05	7,5
140	3198	340855	328944	238598	0,05	7,5
141	3187	340107	328175	238075	0,05	7,5
142	3167	338734	326762	237114	0,05	7,5
143	3129	336029	323978	235220	0,05	7,5
144	3080	332670	320519	232869	0,05	7,5
145	2966	324636	312237	227245	0,05	7,5
146	2842	315770	303085	221039	0,05	7,5
147	2609	298836	285559	209185	0,05	7,5
148	2360	280352	266351	196247	0,05	7,5
149	2219	269639	255173	188747	0,05	7,5
150	2065	257760	242736	180432	0,05	7,5
151	1924	246745	124351	172721	0,05	7,5
152	894	215572	37359	150900	0,05	7,5
153	817	52334	35128	36633	0,05	7,5
154	734	35099	32624	24569	0,05	7,5
155	687	33733	30453	23613	0,05	7,5
156	558	31825	27350	22277	0,05	7,5
157	449	26737	22022	18716	0,05	7,5
158	330	21084	16187	14759	0,05	7,5
159	219	15919	10773	11143	0,05	7,5
160	83	3112	761	2179	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 375 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 42 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 42 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 368968 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 737936 kN/m ³

5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
5	Zand, sterk siltig, kleig	Calculated with E100
4	Veen, slap	Calculated with E100
3	Zand, sterk siltig, kleig	Calculated with E100
2	Zand, schoon, los	Calculated with E100
1	Zand, schoon, vast	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (L=5 m)		Vertical 2 (L=10 m)		Vertical 3 (L=15 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,966	0,000	4,860	0,000	11,014
4	0,066	0,067	0,065	0,066	0,147	0,148
3	5,038	15,020	4,933	14,952	11,074	19,995
2	15,012	18,351	14,970	18,316	17,952	20,824
1	91,753	135,346	91,579	135,228	104,120	144,017

Layer number	Vertical 4 (L=20 m)		Vertical 5 (L=25 m)		Vertical 6 (L=30 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	16,365	0,000	20,273	0,000	24,000
4	0,218	0,219	0,270	0,271	0,320	0,321
3	16,420	24,734	20,326	28,307	24,051	31,770
2	20,504	23,061	22,308	24,679	23,977	26,197
1	115,305	152,300	123,394	158,512	130,984	164,489

Layer number	Vertical 7 (L=35 m)		Vertical 8 (L=40 m)		Vertical 9 (L=45 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	24,061	0,000	24,122	0,000	24,052
4	0,321	0,321	0,322	0,322	0,321	0,321
3	24,112	31,837	24,174	31,904	24,105	31,849
2	24,009	26,226	24,040	26,255	24,014	26,231
1	131,128	164,605	131,273	164,720	131,155	164,626

Layer number	Vertical 10 (L=50 m)		Vertical 11 (L=55 m)		Vertical 12 (L=60 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	23,982	0,000	23,904	0,000	23,826
4	0,320	0,320	0,319	0,319	0,318	0,318
3	24,036	31,795	23,958	31,732	23,880	31,669
2	23,989	26,207	23,959	26,180	23,929	26,153
1	131,037	164,532	130,902	164,424	130,766	164,316

Layer number	Vertical 13 (L=65 m)		Vertical 14 (L=70 m)		Vertical 15 (L=75 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	23,842	0,000	23,858	0,000	23,826
4	0,318	0,319	0,318	0,319	0,318	0,318
3	23,897	31,694	23,913	31,719	23,883	31,700
2	23,941	26,164	23,953	26,175	23,944	26,167
1	130,820	164,359	130,874	164,402	130,833	164,370

Layer number	Vertical 16 (L=80 m)		Vertical 17 (L=85 m)		Vertical 18 (L=90 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	23,795	0,000	23,699	0,000	23,604
4	0,317	0,318	0,316	0,317	0,315	0,315
3	23,852	31,681	23,757	31,602	23,662	31,523
2	23,935	26,158	23,898	26,124	23,861	26,090
1	130,792	164,337	130,622	164,201	130,451	164,065

Layer number	Vertical 19 (L=95 m)		Vertical 20 (L=100 m)		Vertical 21 (L=105 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	23,614	0,000	23,624	0,000	23,336
4	0,315	0,316	0,315	0,316	0,311	0,312
3	23,672	31,543	23,683	31,563	23,396	31,305
2	23,870	26,099	23,879	26,107	23,757	25,996
1	130,494	164,099	130,536	164,133	129,978	163,690

Layer number	Vertical 22 (L=110 m)		Vertical 23 (L=115 m)		Vertical 24 (L=120 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	23,047	0,000	23,111	0,000	23,176
4	0,307	0,308	0,308	0,309	0,309	0,310
3	23,107	31,047	23,172	31,117	23,237	31,187
2	23,634	25,884	23,668	25,914	23,701	25,944
1	129,418	163,245	129,570	163,366	129,722	163,487

Layer number	Vertical 25 (L=125 m)		Vertical 26 (L=130 m)		Vertical 27 (L=135 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	23,174	0,000	23,173	0,000	20,757
4	0,309	0,310	0,309	0,310	0,277	0,278
3	23,236	31,196	23,235	31,205	20,822	28,982
2	23,705	25,948	23,710	25,952	22,639	24,978
1	129,742	163,502	129,761	163,517	124,892	159,681

Layer number	Vertical 28 (L=140 m)		Vertical 29 (L=145 m)		Vertical 30 (L=150 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	18,268	0,000	11,740	0,000	4,020
4	0,244	0,244	0,157	0,158	0,054	0,055
3	18,336	26,716	11,816	20,917	4,121	14,676
2	21,516	23,965	18,465	21,268	14,796	18,174
1	119,826	155,750	106,339	145,630	90,872	134,751

Layer number	Vertical 31 (L=155 m)		Vertical 32 (L=160 m)		Vertical 33 (L=165 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	5,264	0,000	6,438	0,000	6,425
4	0,070	0,071	0,086	0,087	0,086	0,087
3	5,359	15,613	6,529	16,536	6,517	16,538
2	15,380	18,653	15,943	19,119	15,944	19,120
1	93,264	136,375	95,596	137,980	95,601	137,984

Layer number	Vertical 34 (L=170 m)		Vertical 35 (L=175 m)		Vertical 36 (L=180 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	6,413	0,000	5,474	0,000	4,493
4	0,086	0,087	0,073	0,074	0,060	0,061
3	6,505	16,540	5,571	15,822	4,595	15,095
2	15,945	19,121	15,508	18,759	15,059	18,389
1	95,606	137,987	93,793	136,738	91,945	135,477

Layer number	Vertical 37 (L=185 m)		Vertical 38 (L=190 m)		Vertical 39 (L=195 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,578	0,000	4,663	0,000	4,607
4	0,061	0,062	0,062	0,064	0,061	0,063
3	4,681	15,170	4,766	15,246	4,712	15,216
2	15,106	18,427	15,153	18,466	15,135	18,451
1	92,137	135,607	92,329	135,738	92,255	135,687

Layer number	Vertical 40 (L=200 m)		Vertical 41 (L=205 m)		Vertical 42 (L=210 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,551	0,000	5,341	0,000	6,094
4	0,061	0,062	0,071	0,073	0,081	0,083
3	4,657	15,187	5,455	15,802	6,226	16,412
2	15,117	18,436	15,496	18,748	15,868	19,057
1	92,181	135,637	93,742	136,703	95,283	137,764

Layer number	Vertical 43 (L=215 m)		Vertical 44 (L=220 m)		Vertical 45 (L=225 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	6,214	0,000	6,334	0,000	5,849
4	0,083	0,085	0,084	0,087	0,078	0,081
3	6,369	16,536	6,511	16,659	6,052	16,310
2	15,942	19,119	16,016	19,181	15,806	19,005
1	95,594	137,979	95,904	138,194	95,026	137,586

Layer number	Vertical 46 (L=230 m)		Vertical 47 (L=235 m)		Vertical 48 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	5,353	0,000	4,871	0,000	4,375
4	0,071	0,074	0,065	0,068	0,058	0,062
3	5,585	15,959	5,131	15,625	4,668	15,288
2	15,593	18,828	15,387	18,659	15,180	18,488
1	94,141	136,976	93,294	136,395	92,438	135,812

Layer number	Vertical 49 (L=245 m)		Vertical 50 (L=250 m)		Vertical 51 (L=255 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,346	0,000	4,317	0,000	4,322
4	0,058	0,062	0,058	0,062	0,058	0,063
3	4,664	15,297	4,660	15,306	4,690	15,339
2	15,185	18,492	15,190	18,497	15,211	18,514
1	92,461	135,827	92,483	135,842	92,569	135,900

Layer number	Vertical 52 (L=260 m)		Vertical 53 (L=265 m)		Vertical 54 (L=270 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,327	0,000	4,227	0,000	4,127
4	0,058	0,063	0,056	0,062	0,055	0,061
3	4,719	15,373	4,646	15,330	4,573	15,287
2	15,232	18,531	15,206	18,509	15,179	18,487
1	92,654	135,959	92,545	135,884	92,436	135,810

Layer number	Vertical 55 (L=275 m)		Vertical 56 (L=280 m)		Vertical 57 (L=285 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,045	0,000	3,963	0,000	4,764
4	0,054	0,060	0,053	0,060	0,064	0,070
3	4,518	15,259	4,463	15,230	5,267	15,842
2	15,161	18,473	15,143	18,458	15,521	18,769
1	92,363	135,760	92,289	135,710	93,845	136,773

Layer number	Vertical 58 (L=290 m)		Vertical 59 (L=295 m)		Vertical 60 (L=300 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	5,532	0,000	5,512	0,000	5,492
4	0,074	0,081	0,073	0,081	0,073	0,081
3	6,040	16,449	6,044	16,463	6,047	16,477
2	15,890	19,075	15,898	19,082	15,907	19,089
1	95,376	137,828	95,411	137,853	95,446	137,877

Layer number	Vertical 61 (L=305 m)		Vertical 62 (L=310 m)		Vertical 63 (L=315 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	5,947	0,000	6,394	0,000	6,951
4	0,079	0,087	0,085	0,093	0,093	0,101
3	6,515	16,855	6,974	17,231	7,542	17,698
2	16,134	19,279	16,358	19,467	16,633	19,699
1	96,394	138,535	97,333	139,189	98,494	140,004

Layer number	Vertical 64 (L=320 m)		Vertical 65 (L=325 m)		Vertical 66 (L=330 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	7,498	0,000	8,064	0,000	8,621
4	0,100	0,108	0,108	0,116	0,115	0,123
3	8,099	18,162	8,677	18,647	9,245	19,130
2	16,905	19,928	17,186	20,167	17,462	20,404
1	99,642	140,814	100,837	141,662	102,018	142,505

Layer number	Vertical 67 (L=335 m)		Vertical 68 (L=340 m)		Vertical 69 (L=345 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	10,429	0,000	12,160	0,000	13,514
4	0,139	0,147	0,162	0,170	0,180	0,188
3	11,044	20,661	12,772	22,164	14,129	23,364
2	18,323	21,145	19,145	21,861	19,787	22,425
1	105,725	145,182	109,306	147,810	112,126	149,907

Layer number	Vertical 70 (L=350 m)		Vertical 71 (L=355 m)		Vertical 72 (L=360 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	14,834	0,000	15,395	0,000	15,951
4	0,198	0,206	0,205	0,214	0,213	0,221
3	15,454	24,548	16,028	25,070	16,596	25,590
2	20,408	22,975	20,678	23,216	20,945	23,453
1	114,876	151,975	116,078	152,886	117,267	153,790

Layer number	Vertical 73 (L=365 m)		Vertical 74 (L=370 m)		Vertical 75 (L=375 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	16,213	0,000	16,473	0,000	16,642
4	0,216	0,225	0,220	0,229	0,222	0,231
3	16,873	25,849	17,148	26,107	17,333	26,284
2	21,077	23,571	21,208	23,689	21,298	23,769
1	117,857	154,241	118,445	154,690	118,846	154,998

Layer number	Vertical 76 (L=380 m)		Vertical 77 (L=385 m)		Vertical 78 (L=390 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	16,811	0,000	16,207	0,000	15,597
4	0,224	0,234	0,216	0,226	0,208	0,218
3	17,518	26,460	16,938	25,948	16,354	25,434
2	21,387	23,849	21,128	23,617	20,865	23,382
1	119,246	155,305	118,084	154,415	116,911	153,519

Layer number	Vertical 79 (L=395 m)		Vertical 80 (L=400 m)		Vertical 81 (L=405 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	14,658	0,000	13,703	0,000	12,698
4	0,195	0,206	0,183	0,194	0,169	0,181
3	15,444	24,632	14,521	23,824	13,549	22,979
2	20,451	23,014	20,029	22,640	19,583	22,245
1	115,069	152,121	113,198	150,711	111,227	149,236

Layer number	Vertical 82 (L=410 m)		Vertical 83 (L=415 m)		Vertical 84 (L=420 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,672	0,000	10,709	0,000	9,724
4	0,156	0,167	0,143	0,155	0,130	0,143
3	12,560	22,127	11,635	21,339	10,691	20,543
2	19,126	21,844	18,697	21,470	18,258	21,089
1	109,220	147,746	107,348	146,368	105,443	144,977

Layer number	Vertical 85 (L=425 m)		Vertical 86 (L=430 m)		Vertical 87 (L=435 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	8,829	0,000	7,911	0,000	7,460
4	0,118	0,131	0,105	0,120	0,099	0,114
3	9,839	19,835	8,968	19,119	8,552	18,788
2	17,862	20,746	17,456	20,399	17,266	20,236
1	103,732	143,737	101,993	142,487	101,181	141,907

Layer number	Vertical 88 (L=440 m)		Vertical 89 (L=445 m)		Vertical 90 (L=450 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	7,001	0,000	6,692	0,000	6,378
4	0,093	0,108	0,089	0,105	0,085	0,101
3	8,131	18,454	7,855	18,241	7,576	18,027
2	17,074	20,073	16,951	19,967	16,826	19,862
1	100,363	141,325	99,837	140,952	99,309	140,578

Layer number	Vertical 91 (L=455 m)		Vertical 92 (L=460 m)		Vertical 93 (L=465 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	6,033	0,000	5,682	0,000	5,422
4	0,080	0,097	0,076	0,093	0,072	0,090
3	7,268	17,790	6,956	17,553	6,732	17,387
2	16,688	19,745	16,548	19,627	16,450	19,545
1	98,724	140,166	98,136	139,752	97,723	139,462

Layer number	Vertical 94 (L=470 m)		Vertical 95 (L=475 m)		Vertical 96 (L=480 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	5,159	0,000	4,877	0,000	4,591
4	0,069	0,087	0,065	0,084	0,061	0,080
3	6,506	17,221	6,263	17,042	6,018	16,863
2	16,352	19,462	16,246	19,373	16,139	19,283
1	97,308	139,172	96,863	138,861	96,415	138,549

Layer number	Vertical 97 (L=485 m)		Vertical 98 (L=490 m)		Vertical 99 (L=495 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,570	0,000	4,549	0,000	4,625
4	0,061	0,080	0,061	0,080	0,062	0,082
3	6,021	16,877	6,024	16,891	6,118	16,975
2	16,147	19,290	16,155	19,297	16,206	19,339
1	96,450	138,573	96,485	138,597	96,695	138,744

Layer number	Vertical 100 (L=500 m)		Vertical 101 (L=505 m)		Vertical 102 (L=510 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,700	0,000	6,070	0,000	7,366
4	0,063	0,083	0,081	0,100	0,098	0,117
3	6,212	17,059	7,523	18,106	8,779	19,139
2	16,256	19,381	16,872	19,901	17,468	20,408
1	96,904	138,890	99,506	140,717	102,041	142,521

Layer number	Vertical 103 (L=515 m)		Vertical 104 (L=520 m)		Vertical 105 (L=525 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	10,848	0,000	14,065	0,000	16,047
4	0,145	0,162	0,188	0,204	0,214	0,230
3	12,160	22,004	15,318	24,778	17,279	26,539
2	19,059	21,786	20,527	23,081	21,427	23,885
1	108,928	147,531	115,405	152,376	119,424	155,442

Layer number	Vertical 106 (L=530 m)		Vertical 107 (L=535 m)		Vertical 108 (L=540 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	17,969	0,000	18,232	0,000	18,495
4	0,240	0,256	0,243	0,259	0,247	0,263
3	19,186	28,270	19,462	28,531	19,737	28,791
2	22,290	24,662	22,419	24,778	22,546	24,894
1	123,312	158,448	123,892	158,900	124,469	159,351

Layer number	Vertical 109 (L=545 m)		Vertical 110 (L=550 m)		Vertical 111 (L=555 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	18,556	0,000	18,617	0,000	18,272
4	0,247	0,264	0,248	0,265	0,244	0,260
3	19,797	28,846	19,858	28,901	19,518	28,592
2	22,573	24,918	22,600	24,943	22,448	24,805
1	124,591	159,446	124,713	159,541	124,027	159,005

Layer number	Vertical 112 (L=560 m)		Vertical 113 (L=565 m)		Vertical 114 (L=570 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	17,924	0,000	15,465	0,000	12,902
4	0,239	0,256	0,206	0,223	0,172	0,190
3	19,176	28,282	16,761	26,105	14,256	23,881
2	22,296	24,667	21,207	23,688	20,059	22,666
1	123,337	158,468	118,440	154,687	113,331	150,811

Layer number	Vertical 115 (L=575 m)		Vertical 116 (L=580 m)		Vertical 117 (L=585 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	10,383	0,000	7,698	0,000	6,303
4	0,138	0,157	0,103	0,123	0,084	0,105
3	11,806	21,752	9,221	19,570	7,895	18,484
2	18,922	21,666	17,712	20,618	17,092	20,087
1	108,332	147,091	103,090	143,274	100,436	141,377

Layer number	Vertical 118 (L=590 m)		Vertical 119 (L=595 m)		Vertical 120 (L=600 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,826	0,000	4,521	0,000	4,210
4	0,064	0,087	0,060	0,083	0,056	0,079
3	6,510	17,382	6,228	17,162	5,942	16,941
2	16,447	19,542	16,317	19,432	16,185	19,322
1	97,710	139,453	97,162	139,070	96,610	138,685

Layer number	Vertical 121 (L=605 m)		Vertical 122 (L=610 m)		Vertical 123 (L=615 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,278	0,000	4,346	0,000	4,507
4	0,057	0,080	0,058	0,081	0,060	0,083
3	6,005	16,989	6,067	17,037	6,216	17,152
2	16,214	19,346	16,243	19,370	16,311	19,428
1	96,731	138,769	96,851	138,853	97,138	139,053

Layer number	Vertical 124 (L=620 m)		Vertical 125 (L=625 m)		Vertical 126 (L=630 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,667	0,000	5,068	0,000	5,461
4	0,062	0,085	0,068	0,090	0,073	0,095
3	6,364	17,267	6,736	17,559	7,102	17,849
2	16,379	19,485	16,552	19,630	16,722	19,774
1	97,424	139,253	98,149	139,761	98,869	140,268

Layer number	Vertical 127 (L=635 m)		Vertical 128 (L=640 m)		Vertical 129 (L=645 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	5,818	0,000	6,170	0,000	6,667
4	0,078	0,099	0,082	0,104	0,089	0,110
3	7,438	18,116	7,769	18,382	8,239	18,763
2	16,878	19,906	17,033	20,037	17,252	20,224
1	99,530	140,734	100,186	141,199	101,122	141,865

Layer number	Vertical 130 (L=650 m)		Vertical 131 (L=655 m)		Vertical 132 (L=660 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	7,154	0,000	7,929	0,000	8,685
4	0,095	0,116	0,106	0,126	0,116	0,136
3	8,703	19,142	9,443	19,753	10,168	20,360
2	17,469	20,410	17,816	20,707	18,156	21,000
1	102,049	142,527	103,536	143,596	105,002	144,656

Layer number	Vertical 133 (L=665 m)		Vertical 134 (L=670 m)		Vertical 135 (L=675 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	9,447	0,000	10,194	0,000	11,037
4	0,126	0,145	0,136	0,155	0,147	0,166
3	10,902	20,980	11,624	21,596	12,441	22,299
2	18,500	21,298	18,837	21,592	19,218	21,925
1	106,491	145,741	107,959	146,817	109,625	148,046

Layer number	Vertical 136 (L=680 m)		Vertical 137 (L=685 m)		Vertical 138 (L=690 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	11,864	0,000	13,222	0,000	14,546
4	0,158	0,177	0,176	0,194	0,194	0,211
3	13,245	22,996	14,568	24,156	15,861	25,301
2	19,592	22,253	20,203	22,794	20,797	23,321
1	111,266	149,265	113,968	151,290	116,607	153,288

Layer number	Vertical 139 (L=695 m)		Vertical 140 (L=700 m)		Vertical 141 (L=705 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	14,921	0,000	15,294	0,000	15,202
4	0,199	0,216	0,204	0,221	0,203	0,220
3	16,229	25,629	16,594	25,955	16,503	25,874
2	20,965	23,471	21,131	23,620	21,090	23,583
1	117,356	153,858	118,100	154,426	117,915	154,285

Layer number	Vertical 142 (L=710 m)		Vertical 143 (L=715 m)		Vertical 144 (L=720 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	15,109	0,000	14,869	0,000	14,628
4	0,201	0,219	0,198	0,216	0,195	0,213
3	16,413	25,793	16,178	25,583	15,942	25,373
2	21,049	23,546	20,942	23,450	20,834	23,354
1	117,730	154,144	117,252	153,779	116,772	153,413

Layer number	Vertical 145 (L=725 m)		Vertical 146 (L=730 m)		Vertical 147 (L=735 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	13,550	0,000	12,449	0,000	9,811
4	0,181	0,199	0,166	0,184	0,131	0,150
3	14,888	24,438	13,814	23,494	11,254	21,280
2	20,351	22,924	19,855	22,486	18,664	21,441
1	114,621	151,783	112,429	150,135	107,206	146,264

Layer number	Vertical 148 (L=740 m)		Vertical 149 (L=745 m)		Vertical 150 (L=750 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	6,980	0,000	6,018	0,000	5,017
4	0,093	0,114	0,080	0,102	0,067	0,089
3	8,537	19,006	7,626	18,267	6,688	17,521
2	17,392	20,343	16,966	19,981	16,530	19,611
1	101,716	142,289	99,903	140,998	98,056	139,696

Layer number	Vertical 151 (L=755 m)		Vertical 152 (L=760 m)		Vertical 153 (L=765 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	4,452	0,000	3,868	0,000	3,072
4	0,059	0,082	0,052	0,075	0,041	0,066
3	6,165	17,113	5,630	16,702	4,913	16,162
2	16,288	19,408	16,042	19,202	15,716	18,931
1	97,039	138,984	96,011	138,268	94,654	137,330

Layer number	Vertical 154 (L=770 m)		Vertical 155 (L=775 m)		Vertical 156 (L=780 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	2,220	0,000	2,987	0,000	3,707
4	0,030	0,056	0,040	0,064	0,049	0,073
3	4,169	15,618	4,837	16,106	5,483	16,590
2	15,384	18,656	15,682	18,903	15,975	19,146
1	93,278	136,385	94,512	137,232	95,731	138,074

Layer number	Vertical 157 (L=785 m)		Vertical 158 (L=790 m)		Vertical 159 (L=795 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	3,024	0,000	2,300	0,000	2,300
4	0,040	0,065	0,031	0,056	0,031	0,056
3	4,870	16,131	4,237	15,668	4,237	15,668
2	15,697	18,915	15,414	18,681	15,414	18,681
1	94,574	137,274	93,403	136,470	93,403	136,470

Layer number	Vertical 160 (L=800 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	2,300
4	0,031	0,056
3	4,237	15,668
2	15,414	18,681
1	93,403	136,470

6 Data for Stress Analysis

6.1 General Data

Number of pipes in bundle	:	Npipes = 4 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 192808 kN/m ³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,50 kN/m ³
Bending radius on rollers	:	Rrol = 500,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

6.2 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 100%

Uplift forces	:	365	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	313	[kg/m]
Result	:	52	[kg/m] (Pipeline moves upwards)

6.3 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/mm²])
- 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	249
T2	52	245
T3	118	258

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	703	223
T5	801	239
T6	810	238

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 (γ) of at least 1.4 for the stress analysis. In the pipe stress analysis (next chapter), a factor of 1,80 is used and a load factor of 1,00.

7 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

7.1 Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 810 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 42 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 368968 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 4,33 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	4,61	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 4,72 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0175 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 1,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,67 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 5,29 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 3,84 \text{ N/mm}^2$$

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,62	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	5,29	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,84	N/mm ²

7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	4,61	4,72	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,67	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,84	3,84

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 7,8 mm (2,49% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.4 Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 325 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

As the pipe is completely filled during the pullback operation the external pressure is decreased with the internal pressure of 221 kN/m². The maximum allowable pressure becomes 1780 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 210 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

8 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

8.1 Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 810 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 42 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 368968 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 4,33 \text{ N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	4,61	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 4,72 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0175 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 1,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,67 \text{ N/mm}^2$$

8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

8.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 5,29 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 3,84 \text{ N/mm}^2$$

8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,62	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	5,29	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,84	N/mm ²

8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	4,61	4,72	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,67	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,84	3,84

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 7,8 mm (2,49% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

8.4 Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 325 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

As the pipe is completely filled during the pullback operation the external pressure is decreased with the internal pressure of 221 kN/m². The maximum allowable pressure becomes 1780 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 210 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

9 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

9.1 Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 810 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 42 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 368968 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 4,33 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	4,61	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 4,72 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0175 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 1,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,67 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 5,29 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 3,84 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,62	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	5,29	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,84	N/mm ²

9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	4,61	4,72	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,67	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,84	3,84

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 7,8 mm (2,49% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 325 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

As the pipe is completely filled during the pullback operation the external pressure is decreased with the internal pressure of 221 kN/m². The maximum allowable pressure becomes 1780 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 210 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 810 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 42 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 368968 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 4,33 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	4,61	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 4,72 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0175 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 1,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,67 \text{ N/mm}^2$$

10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 5,29 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 3,84 \text{ N/mm}^2$$

10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,62	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	5,29	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,84	N/mm ²

10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	4,61	4,72	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,67	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	3,84	3,84

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 7,8 mm (2,49% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 325 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

As the pipe is completely filled during the pullback operation the external pressure is decreased with the internal pressure of 221 kN/m². The maximum allowable pressure becomes 1780 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 210 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

End of Report

D.3 6 Vergunningsrapportage BW HDD8.3

Kruising A17 en regionale waterkering Roosendaal

Vergunningsrapport Rijkswaterstaat en waterschap
Brabantse Delta



Verantwoording

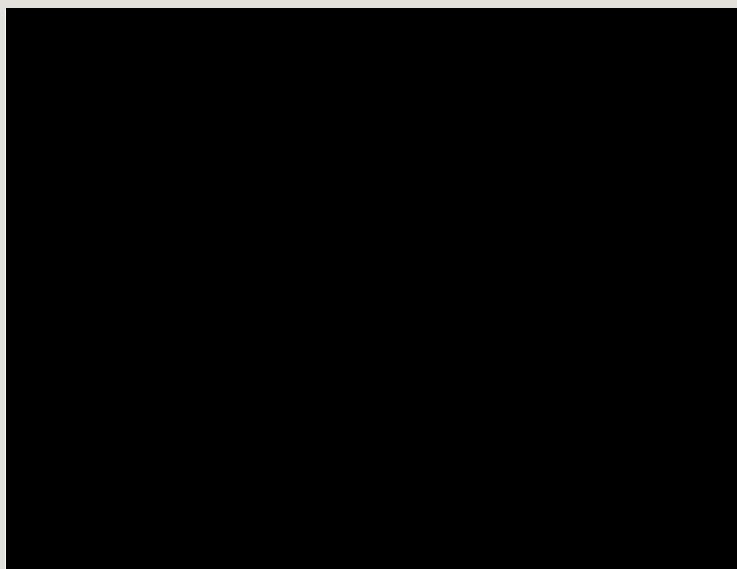
Titel: Krusing A17 en regionale waterkering Roosendaal
Onderwerp: Vergunningsrapport Rijkswaterstaat en waterschap Brabantse Delta
Projectnummer: 51001237
Klant: TenneT
Referentienummer: NL22-648800269-22743
Versie: D1

Datum: 26-04-2022

Auteurs:
E-mailadres:

Gecontroleerd door:
Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door:
Paraaf vrijgegeven:



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Situatie.....	4
1.2	Leeswijzer.....	5
2.	Uitgangspunten	6
2.1	Gebruikte documenten	6
2.2	Vigerende normen en richtlijnen.....	6
2.3	Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen.....	7
2.4	Horizontale afstand tot overige objecten	7
2.5	Schuine kruising A17.....	8
2.6	Diepteligging.....	8
2.7	Inwendige overdruk	9
2.8	Grondwaterstand	9
2.9	Belasting- en ondersteuningshoek	9
2.10	Importatiefactor.....	9
2.11	Geotechnische parameters	10
2.12	Boortechnische gegevens	10
2.13	Verkeersbelasting.....	11
2.14	Boogstralen	11
3.	Ontwerp	12
3.1	Gegevens HDD	12
3.2	Boorparameters.....	14
3.3	Intredepunt	14
3.4	Uittredepunt en uitlegstrook	14
4.	Berekeningsresultaten.....	16
4.1	Trekkrachtberekening.....	17
4.2	Sterkteberekening bedrijfsfase.....	17
4.3	Muddrukberekening.....	17
4.4	Implosie	17
4.5	Kwelweg	18
4.5.1	Kwel uit het eerste watervoerende pakket	18
4.5.2	Kwel tussen de peilgebieden.....	19
4.5.3	Kwelmaatregelen.....	19
5.	Risico's en aandachtspunten	20
6.	Conclusie	22
6.1	Algemeen	22
6.2	Uitkomsten ontwerp en berekening.....	22

1. Inleiding

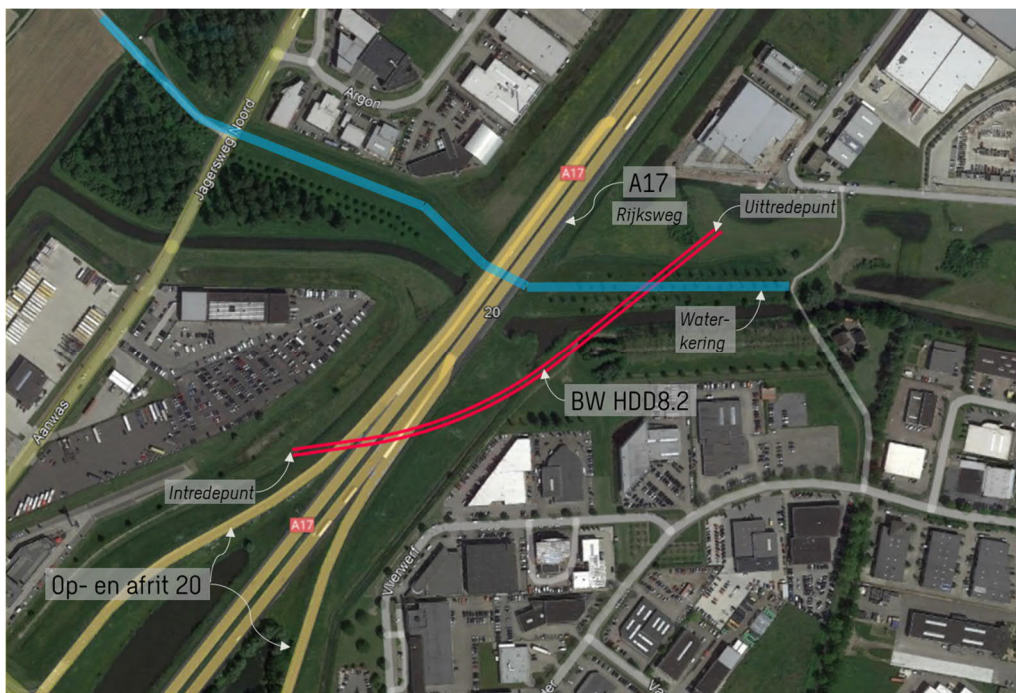
TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen sleufloos worden uitgevoerd door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's) en persingen.

Dit rapport betreft de kruising met de snelweg A17 en de regionale waterkering in het beheer van waterschap Brabantse Delta nabij bedrijvenpark Borchwerf te Roosendaal. De kruising (met codering BW HDD8.3) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat en waterschap Brabantse Delta met het ontwerp en berekeningen conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020, Richtlijn Boortechneken en de keur van WBD.

1.1 Situatie

De HDD's starten ten noorden van afrit 20 van de A17 in Roosendaal (zie figuur 1). Het tracé bestaat uit twee 150kV-circuits, waardoor twee afzonderlijke parallelle HDD-bundels moeten worden gemaakt. Eén bundel bestaat uit 4 mantelbuizen PE100 Ø315 mm SDR 11. In drie van de mantelbuizen wordt een hoogspanningskabel ingetrokken en één mantelbuis is beschikbaar als reserve.

De twee HDD's liggen naast elkaar, met een dagmaat van 5 meter tussen de boorgaten. De HDD's hebben een lengte van respectievelijk 423 m en 432 m en een maximale diepte van circa NAP -25,0 m (hart van de boring). De twee HDD's kruisen van west naar oost: afrit 20 van Rijksweg A17, Rijksweg A17, de oprit naar de A17, tweemaal een categorie A waterloop en tenslotte een regionale waterkering in het beheer van waterschap Brabantse Delta. Verder kruist het tracé verschillende kabels en leidingen, waaronder twee HDD's van Enexis en een transportleiding Ø1.500 mm van WBD nabij het uittredepunt. Ook naast de in- en uittredepunten liggen diverse kabels en leidingen, waarin het ontwerp rekening mee is gehouden.



Figuur 1 Overzicht situatie BW HDD8.3

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten, hoofdstuk 3 het ontwerp en de berekeningen, hoofdstuk 4 bevat de berekeningsresultaten, hoofdstuk 5 de risico's en aandachtspunten en hoofdstuk 6 de conclusies. Als bijlagen zijn toegevoegd de ontwerptekening, grondgegevens en de berekeningen.

2. Uitgangspunten

2.1 Gebruikte documenten

Bij het opstellen van de berekeningen is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Ontwerptekening van BW HDD8.3, tekeningnummer BW-HDD8.3 versie E, d.d. 11-04-2022 opgesteld door Sweco (bijlage 1);
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket en GIS portal van Sweco (bijlage 2);
- Grondwaterstand, opgevraagd 25-03-2022, website: <https://embed.hydronet.com>;
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3);
- KLIC-levering 21O082112_1 opgevraagd d.d. 13-08-2021 en KLIC-levering 21O045921 opgevraagd d.d. 04-04-'22;
- Naar aanleiding van de KLIC-levering zijn extra documenten opgevraagd bij waterschap Brabantse Delta:
 - AWP-1 Oudenbosch – Roosendaal.
- Legger waterkeringen waterschap Brabantse Delta, bekeken op 20-03-2022, website: <https://wsbd.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fd76082880324620845b0001369d019a>;
- Algemene regels van de Keur waterschap Brabantse Delta, 2020, hoofdstuk 16. Kabels en leiding in en nabij a-wateren en b-wateren;
- As-built tekening HDD 8a en 8b TenneT, tekening nummer P00750 en P00751, opgesteld door Van Vulpen, d.d. 07-02-2014.

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Keur en leggers van waterschap Brabantse Delta;
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0 van Rijkswaterstaat;
- Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50).

2.3 Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen

- NEN 3650-1: 2020, bijlage F.4.3 stelt: De afstand (dagmaat) tussen een parallelleiding of -boring moet minimaal 5 m bedragen, tenzij wordt aangetoond dat een kleinere afstand toelaatbaar is.
- De minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen conform de Richtlijn Boortechnieken is:
 - De minimale dagmaat bij een kruising met een bestaande HDD-boring is 5,0 meter, onafhankelijk van de grondslag;
 - De minimale dagmaat in zandgrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 5,0 meter;
 - De minimale dagmaat in klei-/veengrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 10,0 meter;
 - Bij gelijktijdige uitvoering van meerdere HDD-boringen is het risico op schade minder groot omdat de ligging onderling beter bekend is en omdat kabels en leidingen nog niet in bedrijf zijn. In deze situatie kan de onderlinge dagmaat verkleind worden, zodanig dat stuurcorrecties onbelemmerd kunnen plaatsvinden. De vergunningaanvrager dient een afwijkende dagmaat te onderbouwen, waarbij aantoonbaar wordt gemaakt dat er geen risico ontstaat voor het rijkswaterstaatswerk.

De Richtlijn is specifiekier dan de NEN 3650, voor het ontwerp houden we daarom de Richtlijn Boortechnieken aan. De eerste 10,5 m -mv bestaat uit kleiige zandlagen, maar omdat de HDD's voor circa 80% in de pleistocene zandlaag liggen is een dagmaat van 5 m als uitgangswaarde genomen. De HDD's zullen daarnaast met een gyroscoop geboord worden, zodat de afwijkingen minimaal zijn.

2.4 Horizontale afstand tot overige objecten

In het ontwerp zijn de volgende afstanden gehanteerd:

- Voor de horizontale afstand van de HDD's tot toekomstige mastenroute van TenneT is aan maaiveld een afstand van minimaal 10 meter uit de teen van de mast gehanteerd. De funderingswijze van de toekomstige masten is onbekend en dus ook of de funderingspalen geschoord staan. Bij een afstand van 10 m is een schoring van 1:3 toelaatbaar om op niveau boorlijn een minimale afstand van 5,0 m te hebben.
 - De afstand tussen de hart boring en teen van mast 1059 bedraagt 14 m. De dagmaat afstand tussen de boring en de teen van de mast is 13,5 m. Dit voldoet aan de eisen.
- Voor de horizontale afstand van de HDD's tot het Rijksmonument de Kapelberg uit 1897 op de Deurlechtsestraat 5 in Roosendaal is horizontaal gezien een minimaal 5 meter uit de teen van de kapel aangehouden.
 - De horizontale afstand tussen de hart boring en teen van kapel bedraagt 5,5 m. De HDD's ligt hier tevens op een diepte hart boring van NAP -22 m in de vaste zandlaag.

2.5 Schuine kruising A17

In overleg met Rijkswaterstaat en waterschap Brabantse Delta wordt Rijksweg A17 en de waterkering schuin gekruist. TenneT heeft daarbij de volgende onderbouwing opgesteld:

In dit geval wordt de ondergrondse 150kV-kabelverbinding vanaf de westzijde van de A17 met twee boringen onder de A17 en een waterkering door geboord. Weliswaar is de boring niet haaks, maar de boring is (naar de omstandigheden van dit geval) zo haaks mogelijk bij zowel de A17 als bij de waterkering. De kabel aan de westzijde van de A17 door trekken tot de hoogte van mast 11 en dan daar eerst haaks onder de kering door boren en vervolgens haaks onder de A17 door boren is niet realistisch.

Ter hoogte van mast 1059 ligt er een stukje persrioleringsleiding naar het noorden toe. Deze persleiding knikt ter hoogte van mast 11 onder de A17 door. Als de 150kV-kabel aan de westzijde van de A17 wordt 'doorgetrokken', ligt deze onder / nabij deze persleiding. Vanwege de diameter van de persleiding en het risico op zettingen, is deze parallelloop niet realistisch. Daarnaast komt onder 150kV-kabel ter hoogte van mast 11 aan de westzijde uit in een wadi. Dit geeft aanvullend werkterrein in deze wadi. Ook moet dan aan de westzijde en oostzijde van de A17 een werkterrein worden ingericht voor een boring onder de A17 door. De ruimte tussen de bedrijven en de A17 (westzijde) en de A17 en mast 11 (oostzijde) is (te) beperkt.

Een tweede alternatief is ook niet realistisch. In dat tweede alternatief zou de boring opgeknipt worden in twee boringen. Eén boring haaks onder de A17 en één boring haaks onder de waterkering. De ruimte aan de westzijde van de A17 is weliswaar al beperkt. Maar omdat de boring niet 100% haaks onder de A17 door gaat, is het werkterrein (alhoewel in een niet geclassificeerde wadi) uitvoerbaar. Aan de oostzijde van de A17 krijgen we een werkterrein ten behoeve van de boring dat is ingeklemd tussen de A17, een B- en een A-watergang en de bedrijven aan de oostzijde van de A17. De ruimte hier is (te) beperkt.

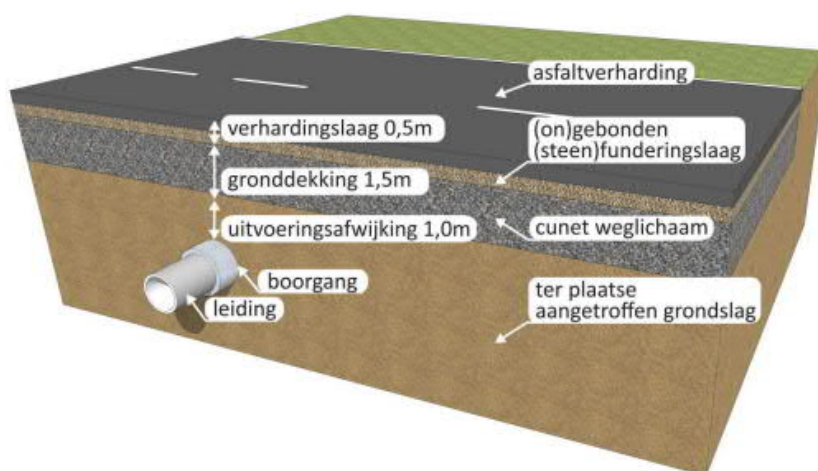
Tenslotte zou de boring onder de waterkering nabij mast 11 uitkomen bij de drukgevoelige persleiding, een andere 150kV-kabelverbinding die onder de A17 door geboord is, én een A-watergang gelegen tussen mast 11 en de A17. De beperkte ruimte maakt een uitvoering met twee haakse boringen niet realistisch.

2.6 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- De HDD's dienen de kruin van de regionale waterkering te passeren met een dekking van minimaal 10 m en de teen met een dekking van minimaal 3,0 m (NEN 3551:2020 paragraaf 9.6.2).
 - De kruinhoogte van de primaire watering in het beheer van Rijkswaterstaat is circa NAP +4,49 m. De HDD's kruisen de regionale waterkering met een minimale afstand van 24 m.
- De HDD's dienen een dagmaat van 5 meter afstand te hebben bij parallellegging tot of kruising met een bestaande HDD-boring (op basis van de Richtlijn Boortechneken, zie paragraaf 2.3)
 - Het tracé kruist drie middenspanningskabels van Enexis, uitgevoerd als HDD's. De HDD's van TenneT kruisen de HDD's van Enexis op een minimale afstand van circa 14 meter;

- Het tracé kruist een afvalwaterpersleiding Ø1.500 mm van Waterschap Brabantse Delta. De HDD's kruisen de waterleiding met een minimale afstand van 5 m.
- De HDD's dienen een minimale gronddekking te hebben ter plaatse van de verharding van 3 meter (in cohesieve grond) tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (verhardingslaag 0,5 m + gronddekking 1,5 m + uitvoeringsafwijking 1,0 m) (zie *figuur 2*) (Richtlijn Boortechnieken 2019, paragraaf 2.4.1)
 - De op- en afrit van Rijksweg A17 en de Rijksweg A17 liggen op een minimale afstand van 8 m ten opzichte van de HDD's. Dit voldoet aan de eisen.



Figuur 2 Schematische weergave gronddekking HDD boringen onder wegen (Richtlijn Boortechnieken, 2019)

2.7 Inwendige overdruk

Het betreft mantelbuizen. Er is dus niet gerekend met inwendige overdruk.

2.8 Grondwaterstand

Uit de BRO Grondwaterspiegeldiepte 2021 van DINOloket komt een minimale grondwaterstand van 0,95 m- mv. Voor deze rapportage nemen wij daarom een gemiddelde grondwaterstand aan van 0,95 m -mv.

2.9 Belasting- en ondersteuningshoek

Conform NEN3650-1:2020 paragraaf C.4.1.3 bedraagt voor een HDD de:

- belastingfactor voor trekkracht : 1,8;
- belastinghoek : 30°;
- ondersteuningshoek : 30°.

2.10 Importantiefactor

Voor de HDD is conform paragraaf 6.5 van NEN 3651 een importantiefactor van 1,0 gehanteerd.

2.11 Geotechnische parameters

De geotechnische gegevens en parameters gebruikt zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek. De ID-nummers, dieptes en de afstanden tot het boortracé van de gebruikte boringen en sonderingen staan in Tabel 2-1. De volledige boringen en sonderingen staan in bijlage 2 van deze rapportage. Op basis van dit grondonderzoek heeft Sweco een maatgevend bodemprofiel langs het geplande boortracé opgesteld. Dit bodemprofiel is gecontroleerd met behulp van het 3-D ondergrondmodel GeoTOP. Dit is een model van de grondlagen in de Nederlandse ondiepe ondergrond, opgesteld door de Geologische Dienst Nederland, onderdeel van TNO.

Tabel 2-1 Overzicht van het gebruikte grondonderzoek.

ID-nummer	Type	Diepte [NAP m]	Afstand tot boortrace [m]
B49F1150	Boring	-1	190
B49F1155	Boring	1	270

Op minder dan 0,5 km afstand van het geplande boortracé zijn alleen boringen en geen sonderingen beschikbaar. TenneT laat momenteel specifiek grondonderzoek voor de HDD's uitvoeren zodat dit beschikbaar is voor de aannemer die de HDD's realiseert. De twee beschikbare boringen geven de bovenkant van de vaste zandlaag weer op circa -8,5 m NAP van het geplande boortracé. Deze boringen laten zien dat boven deze zandlaag de grond bestaat uit zandige klei. Gezien het zeer kleine aantal boringen kan niet met zekerheid vastgesteld worden of de relatief slappe zandige klei over het gehele tracé voorkomt. Hieruit kunnen we concluderen dat aanvullend grondonderzoek noodzakelijk is om een grondprofiel met grotere nauwkeurigheid vast te stellen. Om veiligheidsmarge in de berekening in te bouwen, is de relatief slappe zandige klei over het gehele boortracé aangehouden.

Tabel 2-1 Grondparameters gebruikt in de berekening.

Niveau bovenkant [m t.o.v. NAP]	Niveau onderkant [m t.o.v. NAP]	Lithologie	γ_d [kN/m ³]	γ_n [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Su top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
1,3	8,5	Zand, sterk siltig, kleiig	18	20	0,0	25,0	0,0	15000
-8,5	-14,0	Zand, schoon, los	17	19	0,0	30,0	0,0	15000
-14,0	-30,0	Zand, schoon, vast	19	21	0,0	35,0	0,0	75000

2.12 Boortechnische gegevens

De boortechnische parameters voor het ontwerp en de muddrukberendingen zijn betrokken uit het Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50),

NEN 3650:2020 en NEN 3651:2020. De voor de berekeningen gehanteerde waarden zijn terug te vinden in de invoer van de muddrukberendingen in bijlage 3.

2.13 Verkeersbelasting

Ter plaatse van de kruising met de op- en afrit van de A17 en de A17 zelf is verkeersklasse I gehanteerd conform figuur C17 uit NEN3650-1:2020.

2.14 Boogstralen

Het beleid van TenneT is dat HDD's met een gyroscoop geboord worden. De minimaal mogelijke boogstraal van een gyroscoop bedraagt volgens leverancier Brownline 180 m.

In dit ontwerp is sprake van horizontale bochten van 350 en 355 m, verticale bochten van 350 en 355 m en gecombineerde bochten met een boogstraal van 203 en 204 m. De boogstralen voldoen hiermee aan de minimaal vereiste straal van 180 m voor de gyroscoop.

Met de toepassing van een gyroscoop kan tijdens de pilotboring worden bijgestuurd om afwijkingen te compenseren. Het boren met gyroscoop zorgt er daarom voor dat de afwijkingstolerantie bij de uitvoering van de HDD's binnen de afwijkingstolerantie blijven zoals benoemd in tabel 2.1 uit de Richtlijn Boortechnieken.

Tabel 2-2 afwijkingstoleranties HDD

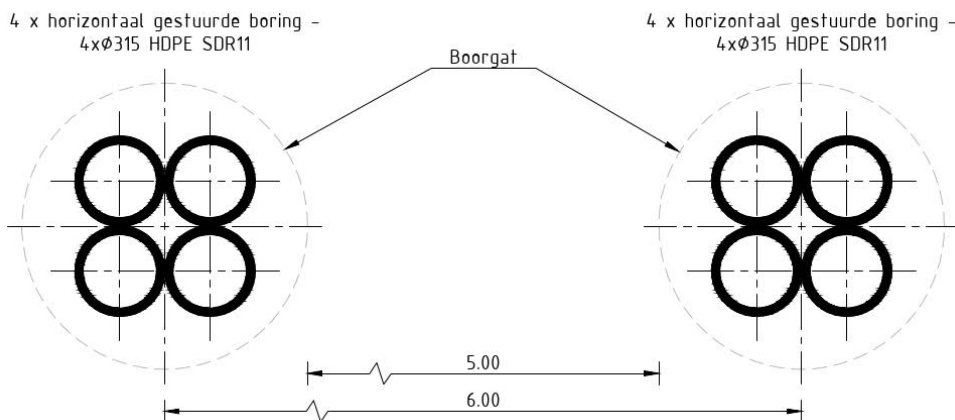
RICHTING	MAXIMALE UITVOERINGS-AFWIJKING
Verticaal*	+1/-1 m
Horizontaal:	
- in lengterichting; t.p.v. uittredepunt	+5/-2 m
- in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt	+1/-1 m
- in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	+5/-5 m
Bochtstralen	< 10%

3. Ontwerp

3.1 Gegevens HDD

Het ontwerp van de twee HDD's heeft de volgende kenmerkende parameters:

- materiaal: 4x PE 100 Ø315 mm SDR 11;
- lengte: 425 m;
- maximale diepte hart buis: NAP -22,0 m;
- intredehoek: 18°;
- uittredehoek: 22,5°;
- verticale boogstralen: 250 m;
- horizontale boogstralen: 350 en 355 m.
- gecombineerde boogstralen: 203 en 204 m.



Figuur 3 Doorsnede van de 2 HDD's

Aan de hand van NEN 3650 en NEN 3651 en de Richtlijn Boortechneik is een ontwerp gemaakt voor de HDD's. De voornaamste randvoorwaarden voor het ontwerp zijn:

- De HDD dient een zodanig tracé te volgen dat er voldoende dekking aanwezig is in het gehele tracé om een blow-out te voorkomen;
- De kruising van een HDD-boring met de rijksweg dient in principe loodrecht op de lengterichting van de rijksweg uitgevoerd te worden. Deze boring is niet loodrecht en hiervoor dient toestemming te worden verkregen van Rijkswaterstaat. TenneT heeft het tracé op voorhand met Rijkswaterstaat besproken en afgestemd dat deze afwijking acceptabel is aangezien de boorlijn wel de hoofdrichting van de bestaande infrastructuur volgt;

- De sterkte van de leiding dient zodanig te zijn dat deze intact blijft gedurende de aanleg en in de bedrijfsfase;
- De afstandseisen zoals benoemd in paragraaf 2.3, 2,4 en 2,5.

3.2 Boorparameters

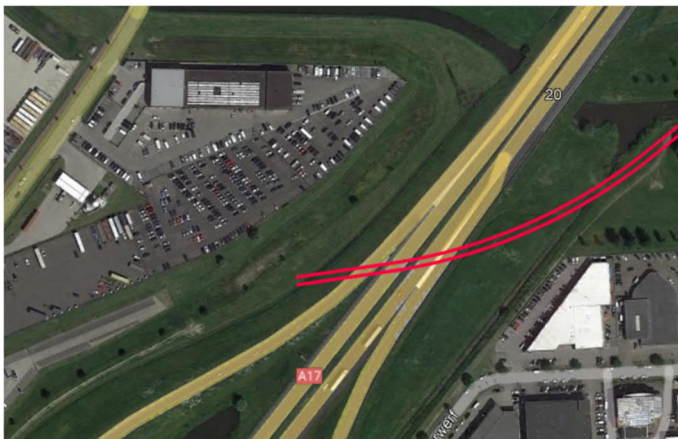
Bij de berekeningen zijn de volgende boorparameters aangehouden:

- boorinstallatie : maxi-rig 80 ton;
- diameter boorstang : 0,17 m;
- volumegewicht bentoniet : 11,5 kN/m³;
- gewicht drillrig : circa 18.000 kg (18 ton);
- diameter pilothole : Ø300 mm;
- ruimgat : Ø500 mm;
- boorgat : Ø1000 mm.

3.3 Intredepunt

Het intredepunt ligt aan zuidzijde van het tracé nabij de watergang langs de berm van de A17 (zie figuur 4). Om de boring te kunnen opstellen dient de watergang/wadi tijdelijk gedempt te worden.

Op een afstand van circa 7 m achter het intredepunt ligt een gasleiding van DOW Benelux. De boorinstallatie komt deels boven de leiding van DOW Benelux te staan. In overleg met DOW Benelux moet worden overlegd welke maatregelen nodig zijn. Het intredepunt verplaatsen voorbij de DOW-leiding is niet mogelijk omdat nog een moflocatie geplaatst moet worden tussen HDD8.2 en 8.3.



Figuur 4 Intredepunt BW HDD8.3

3.4 Uittredepunt en uitlegstrook

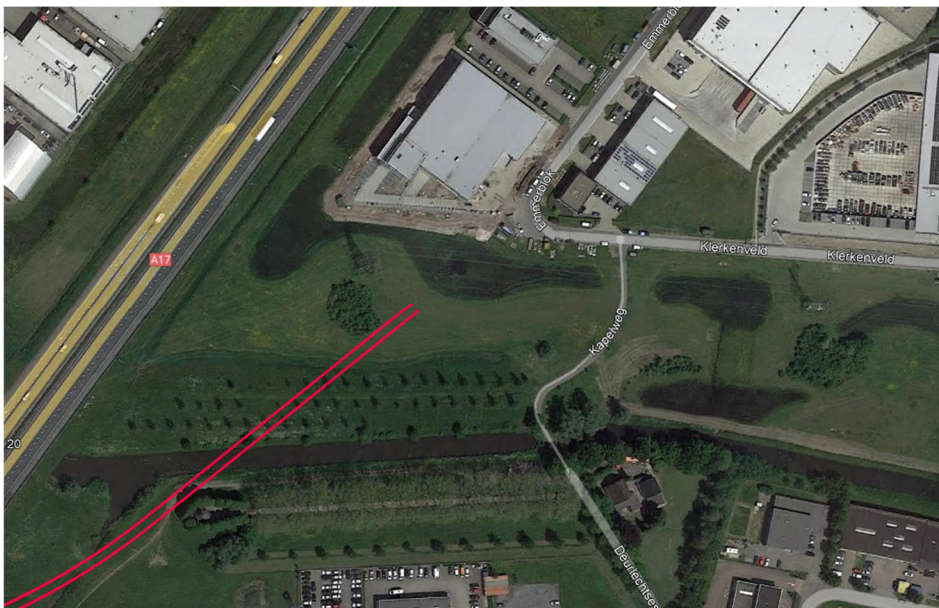
Het uittredepunt ligt aan de noordzijde van het tracé nabij hoogspanningsmast RSD-WDT-150-11 van TenneT (zie figuur 5). Hier dient rekening te worden gehouden met werken onder of nabij de hoogspanningsroute. De locatie is bereikbaar via het bedrijventerrein aan de Klerkenveld.

De HDD's hebben een uittredehoek van 22,5°, om een veilige afstand van 5,0 m te kunnen houden tot de afvalwaterpersleiding Ø1.500 mm van Waterschap Brabantse Delta. Op circa 4,6 m van het uittredepunt ligt een HDD-bundel van TenneT.

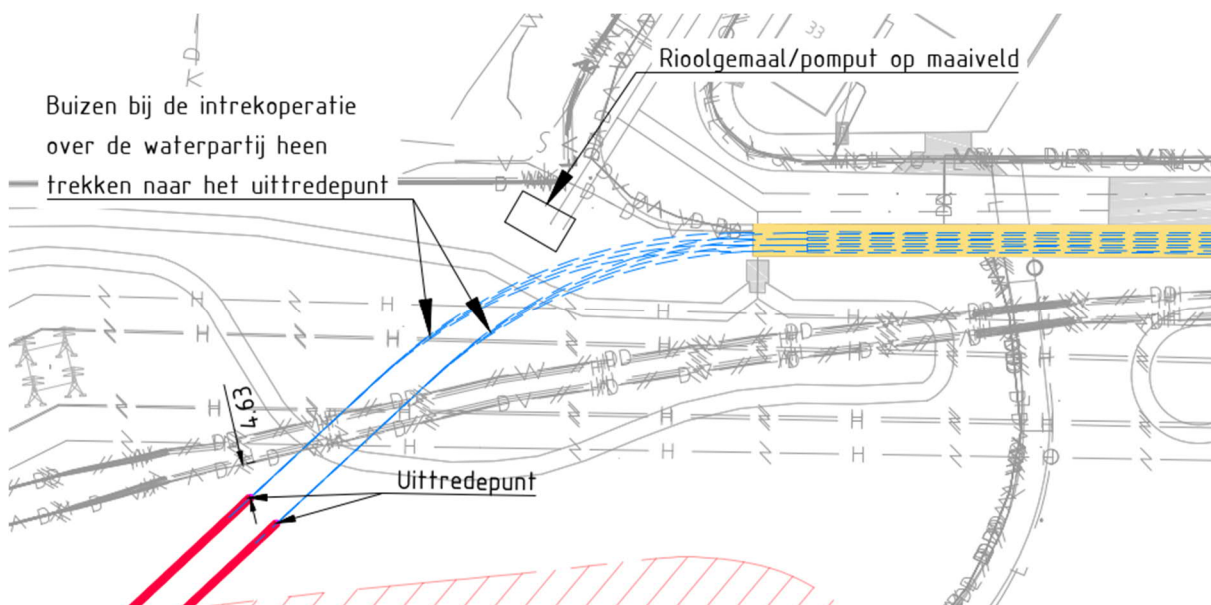
In de as-built tekening van de HDD-bundel is zichtbaar dat het intredepunt van de HDD-bundel nabij het uittredepunt van de nieuwe HDD's ligt. Hieruit maken

wij op dat de bundel hier niet diep onder de grond ligt maar circa 1-2 m onder het maaiveld.

De uitlegstrook ligt in de berm van Klerkenveld. In de berm zijn diverse bovengrondse obstakels aanwezig die gehandhaafd moeten blijven, zoals lantaarnpalen en een elektriciteitskast. Om de mantelbuizen te kunnen intrekken, dienen deze bij de intrekoperatie door de waterpartij achter het uittredepunt te worden geleid, onderdoor de mastenroute (zie figuur 6). De Kapelweg dient tijdelijk te worden afgesloten tijdens de intrekoperatie. Door ten oosten hiervan een lasopstelling te maken hoeft deze tijdens het assembleren van de mantelbuizen niet afgesloten te worden.



Figuur 5 Uittredepunt BW HDD8.3



Figuur 6 Uitlegstrook BW HDD8.3

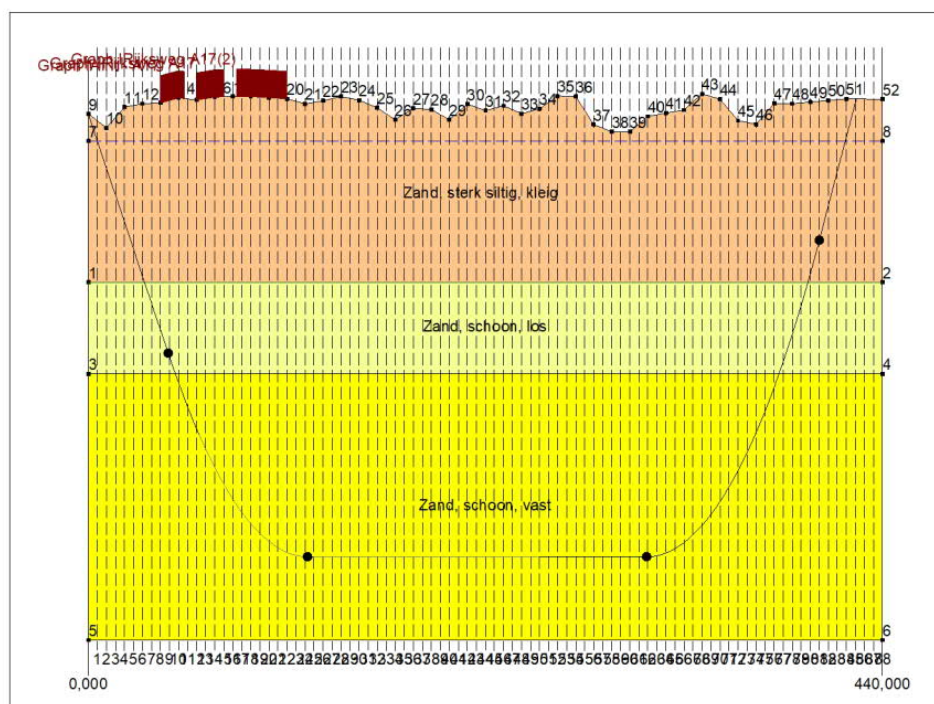
4. Berekeningsresultaten

De volgende berekeningen zijn voor de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd:

- een trekkrachtberekening;
- een sterkteberekening voor de bedrijfsfase;
- een muddrukberekening;
- een implosieberekening;
- een kwelwegbeschouwing.

Er is één berekening, dus maar één profiel, opgesteld voor beide HDD's. Uitgangspunt is dat de verschillen tussen de profielen van de twee HDD's verwaarloosbaar klein zijn.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd als bijlage 3. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



Figuur 7 D-Geo Pipeline-model van HDD's BW HDD8.3

4.1 Trekkkrachtberekening

De berekende maximale trekkracht bedraagt $336 \cdot 1,8 = 605$ kN bij niet-gevulde gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van $6,54$ N/mm² aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is 10 N/mm².

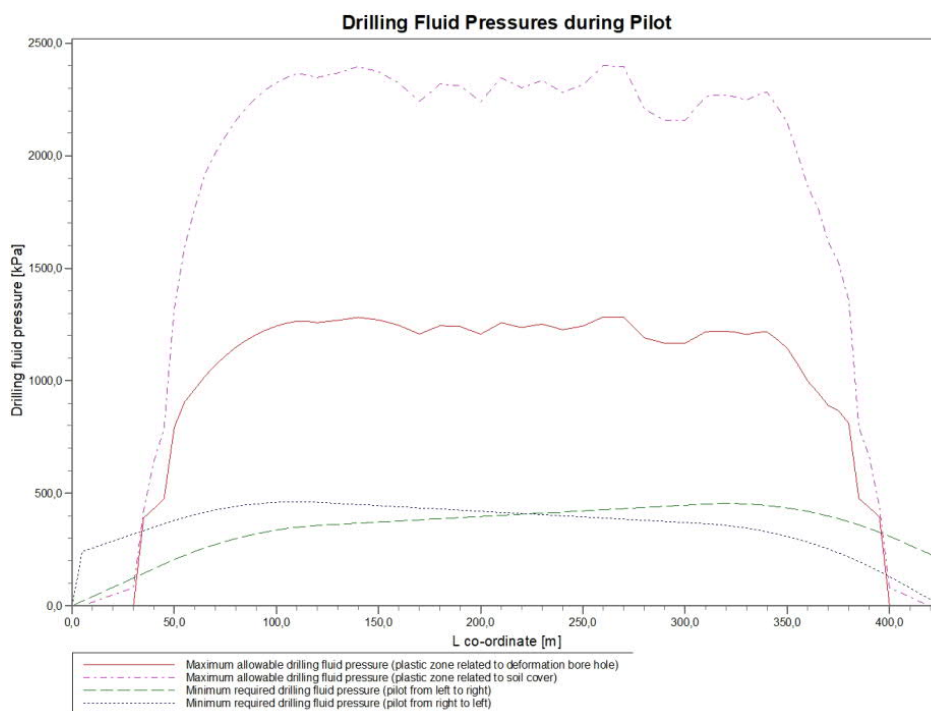
4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase

Voor de mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van $5,33$ N/mm². Toelaatbaar is 8 N/mm² waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van $10,8$ mm ($3,59\% \times D_0$) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van $15,80$ mm (5%).

4.3 Muddrukberekening

Bij de geplande diepteligging van de HDD's bestaat tijdens de pilotboring, getuige de berekeningsresultaten, de kans op muduitbraak in de laatste 35 m van het tracé. Geadviseerd wordt bij nadering van het uittredepunt, bij met name de voor muduitbraak maatgevende pilotboring, de druk op de boorspoeling te verminderen. Bij het ruimen en de intrekoperatie wordt geen blow-out berekend.



Figuur 8 Muddrukberekening tijdens pilot fase

4.4 Implosie

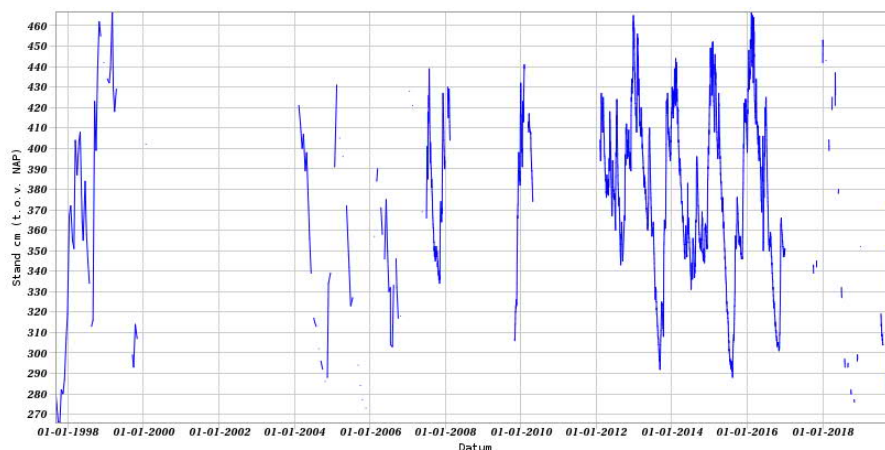
Zowel tijdens de intrekoperatie als de bedrijfstoestand blijkt uit de berekeningen dat geen implosie optreedt. De berekende alzijdige overdruk op lege leiding bedraagt circa 260 kN/m², terwijl 280 kN/m² toelaatbaar is.

4.5 Kwelweg

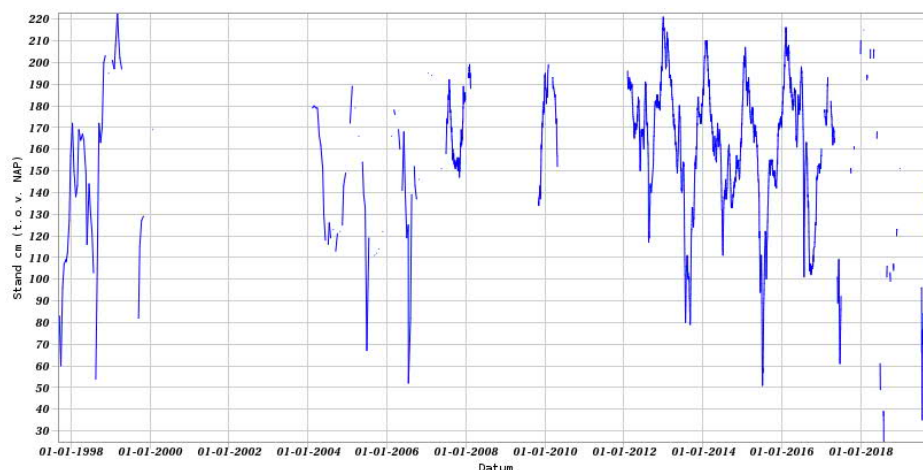
Langs een HDD kan op twee wijzen kwel ontstaan. Ten eerste kan kwel ontstaan indien sprake is van overspannen water in de diepere grondlagen. In dat geval is de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket hoger dan de freatische waterstand. Ten tweede kan kwel ontstaan indien een HDD twee verschillende peilgebieden verbindt. Hierdoor kan een kortsluitstroom langs de HDD ontstaan. In onderstaande paragraaf zijn beide situaties beschouwd.

4.5.1 Kwel uit het eerste watervoerende pakket

Hieronder zijn de meetgegevens uit DINOloket van peilbuis B49F0434 weergegeven. Deze peilbuis ligt op circa 1 km afstand van het boortracé. Te zien is dat de freatische grondwaterstand B49F0434-hoger ligt dan de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket B49F0434-002. Hierdoor valt geen kwel uit de diepere grondlagen naar boven te verwachten.



Figuur 9 Freatische grondwaterstand B30H0125-001 uit Dinoloket, filter op NAP -0,7 m



Figuur 10 Grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket, B30H0125-002 uit Dinoloket, filter op NAP -11,7 m

4.5.2 Kwel tussen de peilgebieden

Het waterschap Brabantse Delta heeft in dit gebied geen peilbesluit vastgesteld. Dit komt omdat dit gebied is gedefinieerd als 'vrij afwaterende gebieden'. In die gebieden kan het waterschap geen extra water aanvoeren, waardoor het meest optimale peil kan zakken. Een gegarandeerd waterpeil is dus in principe niet mogelijk in deze gebieden.

4.5.3 Kwelmaatregelen

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket is op deze locatie lager dan de laagste gemiddelde grondwaterstand. Op basis van deze peilbuis valt geen kwel te verwachten. Aangezien waterschap Brabantse Delta geen peilbesluit heeft vastgesteld is het niet duidelijk of kwel optreedt.

5. Risico's en aandachtspunten

De aannemer dient met de volgende specifieke risico's en aandachtspunten rekening te houden:

- Werken nabij hoogspanningsmasten van TenneT nabij de uitredepunten en de uitlegstrook;
- Op een afstand van circa 7 m achter het intredepunt ligt een gasleiding van DOW Benelux. De boorinstallatie komt deels boven de leiding van DOW Benelux te staan. In overleg met DOW Benelux moet worden overlegd welke maatregelen nodig zijn;
- Het boortracé ligt langs het rijksmonument De Kapelberg. Het risico bestaat dat door de HDD's zettingen optreden en het monument beschadigd raakt. Daarom dienen vooraf de eventuele zettingen in kaart gebracht te worden en met de beheerder afgestemd te worden welke beheersmaatregelen hier nodig zijn;
- Op circa 27 m voor het uitredepunt van de HDD's ligt een 1500 mm persleiding van Waterschap Brabantse Delta. De ruimte voor de uitredepunten is hier beperkt. Beheersmaatregelen zijn het organiseren van een overleg met de leidingbeheerder van het waterschap, het opvragen van de As Built tekeningen en het uitvoeren van een proefsleuf en het inmeten van de leiding voordat de HDD's worden aangebracht;
- De HDD's kruisen zowel de rijksweg en de waterkering niet loodrecht. De betreffende bevoegde gezagen dienen daarom om ontheffing gevraagd te worden;
- Uitlegstrook: de mantelbuizen worden uitgelegd aan de noordzijde in de berm van de Klerkenveld. Hierbij dient rekening te worden gehouden met bovengrondse objecten als een gemaal, elektriciteitskast en een watergang. Om de buis te kunnen intrekken dient de Kapelweg tijdelijk afgesloten te worden en de mantelbuizen over een vijver geleid worden;
- Om de werkterreinen te betreden zullen bouwinritten nodig zijn en de aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente te bespreken;
- Spiegellassen aanbrengen conform NEN7200;
- Bij het spiegellassen van de leidingdelen dienen alle inwendige lasrillen verwijderd te worden; in overleg met de toezichthouder moeten de verwijderde lasrillen aangetoond kunnen worden;
- TenneT schrijft het gebruik van een gyroscoop als plaatsbepalingssysteem tijdens de pilotboring voor;
- Afwijking van de boorlijn heeft consequenties voor de daarna volgende HDD. De aannemer dient daarom na de pilotboring te controleren of de volgende HDD nog aangepast moeten worden. Ook dient de aannemer rekening te houden met de volgorde van uitvoeren in verband met

afstanden tot obstakels, zoals andere kabels en leidingen en het rijksmonument.

6. Conclusie

6.1 Algemeen

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuidwest-Oost ondergronds te verkabelen.

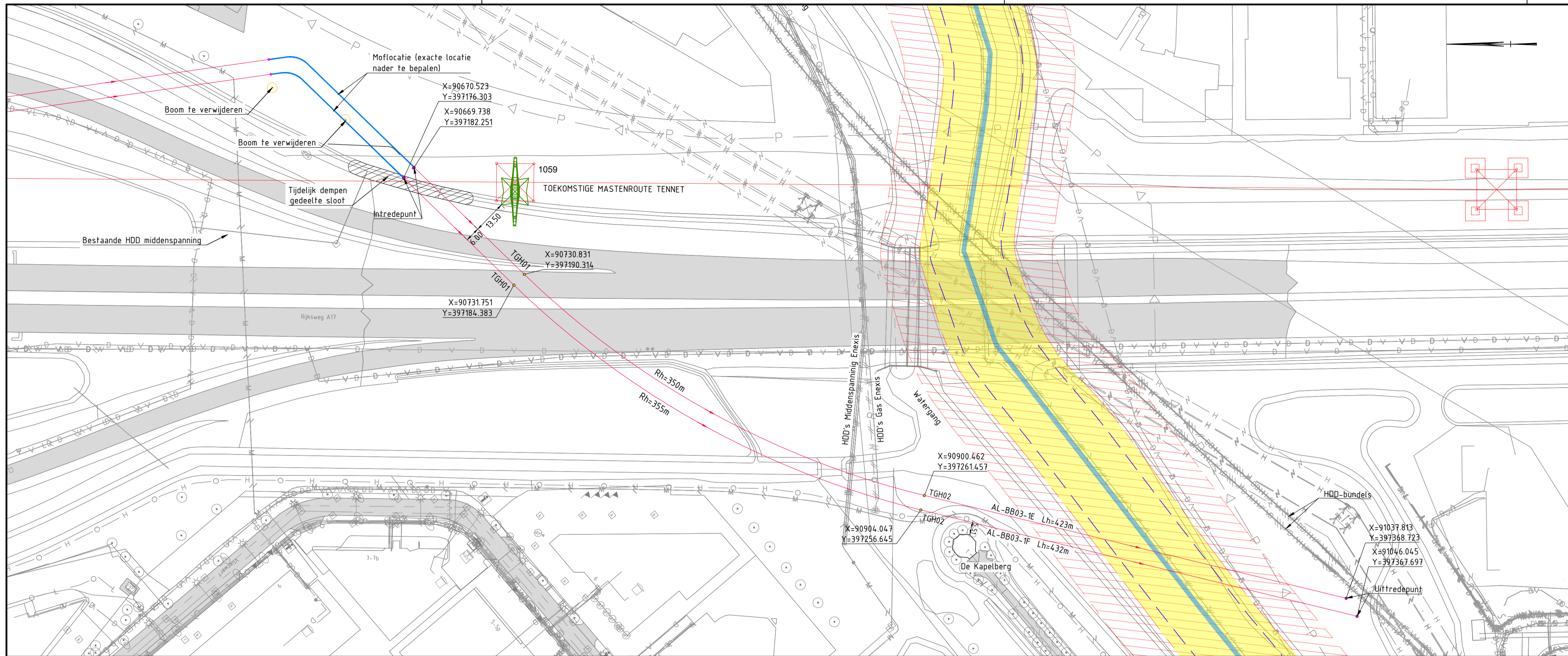
Dit rapport betreft de kruising met de snelweg A17 en de regionale waterkering in beheer bij waterschap Brabantse Delta. De kruising (met codering BW HDD8.3) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat en waterschap Brabantse Delta, waarbij het ontwerp en berekeningen moeten zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020, de Richtlijn Boortechnieken en de Keur van waterschap Brabantse Delta.

6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

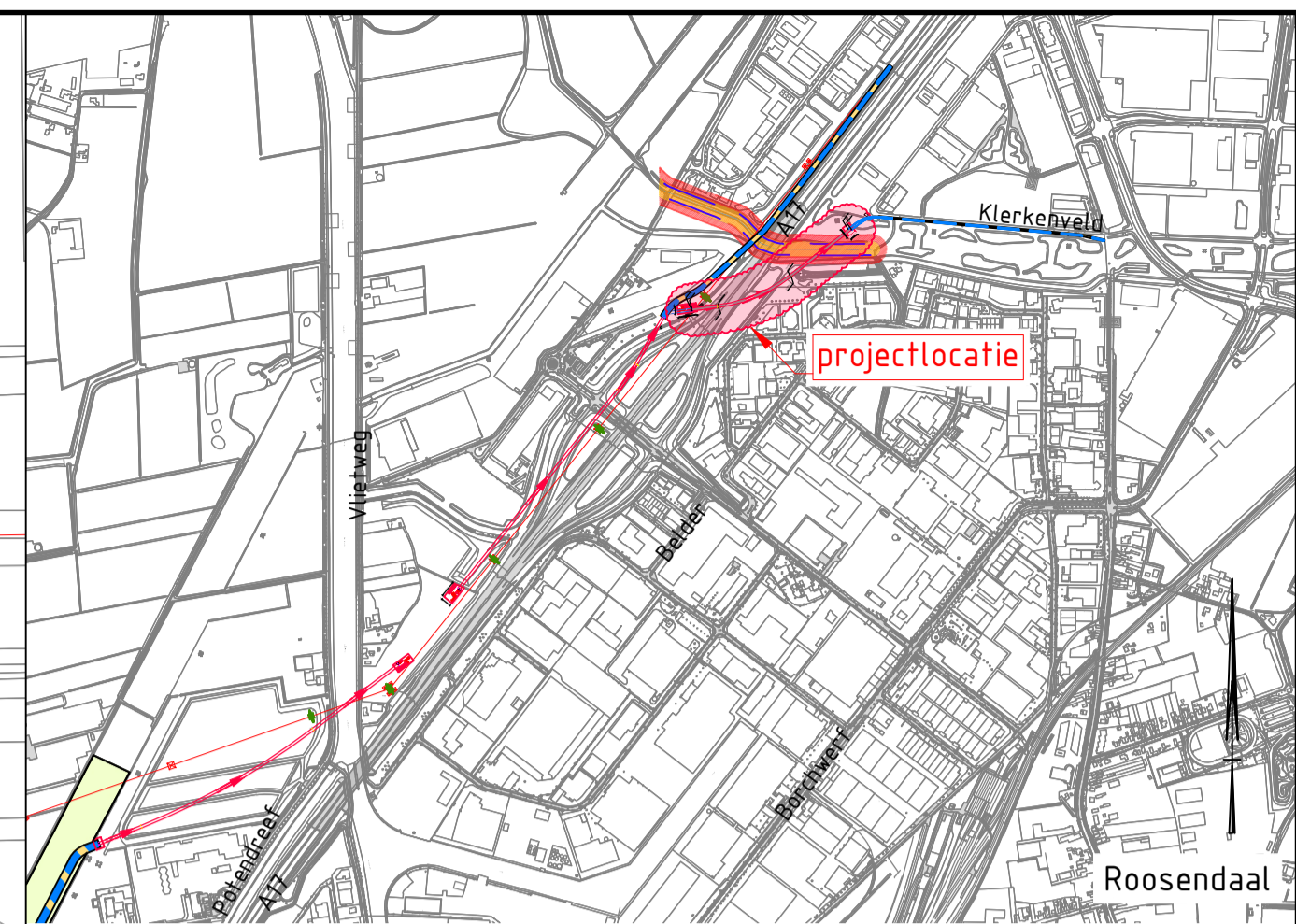
De HDD's, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee parallelle HDD's met 4x PE100 Ø315 mm SDR 11 voldoen aan de eisen.

Bijlage 1 – Ontwerptekening

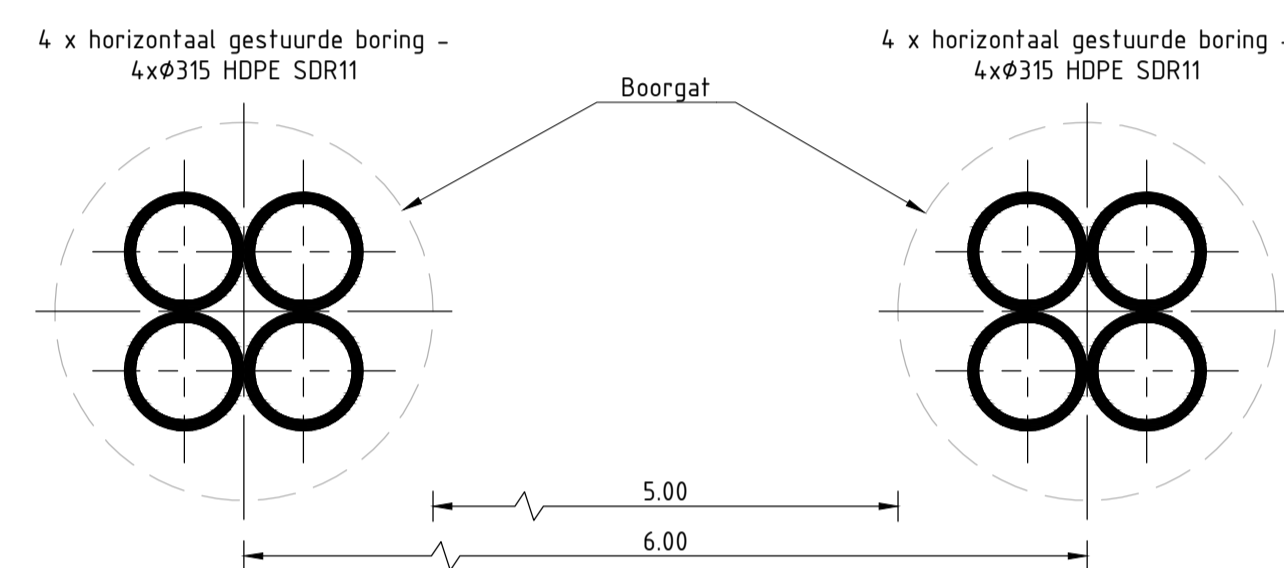


Bovenaanzicht schaal 1:1000



Overzicht
Schaal n.v.t.

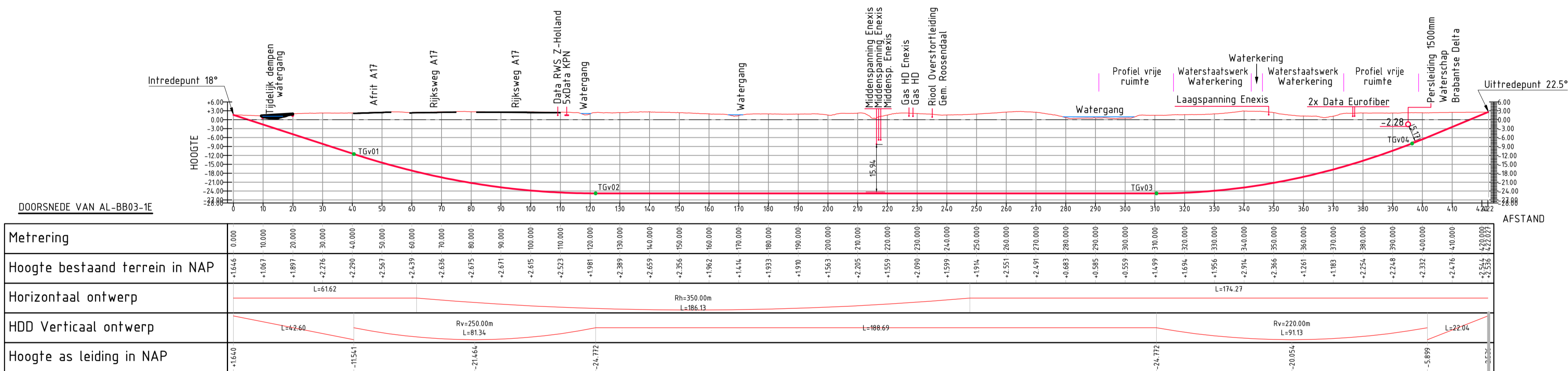
Horizontaal gestuurde boring -
4xø315 HDPE SDR11



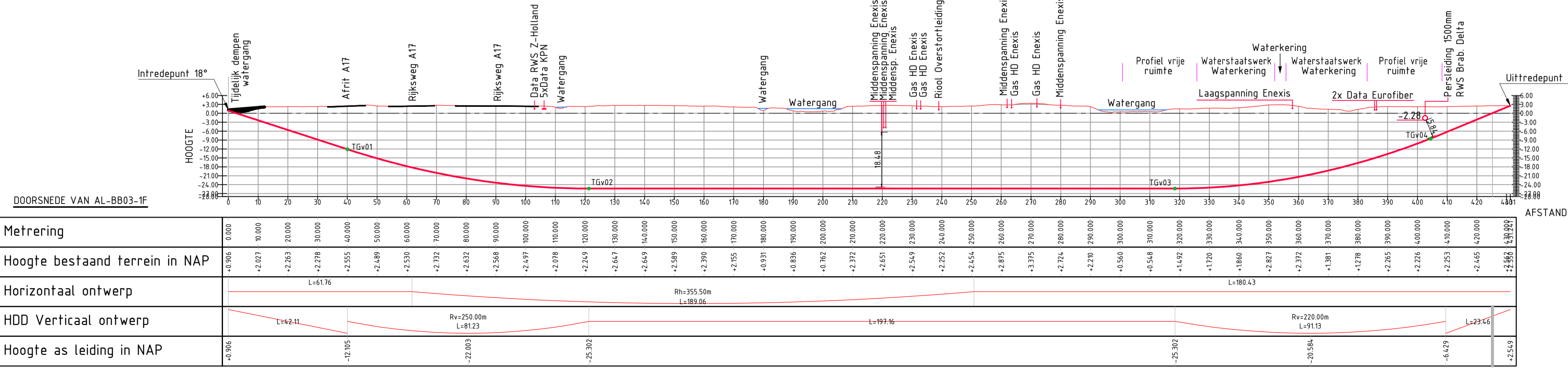
Principe doorsnede
Schaal 1:20

Legenda

- Kadastrale grens
 - Leiding gevaarlijke inhoud
 - Data transport
 - Landelijk hoogspanningsnet
 - Laagspanning
 - Gasleiding hoge druk
 - Gasleiding lage druk
 - Waterleiding
 - Drukriolering
 - Riolering vrijval
 - Horizontaal gestuurde boring (HDD)
 - Open ontgraving
 - PVC Open ontgraving
 - Verharding (asfalt)
 - Bestaande topo
 - Bebouwing
 - Locatie sondering met nummer
 - Verharding/wegen
- Vastgestelde legger:**
- Regionale waterkering
 - Teentlijn
 - Waterkering
 - Waterstaatswerk waterkering
 - Profiel vrije ruimte



Lengteprofiel van AL-BB03-1E: Schaal 1:1000

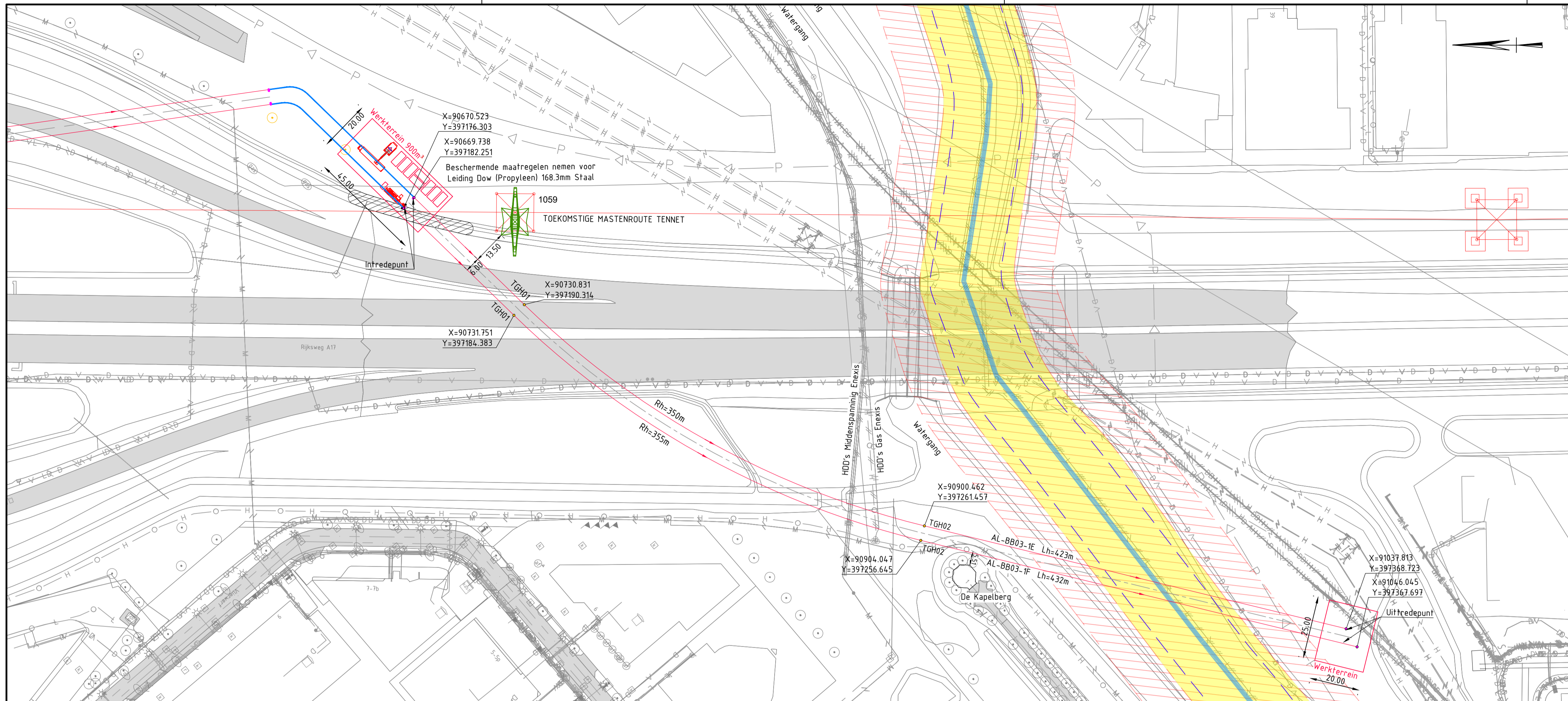


Lengteprofiel van AL-BB03-1F: Schaal 1:1000

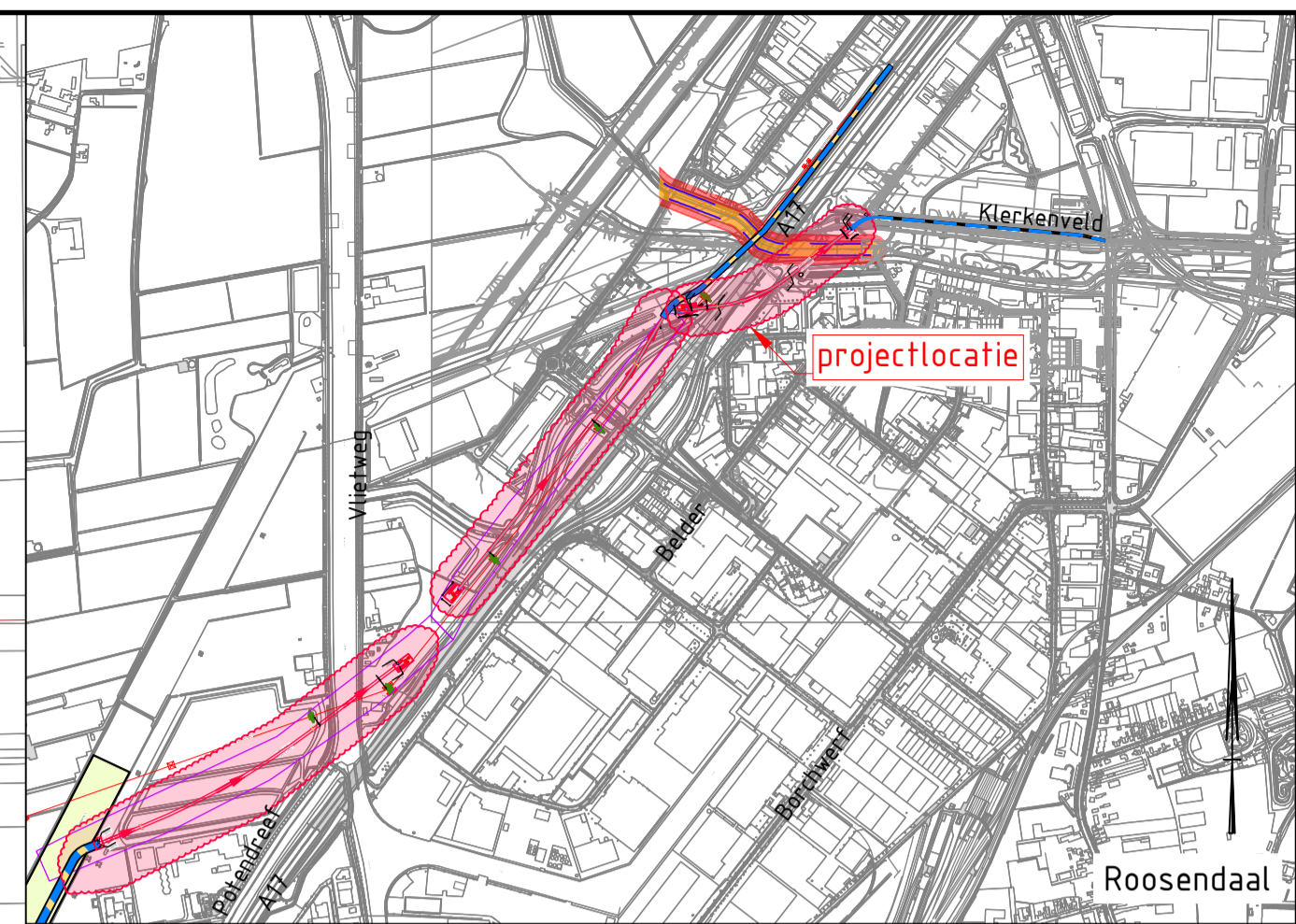
Vergunningstekening

E	T.b.v. Vergunningaanvraag	11-04-2022	BB	MJ	JD
C	Trace versie 8	11-08-2021	BB	MJ	JD
B	Locatie HDD's	15-07-2021	NJ	MJ	JD
A	Eerste uitgave	06-07-2021	NJ	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Ge.	Goedg.

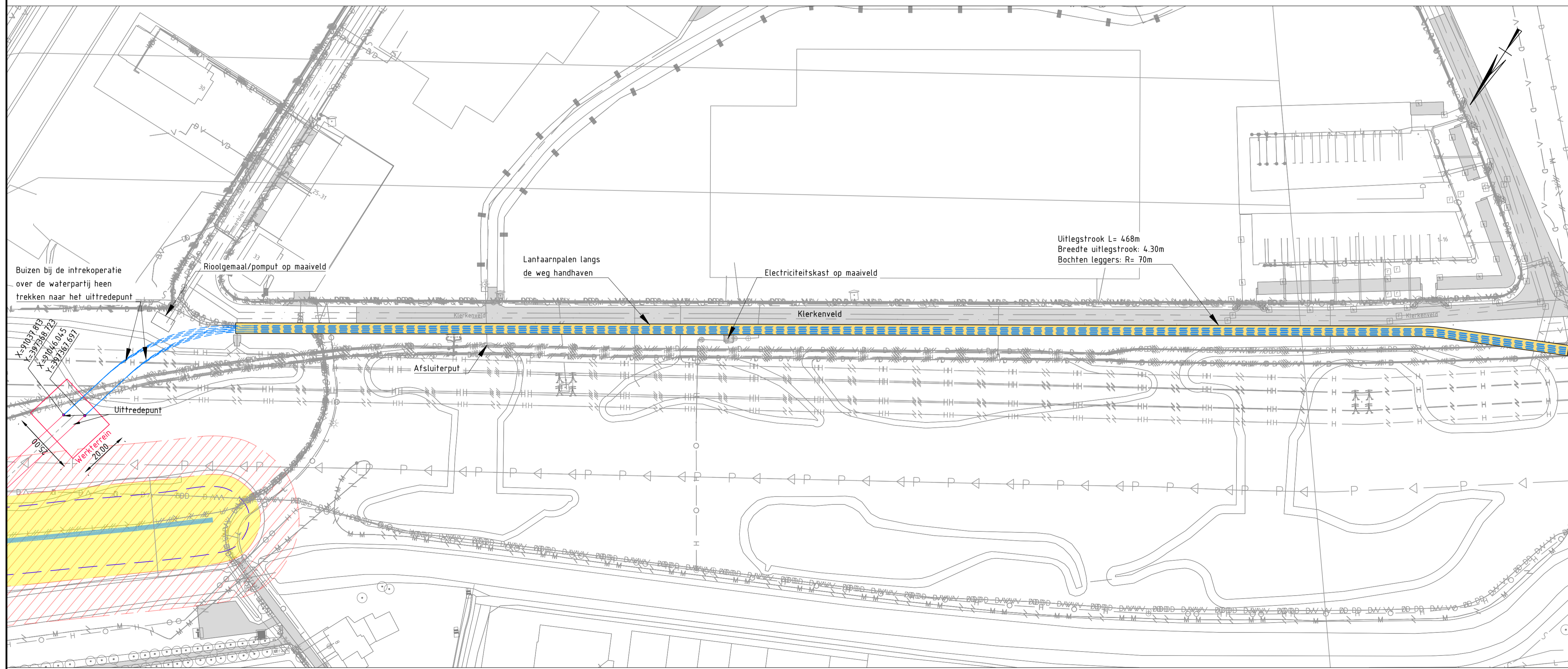
Ondertekener					
TenneT TSO B.V.					
Project HDD's 150 kV ZWO					
Onderdeel BW-HDD8.3 Borchwerf kruising A17					
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer
368722	BW-HDD8.3	E	11-04-2022	Definitief ontwerp	
Bld	Van	Schaal	Format	Kartoor	Get.
1	2	Zie tekening	A1	De Blit	BB MJ JD



Bovenaanzicht schaal 1:1000



Overzicht
Schaal n.v.t.



Uitlegstrook Schaal 1:1000

Legenda

- K + + — K + + — Kadastrale grens
 - Leiding gevaarlijke inhoud
 - V — D — Datatransport
 - Landelijk hoogspanningsnet
 - Laagspanning
 - Middenspanning
 - Gasleiding hoge druk
 - Gasleiding lage druk
 - Waterleiding
 - Drukriolering
 - Riolering vrijverval
 - Horizontaal gestuurde boring (HDD)
 - PVC Open ontgraving
 - Uitlegstrook
 - Verharding (asfalt)
 - Bestaande topo
 - Bebouwing
 - 16 Locatie sondering met nummer
 - Leidingstrook
 - Verharding/wegen
- Vastgestelde legger:**
- Regionale waterkering
 - Teenlijn
 - Waterkering
 - Open ontgraving
 - Waterstaatswerk waterkering
 - Profiel vrije ruimte

Vergunningstekening

E	T.b.v. Vergunningaanvraag	11-04-2022	BB	MJ	JD
C	Trace versie 8	11-08-2021	BB	MJ	JD
B	Locatie HDD's	15-07-2021	NJ	MJ	JD
A	Eerste uitgave	06-07-2021	NJ	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Ge.	Goedg.

Ondachtgever
TenneT TSO B.V.

Project
HDD's 150 kv ZWO

Onderdeel
BW-HDD8.3
Borchwerf kruising A17 Uitlegstrook

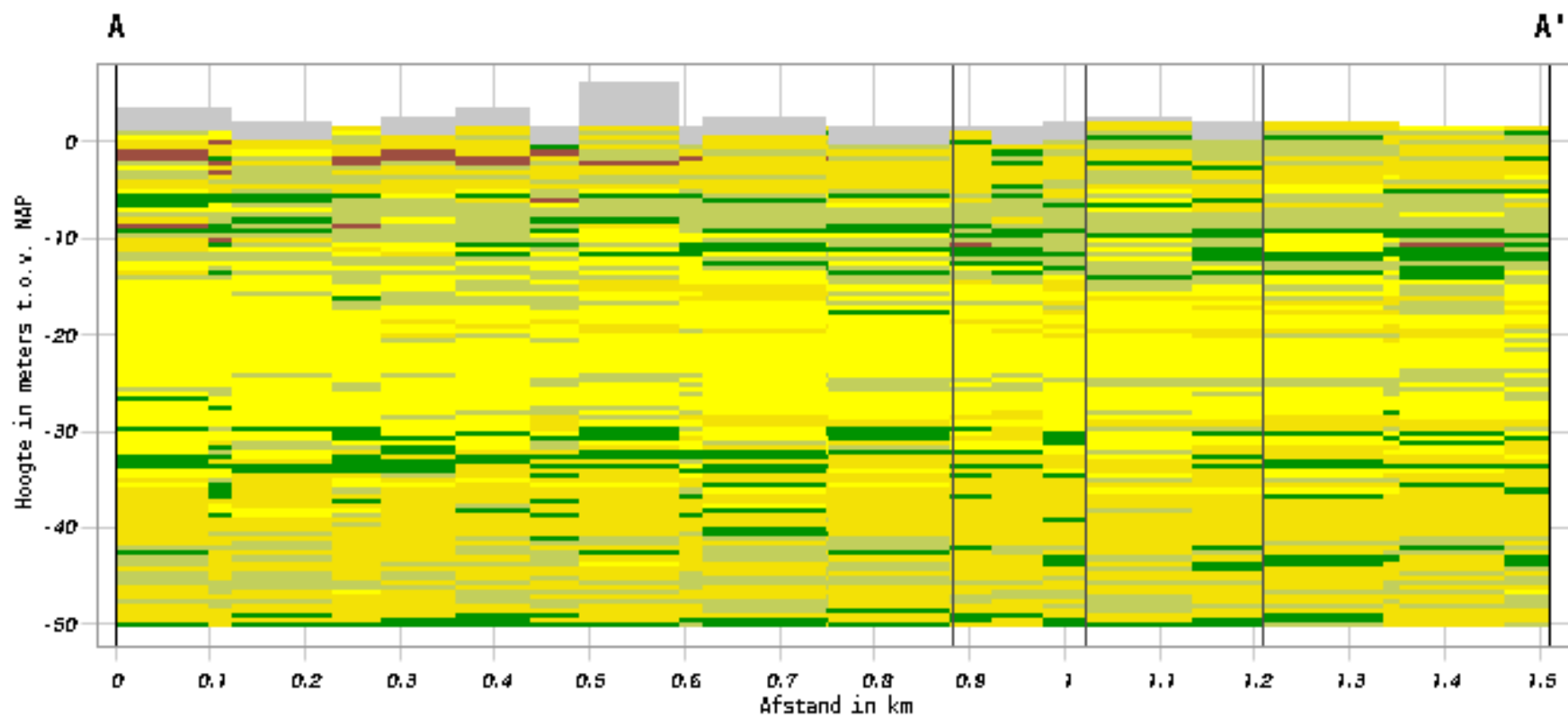
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer
368722	BW-HDD8.1	E	11-04-2022	Definitief ontwerp	
Blad	Schaal	Format	Kantoor	Get.	Ge.
2	2	Zie tekening	De Blit	BB	MJ
					JD

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

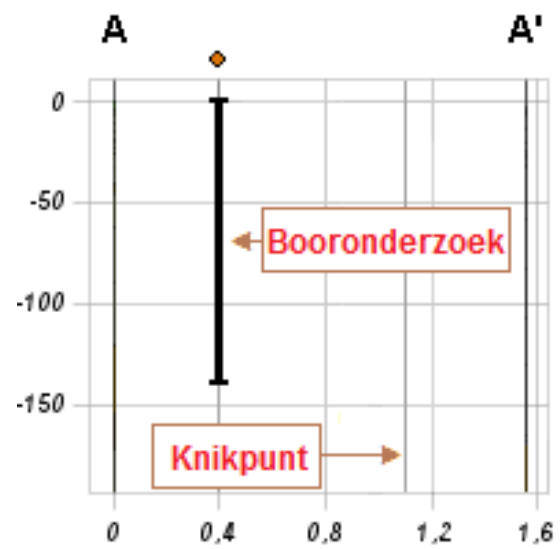
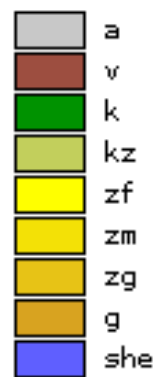
Boringen BRO (tot 300 m afstand van trace)



Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4



Lithoklasse



Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline

Report for D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Date of report: 12-4-2022
Time of report: 10:54:52
Report with version: 20.1.2.31161
Calculated with version: 20.1.2.31161

File name: BW HDD8.3 berekening

1 Table of Contents

1	Table of Contents	2
2	Messages	4
2.1	Calculation Warnings	4
3	Input Data	5
3.1	Model Used	5
3.2	Layer Boundaries	5
3.3	PI-lines	5
3.4	Phreatic Line	5
3.5	Soil Profiles	5
3.6	Selected Boundaries	5
3.7	Soil Material Data	5
3.8	Geometry	6
3.8.1	Geometry Section, Detailed	6
3.8.2	Geometry Top View	7
3.9	Calculation Verticals	7
3.10	Traffic Load	8
3.11	Configuration of the Pipeline	9
3.12	Product Pipe Material Data	9
3.13	Pipe Engineering Data	10
3.14	Drilling Fluid Data	11
3.15	Factors	11
3.16	Calculation Options	11
4	Drilling Fluid Pressures	12
4.1	Drilling Fluid Data	12
4.2	Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	16
4.3	Drilling Fluid Pressure Plots	18
4.3.1	Drilling Fluid Pressures during Pilot	18
4.3.2	Drilling Fluid Pressures during Prereaming	18
4.3.3	Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	19
5	Soil Mechanical Data	20
5.1	Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1	20
5.2	Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2	23
5.3	Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3	26
5.4	Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4	29
5.5	Young's Modulus per Layer per Vertical	32
6	Data for Stress Analysis	36
6.1	General Data	36
6.2	Buoyancy Control	36
6.3	Calculation Pulling Force	36
7	Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	38
7.1	Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1	38
7.2	Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	38
7.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	38
7.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	39
7.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	39
7.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	39
7.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	39
7.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1	40
7.4	Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1	40
8	Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	41
8.1	Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2	41
8.2	Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	41
8.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	41
8.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	42
8.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	42
8.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	42
8.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	42
8.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2	43
8.4	Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2	43
9	Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	45
9.1	Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3	45
9.2	Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	45
9.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	45
9.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	46

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	46
9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	46
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	46
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3	47
9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3	47
10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	48
10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4	48
10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	48
10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	48
10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	49
10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	49
10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	49
10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	49
10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4	50
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4	50

2 Messages

2.1 Calculation Warnings

One or more layers above the border between the top undrained and underlying drained layers have a Su-value of 0.

3 Input Data

3.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

3.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
3 - L -	0,000	10,000	20,000	30,000	40,000
3 - Z -	1,620	0,793	2,034	2,247	2,292
3 - L -	50,000	60,000	70,000	80,000	90,000
3 - Z -	2,591	2,463	2,638	2,684	2,669
3 - L -	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000
3 - Z -	2,605	2,539	2,236	2,418	2,669
3 - L -	150,000	160,000	170,000	180,000	190,000
3 - Z -	2,458	2,003	1,286	1,967	1,901
3 - L -	200,000	210,000	220,000	230,000	240,000
3 - Z -	1,274	2,218	1,832	2,116	1,643
3 - L -	250,000	260,000	270,000	280,000	290,000
3 - Z -	1,946	2,703	2,669	0,996	0,554
3 - L -	300,000	310,000	320,000	330,000	340,000
3 - Z -	0,551	1,477	1,677	1,868	2,831
3 - L -	350,000	360,000	370,000	380,000	390,000
3 - Z -	2,513	1,220	1,006	2,267	2,250
3 - L -	400,000	410,000	420,000	440,000	
3 - Z -	2,338	2,444	2,531	2,516	
2 - L -	0,000	440,000			
2 - Z -	-8,500	-8,500			
1 - L -	0,000	440,000			
1 - Z -	-14,000	-14,000			
0 - L -	0,000	440,000			
0 - Z -	-30,000	-30,000			

3.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	0,000	440,000			
1 - Z -	1,000	1,000			

3.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

3.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
3	Zand, sterk siltig, kleig	1	1
2	Zand, schoon, los	1	1
1	Zand, schoon, vast	1	1

3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 2: Zand, schoon, los

The boundary between compressible top layers and underlying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 2: Zand, schoon, los

3.7 Soil Material Data

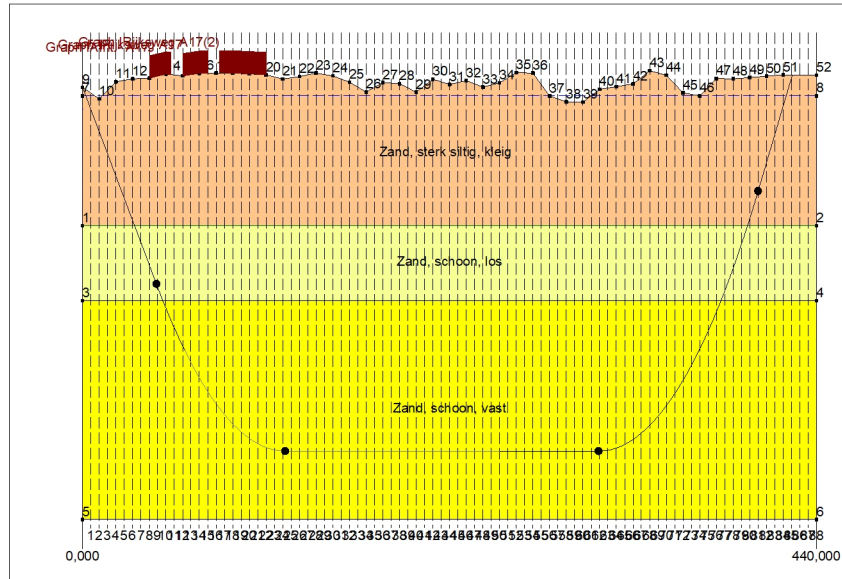
Name	Gamma unsat [kN/m³]	Gamma sat [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Phi [deg]	Su top [kN/m²]	Su bottom [kN/m²]
Zand, sterk siltig, kleig	18,00	20,00	0,00	25,00	0,00	0,00
Zand, schoon, los	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Zand, schoon, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod bottom [kN/m²]
Zand, sterk siltig, kleig	Clay	15000,00	-	-
Zand, schoon, los	Sand	15000,00	-	-
Zand, schoon, vast	Sand	75000,00	-	-

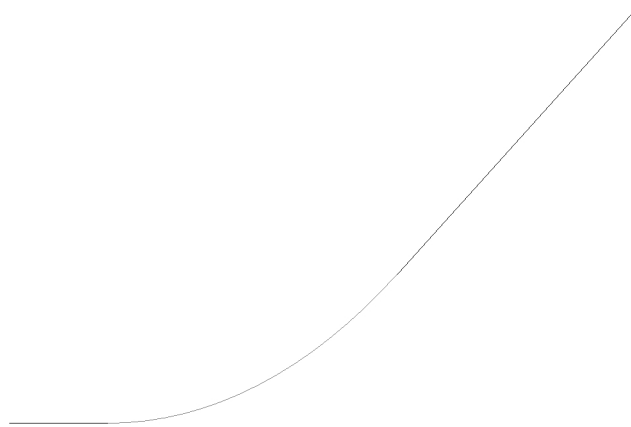
Name	Adhesion A [kN/m²]	Delta D [deg]	Nu [-]
Zand, sterk siltig, kleig	-	-	0,20
Zand, schoon, los	-	-	0,30
Zand, schoon, vast	-	-	0,30

3.8 Geometry

3.8.1 Geometry Section, Detailed



3.8.2 Geometry Top View



3.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	5,000	-0,005
2	10,000	-1,629
3	15,000	-3,254
4	20,000	-4,878
5	25,000	-6,503
6	30,000	-8,128
7	35,000	-9,752
8	40,000	-11,377
9	45,000	-13,000
10	50,000	-14,550
11	55,000	-15,987
12	60,000	-17,311
13	65,000	-18,526
14	70,000	-19,633
15	75,000	-20,633
16	80,000	-21,527
17	85,000	-22,318
18	90,000	-23,005
19	95,000	-23,589
20	100,000	-24,072
21	105,000	-24,453
22	110,000	-24,734
23	115,000	-24,915
24	120,000	-24,995
25	125,000	-25,000
26	130,000	-25,000
27	135,000	-25,000
28	140,000	-25,000
29	145,000	-25,000
30	150,000	-25,000
31	155,000	-25,000

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
32	160,000	-25,000
33	165,000	-25,000
34	170,000	-25,000
35	175,000	-25,000
36	180,000	-25,000
37	185,000	-25,000
38	190,000	-25,000
39	195,000	-25,000
40	200,000	-25,000
41	205,000	-25,000
42	210,000	-25,000
43	215,000	-25,000
44	220,000	-25,000
45	225,000	-25,000
46	230,000	-25,000
47	235,000	-25,000
48	240,000	-25,000
49	245,000	-25,000
50	250,000	-25,000
51	255,000	-25,000
52	260,000	-25,000
53	265,000	-25,000
54	270,000	-25,000
55	275,000	-25,000
56	280,000	-25,000
57	285,000	-25,000
58	290,000	-25,000
59	295,000	-25,000
60	300,000	-25,000
61	305,000	-25,000
62	310,000	-24,999
63	315,000	-24,936
64	320,000	-24,772
65	325,000	-24,508
66	330,000	-24,144
67	335,000	-23,678
68	340,000	-23,111
69	345,000	-22,442
70	350,000	-21,669
71	355,000	-20,792
72	360,000	-19,810
73	365,000	-18,722
74	370,000	-17,525
75	375,000	-16,219
76	380,000	-14,802
77	385,000	-13,272
78	390,000	-11,625
79	395,000	-9,861
80	400,000	-7,977
81	405,000	-5,968
82	410,000	-3,897
83	415,000	-1,826
84	420,000	0,245
85	425,000	2,316
86	430,000	n.a.
87	435,000	n.a.
88	440,000	n.a.

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

3.10 Traffic Load

Afrit - A17
L start

40,00 [m]

L end	53,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
Rijksweg A17		
L start	60,00	[m]
L end	75,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
Rijksweg A17(2)		
L start	82,00	[m]
L end	110,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	

3.11 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	0,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	1,620	[m]
X co-ordinate right point	392,600	[m]
Y co-ordinate right point	137,690	[m]
Z co-ordinate right point	2,527	[m]
Angle left	18,0000	[deg]
Angle right	22,5000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	500,000	[m]
Lowest level of pipe (center bore hole)	-25,000	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	1	

The pulling direction of the product pipe is from left to right.

Bending nr.	X1-coord. [m]	Y1-coord. [m]	X2-coord. [m]	Y2-coord. [m]	Bending radius [m]	Direction
1	61,760	0,000	242,030	49,100	356,000	right

3.12 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 2		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]

Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 3		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 4		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

3.13 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 ³]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m ²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

3.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,300	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,170	[m]
Outer diameter preream hole	0,500	[m]
Outer diameter drillpipe	0,170	[m]
Outer diameter bore hole	1,000	[m]
Outer diameter product pipe	0,630	[m]
Pump flow rate pilot	500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate pre-reaming	1000,0000	[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 (γ)	11,1	[kN/m ³]
Yieldpoint drilling fluid (τ)	0,014	[kN/m ²]
Plastic viscosity drilling fluid (μ)	0,000040	[kN.s/m ²]

3.15 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 S_u	1,40	[-]
Contingency factor on Φ	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 $q_{n;r}$ (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	10,00	[kN/m ³]
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	[-]

3.16 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

4 Drilling Fluid Pressures

4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	10	21	242
2	0	26	41	257
3	0	43	62	273
4	0	59	83	288
5	0	75	103	304
6	0	91	124	319
7	387	414	145	334
8	427	626	165	350
9	472	768	186	365
10	779	1284	206	380
11	890	1554	224	393
12	948	1724	242	405
13	1005	1877	258	416
14	1055	1970	272	426
15	1097	2047	286	434
16	1134	2114	299	442
17	1164	2169	310	448
18	1191	2217	320	453
19	1212	2255	329	457
20	1229	2285	337	460
21	1242	2308	344	462
22	1251	2323	349	462
23	1250	2319	354	462
24	1245	2307	357	460
25	1250	2318	360	458
26	1255	2328	362	455
27	1261	2342	365	453
28	1268	2356	367	450
29	1263	2345	370	448
30	1257	2333	372	445
31	1244	2307	375	443
32	1232	2281	377	440
33	1213	2241	380	438
34	1193	2200	382	435
35	1212	2239	385	433
36	1230	2277	387	430
37	1228	2274	390	428
38	1227	2270	392	425
39	1209	2234	395	423
40	1192	2199	397	420
41	1218	2252	400	418
42	1244	2306	402	415
43	1233	2284	405	413
44	1223	2262	407	410
45	1231	2278	410	408
46	1238	2294	412	405
47	1225	2267	415	403
48	1213	2241	417	400
49	1221	2258	420	398
50	1229	2275	422	395
51	1250	2318	425	393
52	1270	2360	427	390
53	1269	2358	430	388
54	1268	2356	432	385
55	1223	2262	435	383
56	1177	2167	437	380
57	1170	2153	440	378

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	1163	2139	442	375
59	1163	2139	445	373
60	1163	2139	447	370
61	1178	2169	450	368
62	1203	2222	452	365
63	1206	2229	454	362
64	1206	2229	455	358
65	1201	2221	454	352
66	1192	2206	453	346
67	1200	2228	450	338
68	1204	2243	446	329
69	1169	2178	441	319
70	1130	2104	435	308
71	1059	1967	428	296
72	983	1819	420	283
73	932	1723	410	268
74	875	1574	399	252
75	851	1483	388	235
76	797	1319	374	217
77	472	774	360	197
78	432	647	344	176
79	390	433	327	154
80	0	90	309	130
81	0	70	290	105
82	0	49	269	80
83	0	28	249	54
84	0	8	229	28
85	0	0	208	3

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	10	19	21
2	0	26	38	41
3	0	43	57	62
4	0	59	76	83
5	0	75	95	103
6	0	91	114	124
7	335	335	133	145
8	427	527	152	165
9	472	684	171	186
10	727	1022	189	206
11	878	1304	206	224
12	942	1491	222	242
13	1001	1663	236	258
14	1052	1810	249	272
15	1094	1930	261	286
16	1132	2033	272	299
17	1163	2117	282	310
18	1189	2187	290	320
19	1210	2243	298	329
20	1228	2281	304	337
21	1241	2304	309	344
22	1250	2320	313	349
23	1248	2316	316	354
24	1243	2304	318	357
25	1249	2315	319	360
26	1253	2325	320	360
27	1260	2339	321	359
28	1267	2353	322	358
29	1261	2342	323	357
30	1256	2330	323	357
31	1243	2304	324	356
32	1231	2279	325	355

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
33	1211	2238	326	354
34	1192	2197	327	353
35	1210	2236	328	352
36	1229	2274	329	351
37	1227	2271	330	350
38	1225	2267	331	349
39	1208	2231	332	348
40	1191	2196	333	347
41	1217	2249	333	347
42	1243	2303	334	346
43	1232	2281	335	345
44	1222	2259	336	344
45	1229	2275	337	343
46	1237	2291	338	342
47	1224	2265	339	341
48	1211	2238	340	340
49	1220	2255	341	339
50	1228	2272	342	338
51	1248	2315	343	337
52	1269	2357	344	336
53	1268	2355	344	336
54	1267	2353	345	335
55	1222	2259	346	334
56	1176	2164	347	333
57	1169	2150	348	332
58	1162	2136	349	331
59	1162	2136	350	330
60	1162	2136	351	329
61	1177	2166	352	328
62	1202	2219	353	327
63	1205	2226	353	326
64	1204	2226	352	323
65	1199	2218	350	319
66	1190	2203	346	314
67	1198	2218	338	308
68	1202	2217	329	301
69	1167	2129	319	293
70	1128	2028	308	283
71	1057	1857	296	272
72	981	1670	283	261
73	929	1528	268	248
74	870	1364	252	233
75	842	1250	235	218
76	764	1066	217	201
77	472	695	197	183
78	432	550	176	164
79	350	350	154	144
80	0	90	130	122
81	0	70	105	98
82	0	49	80	74
83	0	28	54	50
84	0	8	28	26
85	0	0	3	2

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	10	19	19
2	0	26	38	38
3	0	43	57	57
4	0	59	75	76
5	0	75	94	95
6	0	91	113	114
7	256	256	132	133

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
8	399	399	151	152
9	472	536	170	171
10	562	685	188	189
11	848	935	205	206
12	926	1099	220	222
13	990	1257	234	236
14	1044	1400	247	249
15	1088	1523	259	261
16	1126	1631	270	272
17	1158	1723	280	282
18	1185	1802	288	290
19	1207	1866	295	298
20	1224	1917	302	304
21	1237	1956	307	309
22	1246	1984	310	313
23	1245	1988	313	316
24	1240	1982	315	318
25	1245	1992	316	319
26	1250	2001	317	320
27	1257	2014	317	321
28	1264	2026	318	322
29	1258	2016	319	323
30	1252	2005	320	323
31	1240	1982	321	324
32	1228	1959	321	325
33	1208	1922	322	326
34	1189	1885	323	327
35	1207	1920	324	328
36	1226	1955	324	329
37	1224	1951	325	330
38	1222	1948	326	331
39	1205	1916	327	332
40	1188	1884	328	333
41	1214	1932	328	333
42	1240	1980	329	334
43	1229	1961	330	335
44	1219	1941	331	336
45	1226	1956	332	337
46	1234	1970	332	337
47	1221	1946	333	336
48	1208	1922	334	335
49	1217	1937	335	335
50	1225	1953	335	334
51	1245	1991	336	333
52	1266	2030	336	332
53	1265	2028	336	332
54	1264	2026	335	331
55	1219	1941	334	330
56	1173	1856	333	329
57	1166	1843	332	328
58	1159	1830	331	328
59	1159	1830	330	327
60	1159	1830	329	326
61	1174	1857	328	325
62	1199	1905	327	324
63	1202	1908	326	323
64	1201	1901	323	320
65	1196	1881	319	317
66	1187	1851	314	312
67	1195	1847	308	306
68	1198	1830	301	299
69	1163	1737	293	290
70	1123	1632	283	281
71	1051	1469	272	271

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
72	974	1296	261	259
73	919	1160	248	246
74	857	1011	233	232
75	817	902	218	217
76	671	737	201	200
77	472	549	183	182
78	418	418	164	163
79	266	266	144	143
80	0	90	122	121
81	0	70	98	98
82	0	49	74	74
83	0	28	50	50
84	0	8	26	26
85	0	0	2	2

4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

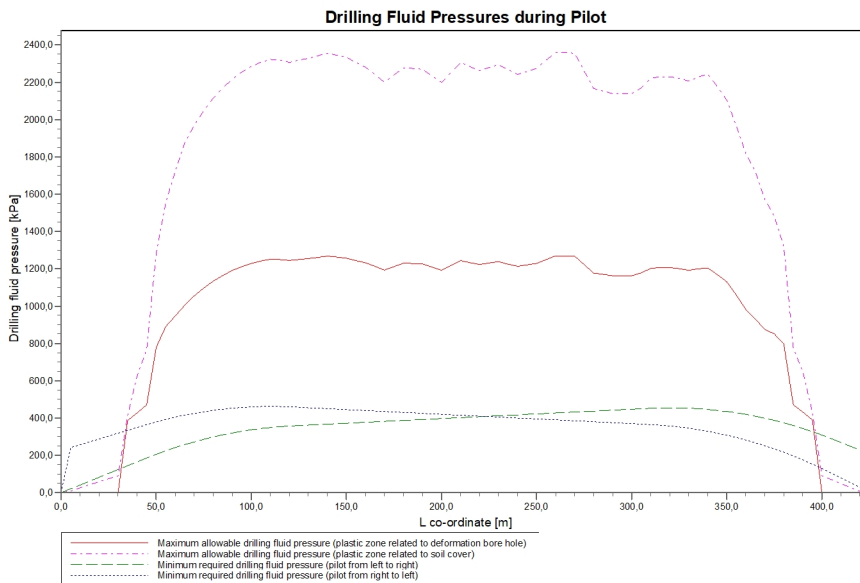
Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
1	18	10	1,80	sufficient
2	36	26	1,37	sufficient
3	54	43	1,27	sufficient
4	72	59	1,23	sufficient
5	90	75	1,20	sufficient
6	108	91	1,19	sufficient
7	126	108	1,17	sufficient
8	144	124	1,17	sufficient
9	162	140	1,16	sufficient
10	180	156	1,16	sufficient
11	196	170	1,15	sufficient
12	211	183	1,15	sufficient
13	224	195	1,15	sufficient
14	237	206	1,15	sufficient
15	248	216	1,15	sufficient
16	258	225	1,14	sufficient
17	267	233	1,14	sufficient
18	275	240	1,14	sufficient
19	281	246	1,14	sufficient
20	287	251	1,14	sufficient
21	291	255	1,14	sufficient
22	294	257	1,14	sufficient
23	297	259	1,14	sufficient
24	298	260	1,14	sufficient
25	298	260	1,15	sufficient
26	298	260	1,15	sufficient
27	298	260	1,15	sufficient
28	298	260	1,15	sufficient
29	298	260	1,15	sufficient
30	298	260	1,15	sufficient
31	299	260	1,15	sufficient
32	299	260	1,15	sufficient
33	299	260	1,15	sufficient
34	299	260	1,15	sufficient
35	299	260	1,15	sufficient
36	299	260	1,15	sufficient
37	299	260	1,15	sufficient
38	300	260	1,15	sufficient
39	300	260	1,15	sufficient
40	300	260	1,15	sufficient
41	300	260	1,15	sufficient
42	300	260	1,15	sufficient
43	300	260	1,15	sufficient
44	300	260	1,16	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
45	301	260	1,16	sufficient
46	301	260	1,16	sufficient
47	301	260	1,16	sufficient
48	301	260	1,16	sufficient
49	301	260	1,16	sufficient
50	301	260	1,16	sufficient
51	301	260	1,16	sufficient
52	302	260	1,16	sufficient
53	302	260	1,16	sufficient
54	302	260	1,16	sufficient
55	302	260	1,16	sufficient
56	302	260	1,16	sufficient
57	302	260	1,16	sufficient
58	302	260	1,16	sufficient
59	302	260	1,16	sufficient
60	303	260	1,16	sufficient
61	303	260	1,16	sufficient
62	303	260	1,16	sufficient
63	302	259	1,17	sufficient
64	301	258	1,17	sufficient
65	298	255	1,17	sufficient
66	294	251	1,17	sufficient
67	289	247	1,17	sufficient
68	283	241	1,17	sufficient
69	275	234	1,18	sufficient
70	267	227	1,18	sufficient
71	257	218	1,18	sufficient
72	247	208	1,19	sufficient
73	235	197	1,19	sufficient
74	222	185	1,20	sufficient
75	207	172	1,20	sufficient
76	192	158	1,21	sufficient
77	175	143	1,22	sufficient
78	157	126	1,24	sufficient
79	137	109	1,26	sufficient
80	116	90	1,30	sufficient
81	94	70	1,35	sufficient
82	71	49	1,46	sufficient
83	48	28	1,71	sufficient
84	25	8	3,35	sufficient
85	2	0	-	sufficient

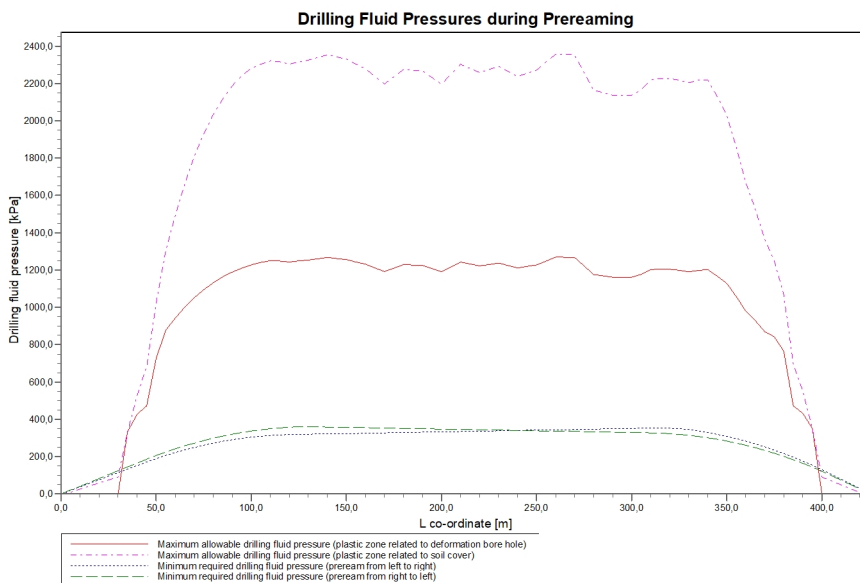
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

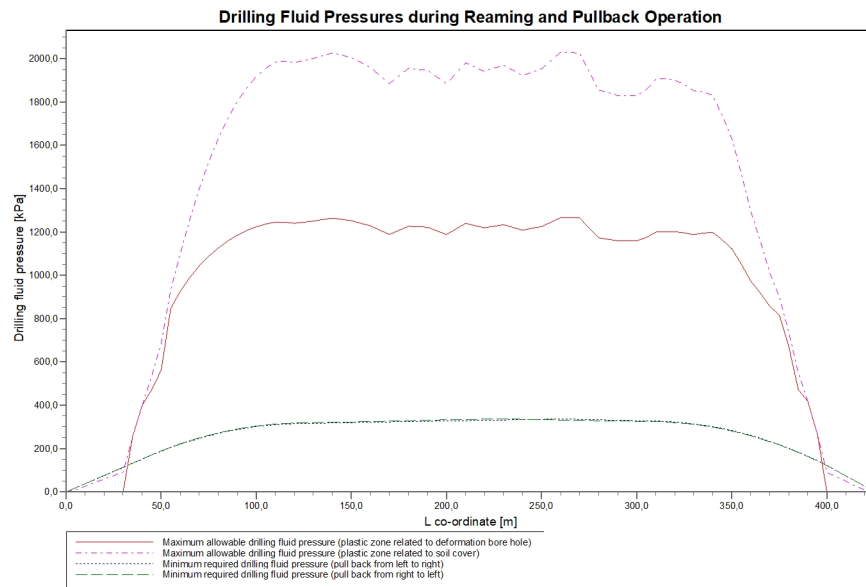
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Preaming



4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



5 Soil Mechanical Data

5.1 Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v,r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	25	12	9	12	0	195
2	72	23	17	23	0	360
3	257	49	27	37	0	764
4	405	76	38	51	0	1194
5	500	94	42	56	0	1480
6	592	112	43	59	0	2474
7	740	128	44	59	0	3415
8	813	143	31	42	3	3816
9	895	160	19	26	3	4278
10	1943	178	15	20	3	8350
11	2078	192	13	18	0	9036
12	2199	206	13	17	2	9665
13	2332	221	13	17	2	10364
14	2452	235	13	17	2	11008
15	2551	246	13	17	2	11543
16	2639	256	13	17	0	12023
17	2712	265	13	17	2	12424
18	2775	272	13	17	2	12772
19	2824	278	13	17	2	13046
20	2864	283	13	17	2	13268
21	2894	286	13	17	2	13436
22	2915	289	13	17	2	13553
23	2909	288	13	17	0	13519
24	2894	286	13	17	0	13433
25	2908	288	13	17	0	13512
26	2921	290	13	17	0	13588
27	2940	292	13	17	0	13694
28	2959	294	13	17	0	13800
29	2943	292	13	17	0	13711
30	2927	290	13	17	0	13622
31	2893	286	13	17	0	13430
32	2859	282	13	17	0	13239
33	2805	276	13	17	0	12937
34	2751	269	13	17	0	12635
35	2802	275	13	17	0	12922
36	2854	282	13	17	0	13209
37	2849	281	13	17	0	13181
38	2844	280	13	17	0	13153
39	2797	275	13	17	0	12889
40	2749	269	13	17	0	12625
41	2820	278	13	17	0	13023
42	2891	286	13	17	0	13420
43	2862	283	13	17	0	13257

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
44	2833	279	13	17	0	13095
45	2855	282	13	17	0	13215
46	2876	284	13	17	0	13334
47	2841	280	13	17	0	13135
48	2805	276	13	17	0	12936
49	2828	278	13	17	0	13063
50	2850	281	13	17	0	13191
51	2907	288	13	17	0	13510
52	2964	295	13	17	0	13828
53	2961	294	13	17	0	13814
54	2959	294	13	17	0	13800
55	2833	279	13	17	0	13095
56	2707	264	13	17	0	12392
57	2689	262	13	17	0	12289
58	2670	260	13	17	0	12186
59	2670	260	13	17	0	12185
60	2670	260	13	17	0	12184
61	2710	264	13	17	0	12406
62	2780	273	13	17	0	12796
63	2789	274	13	17	0	12847
64	2789	274	13	17	0	12847
65	2779	273	13	17	0	12791
66	2760	270	13	17	0	12684
67	2789	274	13	17	0	12850
68	2809	276	13	17	0	12963
69	2723	266	13	17	0	12484
70	2626	255	13	17	0	11952
71	2443	233	13	17	0	10956
72	2247	211	13	17	0	9906
73	2122	197	13	17	0	9255
74	1985	182	13	17	0	8548
75	1956	179	13	18	0	8406
76	1916	175	14	19	0	8207
77	891	159	18	24	0	4256
78	820	144	28	38	0	3856
79	747	129	44	59	0	3453
80	593	113	44	59	0	2087
81	495	93	42	57	0	1465
82	391	74	37	51	0	1155
83	266	54	40	54	0	841
84	102	34	25	34	0	525
85	1	1	1	1	0	35

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	78	1431	425	1001	0,05	7,5
2	164	3574	3732	2502	0,05	7,5
3	259	17728	12682	12409	0,05	7,5
4	406	24704	19930	17293	0,05	7,5
5	500	29172	24520	20421	0,05	7,5
6	592	33038	28993	23127	0,05	7,5
7	740	35298	32622	24709	0,05	7,5
8	813	37362	35018	26153	0,05	7,5
9	895	127239	37401	89067	0,05	7,5
10	1943	248302	85460	173811	0,05	7,5
11	2078	258777	243803	181144	0,05	7,5
12	2199	268086	253550	187660	0,05	7,5
13	2332	278153	264060	194707	0,05	7,5
14	2452	287169	273445	201018	0,05	7,5
15	2551	294485	281045	206139	0,05	7,5
16	2639	300936	287736	210655	0,05	7,5
17	2712	306237	293226	214366	0,05	7,5
18	2775	310775	297922	217543	0,05	7,5
19	2824	314318	301585	220022	0,05	7,5
20	2864	317160	304521	222012	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
21	2894	319310	306742	223517	0,05	7,5
22	2915	320793	308272	224555	0,05	7,5
23	2909	320354	307819	224248	0,05	7,5
24	2894	319259	306689	223482	0,05	7,5
25	2908	320263	307726	224184	0,05	7,5
26	2921	321234	308728	224864	0,05	7,5
27	2940	322570	310107	225799	0,05	7,5
28	2959	323901	311480	226731	0,05	7,5
29	2943	322783	310326	225948	0,05	7,5
30	2927	321661	309168	225162	0,05	7,5
31	2893	319231	306660	223462	0,05	7,5
32	2859	316786	304135	221750	0,05	7,5
33	2805	312903	300123	219032	0,05	7,5
34	2751	308981	296067	216287	0,05	7,5
35	2802	312707	299920	218895	0,05	7,5
36	2854	316398	303734	221479	0,05	7,5
37	2849	316042	303366	221229	0,05	7,5
38	2844	315685	302998	220980	0,05	7,5
39	2797	312282	299481	218597	0,05	7,5
40	2749	308849	295930	216194	0,05	7,5
41	2820	314006	301263	219804	0,05	7,5
42	2891	319097	306522	223368	0,05	7,5
43	2862	317023	304380	221916	0,05	7,5
44	2833	314939	302226	220457	0,05	7,5
45	2855	316473	303812	221531	0,05	7,5
46	2876	318002	305391	222602	0,05	7,5
47	2841	315453	302758	220817	0,05	7,5
48	2805	312887	300106	219021	0,05	7,5
49	2828	314532	301807	220173	0,05	7,5
50	2850	316171	303500	221320	0,05	7,5
51	2907	320237	307698	224166	0,05	7,5
52	2964	324261	311851	226983	0,05	7,5
53	2961	324081	311666	226857	0,05	7,5
54	2959	323901	311480	226731	0,05	7,5
55	2833	314944	302232	220461	0,05	7,5
56	2707	305799	292774	214059	0,05	7,5
57	2689	304436	291362	213105	0,05	7,5
58	2670	303067	289944	212147	0,05	7,5
59	2670	303058	289935	212141	0,05	7,5
60	2670	303049	289925	212134	0,05	7,5
61	2710	305979	292960	214185	0,05	7,5
62	2780	311069	298227	217749	0,05	7,5
63	2789	311738	298918	218217	0,05	7,5
64	2789	311738	298918	218217	0,05	7,5
65	2779	311020	298175	217714	0,05	7,5
66	2760	309626	296733	216738	0,05	7,5
67	2789	311782	298964	218248	0,05	7,5
68	2809	313252	300483	219277	0,05	7,5
69	2723	307024	294042	214917	0,05	7,5
70	2626	299986	286751	209990	0,05	7,5
71	2443	286433	272680	200503	0,05	7,5
72	2247	271566	257186	190096	0,05	7,5
73	2122	262022	247204	183415	0,05	7,5
74	1985	251339	235991	175937	0,05	7,5
75	1956	249159	233698	174411	0,05	7,5
76	1916	246068	114852	172248	0,05	7,5
77	891	160921	37286	112645	0,05	7,5
78	820	37560	35227	26292	0,05	7,5
79	747	35498	32898	24848	0,05	7,5
80	593	33041	29024	23129	0,05	7,5
81	495	28968	24311	20278	0,05	7,5
82	391	24097	19305	16868	0,05	7,5
83	281	19040	14057	13328	0,05	7,5
84	234	6532	5831	4573	0,05	7,5
85	15	213	0	149	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q_v;n;max = 295 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q_traffic;max = 59 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q_v;r;n;max = 59 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k_v;max = 324261 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k_v;max = 648522 kN/m ³

5.2 Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	25	12	9	12	0	195
2	72	23	17	23	0	360
3	257	49	27	37	0	764
4	405	76	38	51	0	1194
5	500	94	42	56	0	1480
6	592	112	43	59	0	2474
7	740	128	44	59	0	3415
8	813	143	31	42	3	3816
9	895	160	19	26	3	4278
10	1943	178	15	20	3	8350
11	2078	192	13	18	0	9036
12	2199	206	13	17	2	9665
13	2332	221	13	17	2	10364
14	2452	235	13	17	2	11008
15	2551	246	13	17	2	11543
16	2639	256	13	17	0	12023
17	2712	265	13	17	2	12424
18	2775	272	13	17	2	12772
19	2824	278	13	17	2	13046
20	2864	283	13	17	2	13268
21	2894	286	13	17	2	13436
22	2915	289	13	17	2	13553
23	2909	288	13	17	0	13519
24	2894	286	13	17	0	13433
25	2908	288	13	17	0	13512
26	2921	290	13	17	0	13588
27	2940	292	13	17	0	13694
28	2959	294	13	17	0	13800
29	2943	292	13	17	0	13711
30	2927	290	13	17	0	13622
31	2893	286	13	17	0	13430
32	2859	282	13	17	0	13239
33	2805	276	13	17	0	12937
34	2751	269	13	17	0	12635
35	2802	275	13	17	0	12922
36	2854	282	13	17	0	13209
37	2849	281	13	17	0	13181

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
38	2844	280	13	17	0	13153
39	2797	275	13	17	0	12889
40	2749	269	13	17	0	12625
41	2820	278	13	17	0	13023
42	2891	286	13	17	0	13420
43	2862	283	13	17	0	13257
44	2833	279	13	17	0	13095
45	2855	282	13	17	0	13215
46	2876	284	13	17	0	13334
47	2841	280	13	17	0	13135
48	2805	276	13	17	0	12936
49	2828	278	13	17	0	13063
50	2850	281	13	17	0	13191
51	2907	288	13	17	0	13510
52	2964	295	13	17	0	13828
53	2961	294	13	17	0	13814
54	2959	294	13	17	0	13800
55	2833	279	13	17	0	13095
56	2707	264	13	17	0	12392
57	2689	262	13	17	0	12289
58	2670	260	13	17	0	12186
59	2670	260	13	17	0	12185
60	2670	260	13	17	0	12184
61	2710	264	13	17	0	12406
62	2780	273	13	17	0	12796
63	2789	274	13	17	0	12847
64	2789	274	13	17	0	12847
65	2779	273	13	17	0	12791
66	2760	270	13	17	0	12684
67	2789	274	13	17	0	12850
68	2809	276	13	17	0	12963
69	2723	266	13	17	0	12484
70	2626	255	13	17	0	11952
71	2443	233	13	17	0	10956
72	2247	211	13	17	0	9906
73	2122	197	13	17	0	9255
74	1985	182	13	17	0	8548
75	1956	179	13	18	0	8406
76	1916	175	14	19	0	8207
77	891	159	18	24	0	4256
78	820	144	28	38	0	3856
79	747	129	44	59	0	3453
80	593	113	44	59	0	2087
81	495	93	42	57	0	1465
82	391	74	37	51	0	1155
83	266	54	40	54	0	841
84	102	34	25	34	0	525
85	1	1	1	1	0	35

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	78	1431	425	1001	0,05	7,5
2	164	3574	3732	2502	0,05	7,5
3	259	17728	12682	12409	0,05	7,5
4	406	24704	19930	17293	0,05	7,5
5	500	29172	24520	20421	0,05	7,5
6	592	33038	28993	23127	0,05	7,5
7	740	35298	32622	24709	0,05	7,5
8	813	37362	35018	26153	0,05	7,5
9	895	127239	37401	89067	0,05	7,5
10	1943	248302	85460	173811	0,05	7,5
11	2078	258777	243803	181144	0,05	7,5
12	2199	268086	253550	187660	0,05	7,5
13	2332	278153	264060	194707	0,05	7,5
14	2452	287169	273445	201018	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
15	2551	294485	281045	206139	0,05	7,5
16	2639	300936	287736	210655	0,05	7,5
17	2712	306237	293226	214366	0,05	7,5
18	2775	310775	297922	217543	0,05	7,5
19	2824	314318	301585	220022	0,05	7,5
20	2864	317160	304521	222012	0,05	7,5
21	2894	319310	306742	223517	0,05	7,5
22	2915	320793	308272	224555	0,05	7,5
23	2909	320354	307819	224248	0,05	7,5
24	2894	319259	306689	223482	0,05	7,5
25	2908	320263	307726	224184	0,05	7,5
26	2921	321234	308728	224864	0,05	7,5
27	2940	322570	310107	225799	0,05	7,5
28	2959	323901	311480	226731	0,05	7,5
29	2943	322783	310326	225948	0,05	7,5
30	2927	321661	309168	225162	0,05	7,5
31	2893	319231	306660	223462	0,05	7,5
32	2859	316786	304135	221750	0,05	7,5
33	2805	312903	300123	219032	0,05	7,5
34	2751	308981	296067	216287	0,05	7,5
35	2802	312707	299920	218895	0,05	7,5
36	2854	316398	303734	221479	0,05	7,5
37	2849	316042	303366	221229	0,05	7,5
38	2844	315685	302998	220980	0,05	7,5
39	2797	312282	299481	218597	0,05	7,5
40	2749	308849	295930	216194	0,05	7,5
41	2820	314006	301263	219804	0,05	7,5
42	2891	319097	306522	223368	0,05	7,5
43	2862	317023	304380	221916	0,05	7,5
44	2833	314939	302226	220457	0,05	7,5
45	2855	316473	303812	221531	0,05	7,5
46	2876	318002	305391	222602	0,05	7,5
47	2841	315453	302758	220817	0,05	7,5
48	2805	312887	300106	219021	0,05	7,5
49	2828	314532	301807	220173	0,05	7,5
50	2850	316171	303500	221320	0,05	7,5
51	2907	320237	307698	224166	0,05	7,5
52	2964	324261	311851	226983	0,05	7,5
53	2961	324081	311666	226857	0,05	7,5
54	2959	323901	311480	226731	0,05	7,5
55	2833	314944	302232	220461	0,05	7,5
56	2707	305799	292774	214059	0,05	7,5
57	2689	304436	291362	213105	0,05	7,5
58	2670	303067	289944	212147	0,05	7,5
59	2670	303058	289935	212141	0,05	7,5
60	2670	303049	289925	212134	0,05	7,5
61	2710	305979	292960	214185	0,05	7,5
62	2780	311069	298227	217749	0,05	7,5
63	2789	311738	298918	218217	0,05	7,5
64	2789	311738	298918	218217	0,05	7,5
65	2779	311020	298175	217714	0,05	7,5
66	2760	309626	296733	216738	0,05	7,5
67	2789	311782	298964	218248	0,05	7,5
68	2809	313252	300483	219277	0,05	7,5
69	2723	307024	294042	214917	0,05	7,5
70	2626	299986	286751	209990	0,05	7,5
71	2443	286433	272680	200503	0,05	7,5
72	2247	271566	257186	190096	0,05	7,5
73	2122	262022	247204	183415	0,05	7,5
74	1985	251339	235991	175937	0,05	7,5
75	1956	249159	233698	174411	0,05	7,5
76	1916	246068	114852	172248	0,05	7,5
77	891	160921	37286	112645	0,05	7,5
78	820	37560	35227	26292	0,05	7,5
79	747	35498	32898	24848	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
80	593	33041	29024	23129	0,05	7,5
81	495	28968	24311	20278	0,05	7,5
82	391	24097	19305	16868	0,05	7,5
83	281	19040	14057	13328	0,05	7,5
84	234	6532	5831	4573	0,05	7,5
85	15	213	0	149	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 295 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 59 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 59 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 324261 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 648522 kN/m ³

5.3 Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _{v;p}	Passive soil stress	kN/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _{v;e}	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _{v;bot}	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _{v;top}	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	25	12	9	12	0	195
2	72	23	17	23	0	360
3	257	49	27	37	0	764
4	405	76	38	51	0	1194
5	500	94	42	56	0	1480
6	592	112	43	59	0	2474
7	740	128	44	59	0	3415
8	813	143	31	42	3	3816
9	895	160	19	26	3	4278
10	1943	178	15	20	3	8350
11	2078	192	13	18	0	9036
12	2199	206	13	17	2	9665
13	2332	221	13	17	2	10364
14	2452	235	13	17	2	11008
15	2551	246	13	17	2	11543
16	2639	256	13	17	0	12023
17	2712	265	13	17	2	12424
18	2775	272	13	17	2	12772
19	2824	278	13	17	2	13046
20	2864	283	13	17	2	13268
21	2894	286	13	17	2	13436
22	2915	289	13	17	2	13553
23	2909	288	13	17	0	13519
24	2894	286	13	17	0	13433
25	2908	288	13	17	0	13512
26	2921	290	13	17	0	13588
27	2940	292	13	17	0	13694
28	2959	294	13	17	0	13800
29	2943	292	13	17	0	13711

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
30	2927	290	13	17	0	13622
31	2893	286	13	17	0	13430
32	2859	282	13	17	0	13239
33	2805	276	13	17	0	12937
34	2751	269	13	17	0	12635
35	2802	275	13	17	0	12922
36	2854	282	13	17	0	13209
37	2849	281	13	17	0	13181
38	2844	280	13	17	0	13153
39	2797	275	13	17	0	12889
40	2749	269	13	17	0	12625
41	2820	278	13	17	0	13023
42	2891	286	13	17	0	13420
43	2862	283	13	17	0	13257
44	2833	279	13	17	0	13095
45	2855	282	13	17	0	13215
46	2876	284	13	17	0	13334
47	2841	280	13	17	0	13135
48	2805	276	13	17	0	12936
49	2828	278	13	17	0	13063
50	2850	281	13	17	0	13191
51	2907	288	13	17	0	13510
52	2964	295	13	17	0	13828
53	2961	294	13	17	0	13814
54	2959	294	13	17	0	13800
55	2833	279	13	17	0	13095
56	2707	264	13	17	0	12392
57	2689	262	13	17	0	12289
58	2670	260	13	17	0	12186
59	2670	260	13	17	0	12185
60	2670	260	13	17	0	12184
61	2710	264	13	17	0	12406
62	2780	273	13	17	0	12796
63	2789	274	13	17	0	12847
64	2789	274	13	17	0	12847
65	2779	273	13	17	0	12791
66	2760	270	13	17	0	12684
67	2789	274	13	17	0	12850
68	2809	276	13	17	0	12963
69	2723	266	13	17	0	12484
70	2626	255	13	17	0	11952
71	2443	233	13	17	0	10956
72	2247	211	13	17	0	9906
73	2122	197	13	17	0	9255
74	1985	182	13	17	0	8548
75	1956	179	13	18	0	8406
76	1916	175	14	19	0	8207
77	891	159	18	24	0	4256
78	820	144	28	38	0	3856
79	747	129	44	59	0	3453
80	593	113	44	59	0	2087
81	495	93	42	57	0	1465
82	391	74	37	51	0	1155
83	266	54	40	54	0	841
84	102	34	25	34	0	525
85	1	1	1	1	0	35

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	78	1431	425	1001	0,05	7,5
2	164	3574	3732	2502	0,05	7,5
3	259	17728	12682	12409	0,05	7,5
4	406	24704	19930	17293	0,05	7,5
5	500	29172	24520	20421	0,05	7,5
6	592	33038	28993	23127	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
7	740	35298	32622	24709	0,05	7,5
8	813	37362	35018	26153	0,05	7,5
9	895	127239	37401	89067	0,05	7,5
10	1943	248302	85460	173811	0,05	7,5
11	2078	258777	243803	181144	0,05	7,5
12	2199	268086	253550	187660	0,05	7,5
13	2332	278153	264060	194707	0,05	7,5
14	2452	287169	273445	201018	0,05	7,5
15	2551	294485	281045	206139	0,05	7,5
16	2639	300936	287736	210655	0,05	7,5
17	2712	306237	293226	214366	0,05	7,5
18	2775	310775	297922	217543	0,05	7,5
19	2824	314318	301585	220022	0,05	7,5
20	2864	317160	304521	222012	0,05	7,5
21	2894	319310	306742	223517	0,05	7,5
22	2915	320793	308272	224555	0,05	7,5
23	2909	320354	307819	224248	0,05	7,5
24	2894	319259	306689	223482	0,05	7,5
25	2908	320263	307726	224184	0,05	7,5
26	2921	321234	308728	224864	0,05	7,5
27	2940	322570	310107	225799	0,05	7,5
28	2959	323901	311480	226731	0,05	7,5
29	2943	322783	310326	225948	0,05	7,5
30	2927	321661	309168	225162	0,05	7,5
31	2893	319231	306660	223462	0,05	7,5
32	2859	316786	304135	221750	0,05	7,5
33	2805	312903	300123	219032	0,05	7,5
34	2751	308981	296067	216287	0,05	7,5
35	2802	312707	299920	218895	0,05	7,5
36	2854	316398	303734	221479	0,05	7,5
37	2849	316042	303366	221229	0,05	7,5
38	2844	315685	302998	220980	0,05	7,5
39	2797	312282	299481	218597	0,05	7,5
40	2749	308849	295930	216194	0,05	7,5
41	2820	314006	301263	219804	0,05	7,5
42	2891	319097	306522	223368	0,05	7,5
43	2862	317023	304380	221916	0,05	7,5
44	2833	314939	302226	220457	0,05	7,5
45	2855	316473	303812	221531	0,05	7,5
46	2876	318002	305391	222602	0,05	7,5
47	2841	315453	302758	220817	0,05	7,5
48	2805	312887	300106	219021	0,05	7,5
49	2828	314532	301807	220173	0,05	7,5
50	2850	316171	303500	221320	0,05	7,5
51	2907	320237	307698	224166	0,05	7,5
52	2964	324261	311851	226983	0,05	7,5
53	2961	324081	311666	226857	0,05	7,5
54	2959	323901	311480	226731	0,05	7,5
55	2833	314944	302232	220461	0,05	7,5
56	2707	305799	292774	214059	0,05	7,5
57	2689	304436	291362	213105	0,05	7,5
58	2670	303067	289944	212147	0,05	7,5
59	2670	303058	289935	212141	0,05	7,5
60	2670	303049	289925	212134	0,05	7,5
61	2710	305979	292960	214185	0,05	7,5
62	2780	311069	298227	217749	0,05	7,5
63	2789	311738	298918	218217	0,05	7,5
64	2789	311738	298918	218217	0,05	7,5
65	2779	311020	298175	217714	0,05	7,5
66	2760	309626	296733	216738	0,05	7,5
67	2789	311782	298964	218248	0,05	7,5
68	2809	313252	300483	219277	0,05	7,5
69	2723	307024	294042	214917	0,05	7,5
70	2626	299986	286751	209990	0,05	7,5
71	2443	286433	272680	200503	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
72	2247	271566	257186	190096	0,05	7,5
73	2122	262022	247204	183415	0,05	7,5
74	1985	251339	235991	175937	0,05	7,5
75	1956	249159	233698	174411	0,05	7,5
76	1916	246068	114852	172248	0,05	7,5
77	891	160921	37286	112645	0,05	7,5
78	820	37560	35227	26292	0,05	7,5
79	747	35498	32898	24848	0,05	7,5
80	593	33041	29024	23129	0,05	7,5
81	495	28968	24311	20278	0,05	7,5
82	391	24097	19305	16868	0,05	7,5
83	281	19040	14057	13328	0,05	7,5
84	234	6532	5831	4573	0,05	7,5
85	15	213	0	149	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 295 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 59 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 59 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 324261 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 648522 kN/m ³

5.4 Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _{v;p}	Passive soil stress	kN/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _{v;e}	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _{v;bot}	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _{v;top}	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	25	12	9	12	0	195
2	72	23	17	23	0	360
3	257	49	27	37	0	764
4	405	76	38	51	0	1194
5	500	94	42	56	0	1480
6	592	112	43	59	0	2474
7	740	128	44	59	0	3415
8	813	143	31	42	3	3816
9	895	160	19	26	3	4278
10	1943	178	15	20	3	8350
11	2078	192	13	18	0	9036
12	2199	206	13	17	2	9665
13	2332	221	13	17	2	10364
14	2452	235	13	17	2	11008
15	2551	246	13	17	2	11543
16	2639	256	13	17	0	12023
17	2712	265	13	17	2	12424
18	2775	272	13	17	2	12772
19	2824	278	13	17	2	13046
20	2864	283	13	17	2	13268
21	2894	286	13	17	2	13436

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
22	2915	289	13	17	2	13553
23	2909	288	13	17	0	13519
24	2894	286	13	17	0	13433
25	2908	288	13	17	0	13512
26	2921	290	13	17	0	13588
27	2940	292	13	17	0	13694
28	2959	294	13	17	0	13800
29	2943	292	13	17	0	13711
30	2927	290	13	17	0	13622
31	2893	286	13	17	0	13430
32	2859	282	13	17	0	13239
33	2805	276	13	17	0	12937
34	2751	269	13	17	0	12635
35	2802	275	13	17	0	12922
36	2854	282	13	17	0	13209
37	2849	281	13	17	0	13181
38	2844	280	13	17	0	13153
39	2797	275	13	17	0	12889
40	2749	269	13	17	0	12625
41	2820	278	13	17	0	13023
42	2891	286	13	17	0	13420
43	2862	283	13	17	0	13257
44	2833	279	13	17	0	13095
45	2855	282	13	17	0	13215
46	2876	284	13	17	0	13334
47	2841	280	13	17	0	13135
48	2805	276	13	17	0	12936
49	2828	278	13	17	0	13063
50	2850	281	13	17	0	13191
51	2907	288	13	17	0	13510
52	2964	295	13	17	0	13828
53	2961	294	13	17	0	13814
54	2959	294	13	17	0	13800
55	2833	279	13	17	0	13095
56	2707	264	13	17	0	12392
57	2689	262	13	17	0	12289
58	2670	260	13	17	0	12186
59	2670	260	13	17	0	12185
60	2670	260	13	17	0	12184
61	2710	264	13	17	0	12406
62	2780	273	13	17	0	12796
63	2789	274	13	17	0	12847
64	2789	274	13	17	0	12847
65	2779	273	13	17	0	12791
66	2760	270	13	17	0	12684
67	2789	274	13	17	0	12850
68	2809	276	13	17	0	12963
69	2723	266	13	17	0	12484
70	2626	255	13	17	0	11952
71	2443	233	13	17	0	10956
72	2247	211	13	17	0	9906
73	2122	197	13	17	0	9255
74	1985	182	13	17	0	8548
75	1956	179	13	18	0	8406
76	1916	175	14	19	0	8207
77	891	159	18	24	0	4256
78	820	144	28	38	0	3856
79	747	129	44	59	0	3453
80	593	113	44	59	0	2087
81	495	93	42	57	0	1465
82	391	74	37	51	0	1155
83	266	54	40	54	0	841
84	102	34	25	34	0	525
85	1	1	1	1	0	35

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
1	78	1431	425	1001	0,05	7,5
2	164	3574	3732	2502	0,05	7,5
3	259	17728	12682	12409	0,05	7,5
4	406	24704	19930	17293	0,05	7,5
5	500	29172	24520	20421	0,05	7,5
6	592	33038	28993	23127	0,05	7,5
7	740	35298	32622	24709	0,05	7,5
8	813	37362	35018	26153	0,05	7,5
9	895	127239	37401	89067	0,05	7,5
10	1943	248302	85460	173811	0,05	7,5
11	2078	258777	243803	181144	0,05	7,5
12	2199	268086	253550	187660	0,05	7,5
13	2332	278153	264060	194707	0,05	7,5
14	2452	287169	273445	201018	0,05	7,5
15	2551	294485	281045	206139	0,05	7,5
16	2639	300936	287736	210655	0,05	7,5
17	2712	306237	293226	214366	0,05	7,5
18	2775	310775	297922	217543	0,05	7,5
19	2824	314318	301585	220022	0,05	7,5
20	2864	317160	304521	222012	0,05	7,5
21	2894	319310	306742	223517	0,05	7,5
22	2915	320793	308272	224555	0,05	7,5
23	2909	320354	307819	224248	0,05	7,5
24	2894	319259	306689	223482	0,05	7,5
25	2908	320263	307726	224184	0,05	7,5
26	2921	321234	308728	224864	0,05	7,5
27	2940	322570	310107	225799	0,05	7,5
28	2959	323901	311480	226731	0,05	7,5
29	2943	322783	310326	225948	0,05	7,5
30	2927	321661	309168	225162	0,05	7,5
31	2893	319231	306660	223462	0,05	7,5
32	2859	316786	304135	221750	0,05	7,5
33	2805	312903	300123	219032	0,05	7,5
34	2751	308981	296067	216287	0,05	7,5
35	2802	312707	299920	218895	0,05	7,5
36	2854	316398	303734	221479	0,05	7,5
37	2849	316042	303366	221229	0,05	7,5
38	2844	315685	302998	220980	0,05	7,5
39	2797	312282	299481	218597	0,05	7,5
40	2749	308849	295930	216194	0,05	7,5
41	2820	314006	301263	219804	0,05	7,5
42	2891	319097	306522	223368	0,05	7,5
43	2862	317023	304380	221916	0,05	7,5
44	2833	314939	302226	220457	0,05	7,5
45	2855	316473	303812	221531	0,05	7,5
46	2876	318002	305391	222602	0,05	7,5
47	2841	315453	302758	220817	0,05	7,5
48	2805	312887	300106	219021	0,05	7,5
49	2828	314532	301807	220173	0,05	7,5
50	2850	316171	303500	221320	0,05	7,5
51	2907	320237	307698	224166	0,05	7,5
52	2964	324261	311851	226983	0,05	7,5
53	2961	324081	311666	226857	0,05	7,5
54	2959	323901	311480	226731	0,05	7,5
55	2833	314944	302232	220461	0,05	7,5
56	2707	305799	292774	214059	0,05	7,5
57	2689	304436	291362	213105	0,05	7,5
58	2670	303067	289944	212147	0,05	7,5
59	2670	303058	289935	212141	0,05	7,5
60	2670	303049	289925	212134	0,05	7,5
61	2710	305979	292960	214185	0,05	7,5
62	2780	311069	298227	217749	0,05	7,5
63	2789	311738	298918	218217	0,05	7,5
64	2789	311738	298918	218217	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
65	2779	311020	298175	217714	0,05	7,5
66	2760	309626	296733	216738	0,05	7,5
67	2789	311782	298964	218248	0,05	7,5
68	2809	313252	300483	219277	0,05	7,5
69	2723	307024	294042	214917	0,05	7,5
70	2626	299986	286751	209990	0,05	7,5
71	2443	286433	272680	200503	0,05	7,5
72	2247	271566	257186	190096	0,05	7,5
73	2122	262022	247204	183415	0,05	7,5
74	1985	251339	235991	175937	0,05	7,5
75	1956	249159	233698	174411	0,05	7,5
76	1916	246068	114852	172248	0,05	7,5
77	891	160921	37286	112645	0,05	7,5
78	820	37560	35227	26292	0,05	7,5
79	747	35498	32898	24848	0,05	7,5
80	593	33041	29024	23129	0,05	7,5
81	495	28968	24311	20278	0,05	7,5
82	391	24097	19305	16868	0,05	7,5
83	281	19040	14057	13328	0,05	7,5
84	234	6532	5831	4573	0,05	7,5
85	15	213	0	149	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 295 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 59 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 59 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 324261 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 648522 kN/m ³

5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
3	Zand, sterk siltig, kleig	Calculated with E100
2	Zand, schoon, los	Calculated with E100
1	Zand, schoon, vast	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (L=5 m)		Vertical 2 (L=10 m)		Vertical 3 (L=15 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	14,846	0,000	14,145	0,000	15,292
2	14,903	18,262	14,460	17,902	15,182	18,490
1	91,308	135,045	89,508	133,835	92,449	135,819

Layer number	Vertical 4 (L=20 m)		Vertical 5 (L=25 m)		Vertical 6 (L=30 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	16,612	0,000	16,836	0,000	17,059
2	15,988	19,157	16,123	19,270	16,256	19,381
1	95,786	138,112	96,348	138,502	96,906	138,891

Layer number	Vertical 7 (L=35 m)		Vertical 8 (L=40 m)		Vertical 9 (L=45 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,106	0,000	17,153	0,000	17,465
2	16,284	19,405	16,312	19,428	16,496	19,583
1	97,023	138,973	97,140	139,055	97,917	139,598

Layer number	Vertical 10 (L=50 m)		Vertical 11 (L=55 m)		Vertical 12 (L=60 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,775	0,000	17,643	0,000	17,510
2	16,679	19,737	16,601	19,672	16,523	19,606

Layer number	Vertical 10 (L=50 m)		Vertical 11 (L=55 m)		Vertical 12 (L=60 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
1	98,686	140,139	98,358	139,908	98,028	139,676

Layer number	Vertical 13 (L=65 m)		Vertical 14 (L=70 m)		Vertical 15 (L=75 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,691	0,000	17,872	0,000	17,920
2	16,630	19,696	16,736	19,785	16,764	19,809
1	98,478	139,993	98,927	140,309	99,045	140,392

Layer number	Vertical 16 (L=80 m)		Vertical 17 (L=85 m)		Vertical 18 (L=90 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,967	0,000	17,952	0,000	17,936
2	16,791	19,832	16,782	19,825	16,773	19,817
1	99,162	140,475	99,124	140,448	99,086	140,421

Layer number	Vertical 19 (L=95 m)		Vertical 20 (L=100 m)		Vertical 21 (L=105 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,870	0,000	17,804	0,000	17,736
2	16,735	19,784	16,696	19,752	16,656	19,718
1	98,922	140,305	98,758	140,190	98,589	140,071

Layer number	Vertical 22 (L=110 m)		Vertical 23 (L=115 m)		Vertical 24 (L=120 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,667	0,000	17,353	0,000	17,036
2	16,616	19,684	16,430	19,527	16,242	19,370
1	98,419	139,951	97,637	139,402	96,848	138,851

Layer number	Vertical 25 (L=125 m)		Vertical 26 (L=130 m)		Vertical 27 (L=135 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,226	0,000	17,416	0,000	17,677
2	16,355	19,465	16,468	19,559	16,621	19,688
1	97,323	139,182	97,795	139,513	98,442	139,968

Layer number	Vertical 28 (L=140 m)		Vertical 29 (L=145 m)		Vertical 30 (L=150 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,936	0,000	17,718	0,000	17,499
2	16,773	19,817	16,645	19,709	16,517	19,600
1	99,086	140,421	98,545	140,040	98,002	139,658

Layer number	Vertical 31 (L=155 m)		Vertical 32 (L=160 m)		Vertical 33 (L=165 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,025	0,000	16,547	0,000	15,787
2	16,235	19,364	15,949	19,125	15,487	18,741
1	96,819	138,831	95,623	137,999	93,705	136,677

Layer number	Vertical 34 (L=170 m)		Vertical 35 (L=175 m)		Vertical 36 (L=180 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	15,018	0,000	15,749	0,000	16,471
2	15,011	18,350	15,464	18,722	15,903	19,086
1	91,748	135,343	93,608	136,611	95,432	137,867

Layer number	Vertical 37 (L=185 m)		Vertical 38 (L=190 m)		Vertical 39 (L=195 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	16,401	0,000	16,332	0,000	15,665
2	15,861	19,051	15,819	19,016	15,412	18,679
1	95,256	137,745	95,081	137,624	93,397	136,466

Layer number	Vertical 40 (L=200 m)		Vertical 41 (L=205 m)		Vertical 42 (L=210 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	14,992	0,000	16,003	0,000	16,999
2	14,995	18,336	15,619	18,850	16,220	19,351
1	91,682	135,298	94,252	137,053	96,754	138,785

Layer number	Vertical 43 (L=215 m)		Vertical 44 (L=220 m)		Vertical 45 (L=225 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	16,593	0,000	16,186	0,000	16,486
2	15,977	19,148	15,730	18,943	15,912	19,094
1	95,739	138,079	94,713	137,370	95,469	137,892

Layer number	Vertical 46 (L=230 m)		Vertical 47 (L=235 m)		Vertical 48 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	16,785	0,000	16,286	0,000	15,784
2	16,092	19,244	15,791	18,993	15,485	18,739
1	96,219	138,413	94,966	137,545	93,697	136,672

Layer number	Vertical 49 (L=245 m)		Vertical 50 (L=250 m)		Vertical 51 (L=255 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	16,106	0,000	16,427	0,000	17,221
2	15,682	18,902	15,876	19,064	16,352	19,462
1	94,512	137,232	95,320	137,790	97,310	139,173

Layer number	Vertical 52 (L=260 m)		Vertical 53 (L=265 m)		Vertical 54 (L=270 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	18,007	0,000	17,972	0,000	17,936
2	16,814	19,852	16,794	19,835	16,773	19,817
1	99,259	140,543	99,173	140,482	99,086	140,421

Layer number	Vertical 55 (L=275 m)		Vertical 56 (L=280 m)		Vertical 57 (L=285 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	16,187	0,000	14,392	0,000	14,124
2	15,731	18,943	14,617	18,029	14,446	17,890
1	94,716	137,372	90,144	134,260	89,451	133,797

Layer number	Vertical 58 (L=290 m)		Vertical 59 (L=295 m)		Vertical 60 (L=300 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	13,854	0,000	13,852	0,000	13,850
2	14,273	17,751	14,272	17,750	14,271	17,749
1	88,754	133,331	88,749	133,328	88,744	133,325

Layer number	Vertical 61 (L=305 m)		Vertical 62 (L=310 m)		Vertical 63 (L=315 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	14,427	0,000	15,429	0,000	15,643
2	14,640	18,047	15,267	18,559	15,399	18,668
1	90,235	134,322	92,796	136,055	93,340	136,427

Layer number	Vertical 64 (L=320 m)		Vertical 65 (L=325 m)		Vertical 66 (L=330 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	15,856	0,000	16,059	0,000	16,262
2	15,530	18,776	15,654	18,879	15,777	18,981
1	93,881	136,798	94,394	137,151	94,905	137,503

Layer number	Vertical 67 (L=335 m)		Vertical 68 (L=340 m)		Vertical 69 (L=345 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,273	0,000	18,270	0,000	17,943
2	16,383	19,488	16,968	19,982	16,777	19,820
1	97,440	139,264	99,910	141,004	99,101	140,432

Layer number	Vertical 70 (L=350 m)		Vertical 71 (L=355 m)		Vertical 72 (L=360 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,613	0,000	16,259	0,000	14,875
2	16,584	19,657	15,775	18,979	14,922	18,277
1	98,285	139,857	94,897	137,497	91,383	135,096

Layer number	Vertical 73 (L=365 m)		Vertical 74 (L=370 m)		Vertical 75 (L=375 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	14,643	0,000	14,410	0,000	15,770
2	14,776	18,158	14,629	18,038	15,477	18,732
1	90,788	134,694	90,190	134,291	93,662	136,648

Layer number	Vertical 76 (L=380 m)		Vertical 77 (L=385 m)		Vertical 78 (L=390 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,101	0,000	17,083	0,000	17,066
2	16,281	19,402	16,270	19,393	16,260	19,384
1	97,010	138,964	96,966	138,933	96,921	138,902

Layer number	Vertical 79 (L=395 m)		Vertical 80 (L=400 m)		Vertical 81 (L=405 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,158	0,000	17,249	0,000	17,360
2	16,314	19,430	16,369	19,476	16,434	19,531
1	97,151	139,062	97,380	139,222	97,655	139,415

Layer number	Vertical 82 (L=410 m)		Vertical 83 (L=415 m)		Vertical 84 (L=420 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,470	0,000	17,561	0,000	17,651
2	16,499	19,586	16,553	19,631	16,606	19,676
1	97,929	139,607	98,154	139,765	98,378	139,922

Layer number	Vertical 85 (L=425 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	0,000	17,643
2	16,601	19,672
1	98,359	139,909

6 Data for Stress Analysis

6.1 General Data

Number of pipes in bundle	:	Npipes = 4 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 170181 kN/m ³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
Bending radius on rollers	:	Rrol = 500,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

6.2 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	:	353	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	100	[kg/m]
Result	:	252	[kg/m] (Pipeline moves upwards)

6.3 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/mm²])
- 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	43
T2	47	67
T3	125	126

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	313	243
T5	411	324
T6	433	336

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 (γ) of at least 1.4 for the stress analysis. In the pipe stress analysis (next chapter), a factor of 1,80 is used and a load factor of 1,00.

7 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

7.1 Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 433 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 59 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 324261 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 204,592 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,74 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,02	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 1,05 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 5,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 6,54 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0200 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 1,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,77 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,71 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 7,49 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 5,33 \text{ N/mm}^2$$

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,25	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,71	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	7,49	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	5,33	N/mm ²

7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	1,02	6,54	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,25	0,25
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,77	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	5,33	5,33

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 10,8 mm (3,44% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.4 Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 336 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 260 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

8 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

8.1 Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 433 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 59 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 324261 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 204,592 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,74 \text{ N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,02	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	1,05	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	5,86	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	6,54	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,7E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0,0200	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	1,18	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,77	N/mm ²
--	---	------	-------------------

8.2.3 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 ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

8.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,38	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,25	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,71	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	7,49	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	5,33	N/mm ²
--	---	------	-------------------

8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,38	N/mm ²
--	---	------	-------------------

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 ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,25	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,71	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	7,49	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	5,33	N/mm ²

8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	1,02	6,54	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,25	0,25
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,77	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	5,33	5,33

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 10,8 mm (3,44% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

8.4 Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 336 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 260 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

9 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

9.1 Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 433 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 59 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 324261 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 204,592 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,74 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,02	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 1,05 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 5,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 6,54 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0200 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 1,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,77 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,71 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 7,49 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 5,33 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,25	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,71	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	7,49	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	5,33	N/mm ²

9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	1,02	6,54	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,25	0,25
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,77	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	5,33	5,33

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 10,8 mm (3,44% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 336 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 260 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 433 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 59 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 324261 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 204,592 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 = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

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 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,74 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,02	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	1,05	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	5,86	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	6,54	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,7E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0,0200	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	1,18	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,77	N/mm ²
--	---	------	-------------------

10.2.3 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 ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,38	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,25	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,71	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	7,49	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	5,33	N/mm ²
--	---	------	-------------------

10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,38	N/mm ²
--	---	------	-------------------

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 ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,25	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,71	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	7,49	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	5,33	N/mm ²

10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	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)	1,02	6,54	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,25	0,25
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,77	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	5,33	5,33

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 10,8 mm (3,44% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 336 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 260 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

End of Report