

NET OP ZEE HOLLANDSE KUST (NOORD) EN HOLLANDSE KUST (WEST ALPHA) EMC-BEREKENINGEN

EMC-berekeningenrapportage t.b.v. vergunningaanvragen

TenneT

8 OKTOBER 2018

A large, solid orange geometric shape is positioned in the bottom right corner of the page. It consists of a right-angled triangle with a thin white diagonal line running from the top-right corner to the bottom-left corner. A thin white horizontal line also extends from the left edge of the page to the right edge, intersecting the triangle.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	6
2	BEINVLOEDINGSVORMEN	7
2.1	Inductieve beïnvloeding	7
2.1.1	Het principe	7
2.1.2	De gevolgen	7
2.1.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	7
2.2	Capacitieve beïnvloeding	7
2.2.1	Het principe	7
2.2.2	De gevolgen	8
2.2.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	8
2.3	Weerstandbeïnvloeding	8
2.3.1	Het principe	8
2.3.2	De gevolgen	8
2.3.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	8
2.4	Thermische beïnvloeding	8
2.4.1	Het principe	8
2.4.2	De gevolgen	8
2.4.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	9
2.5	Hoogfrequente velden	9
2.5.1	Het principe	9
2.5.2	De gevolgen	9
2.5.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	9
2.6	Elektrische velden	9
2.6.1	Het principe	9
2.6.2	De gevolgen	9
2.6.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	9
2.7	Magnetische velden	9
2.7.1	Het principe	9
2.7.2	De gevolgen	10
2.7.3	Beïnvloedings- en inventarisatiezones	10

3	UITGANGSPUNTEN MODELLERING	11
3.1	TenneT	11
3.1.1	Tracé net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)	11
3.1.2	Configuratie Circuits net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)	11
3.1.2.1	Open ontgravingen	12
3.1.2.2	HDD (Horizontal Directional Drilling)	13
3.1.3	Scenario's TenneT	14
3.2	ProRail	15
3.2.1	Ligging ProRail infrastructuur t.o.v. net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)	15
3.2.2	Configuratie ProRail Infrastructuur	15
3.2.3	Scenario's ProRail	16
3.3	Rijkswaterstaat	16
3.3.1	Ligging Rijkswaterstaat infrastructuur t.o.v. net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)	16
3.3.2	Configuratie Rijkswaterstaat	16
3.3.3	Scenario's Rijkswaterstaat	17
3.4	Opzet berekeningsmodel	17
3.5	Toetsingscriteria	18
3.5.1	ProRail	18
3.5.2	Rijkswaterstaat	18
4	ANALYSE PRORAIL INFRASTRUCTUUR	20
4.1	Parallelloop	20
4.1.1	Parallelloop 2,5 Ω km	20
4.1.2	Parallelloop 10 Ω km	21
4.1.3	Parallelloop 100 Ω km	22
4.2	Kruisingen toegang opstel terrein en baanvak Driehuis-Uitgeest	23
5	ANALYSE RIJKSWATERSTAAT INFRASTRUCTUUR	24
5.1	Parallelloop met A9	24
5.2	Kruising met de snelweg A22	24
6	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	25
6.1	Conclusies ProRail	25
6.2	Aanbevelingen ProRail	25
6.3	Conclusies Rijkswaterstaat	25
6.4	Aanbevelingen Rijkswaterstaat	25

7	LITERATUUR	26
8	BIJLAGE: E-MAIL 220KV EN 380KV-KABELCIRCUITS	27
9	BIJLAGE: RESULTATEN INDUCTIEVE BEINVLOEDING PRORAIL	28
9.1	ProRail 2,5 Ω km	29
9.2	ProRail 10 Ω km	62
9.3	ProRail 100 Ω km	95
10	BIJLAGE: RESULTATEN MAGNETISCH VELD PRORAIL	128
11	BIJLAGE: RESULTATEN INDUCTIEVE BEINVLOEDING RIJKSWATERSTAAT	131
12	BIJLAGE: RESULTATEN MAGNETISCH VELD RIJKSWATERSTAAT	136
	COLOFON	139

1 INLEIDING

TenneT is voornemens om een elektriciteitsnet op zee te realiseren dat zorgt voor de stroomverbinding van de windturbines van windenergiegebied net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) met het landelijke hoogspanningsnet. Via deze route zullen ook de windturbines uit het noordelijke deel (Alpha) van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) worden aangesloten (Bron: Rijksdienst voor Ondernemend Nederland).

Voor de vergunningsaanvraag van net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) zijn EMC-berekeningen vereist. Deze berekeningen bevatten:

- EMC-berekeningen tussen TenneT-hoogspanningskabelverbinding en 2 spoor kruisingen en parallelloop met ProRail spoorlijn;
- EMC-berekeningen tussen TenneT-hoogspanningskabelverbinding en 1 x kruising A22 nabij Velsertunnel;
- EMC-berekeningen tussen TenneT-hoogspanningskabelverbinding en 1 x parallelloop A9 nabij Wijkertunnel.

Deze rapportage geeft alle uitgangspunten en berekeningen van bovengenoemde EMC-studies.

Deze bovengenoemde EMC-studie is gedaan ten behoeve van de vergunningsaanvraag. Een volledige EMC-studie valt buiten scope van deze studie en zal door TenneT separaat plaatsvinden.

2 BEINVLOEDINGSVORMEN

Het transport van elektrische energie zorgt voor een stroom door de geleiders van een hoogspanningslijn en hoogspanningskabel. Deze stroom veroorzaakt een magnetisch veld rondom de hoogspanningslijn en de hoogspanningskabel. Als gevolg van het spanningsverschil tussen de geleiders van een hoogspanningslijn onderling en de omgeving wordt een elektrisch veld veroorzaakt. Bij hoogspanningskabels vormt zich een elektrisch veld volledig binnen de kabel. Deze Elektrische – en Magnetische velden (EM-velden) zorgen voor een beïnvloeding van objecten en systemen in de nabijheid van de hoogspanningsverbinding. Deze beïnvloeding kan bestaan uit:

- Het veroorzaken van ontoelaatbare spanningen op metalen objecten;
- Het veroorzaken van ontoelaatbare ontladingen (bij aanraking) van geïsoleerd opgestelde geleidende objecten;
- Het veroorzaken van ontoelaatbare stap- of aanraakspanningen bij hoogspanningsmasten en aarding;en;
- Het veroorzaken van beschadigingen aan isolerende mantels of coatings van kabels en (buis)leidingen;
- Het veroorzaken van een potentieel risico op wisselstroomcorrosie bij buisleidingen;
- Het veroorzaken van verstoring van (radio) signalen;
- Het veroorzaken van de niet-correcte werking van elektrische apparatuur.

Al deze mogelijke vormen van beïnvloeding worden veroorzaakt door één of meerdere beïnvloedingsmechanismen:

- Inductieve beïnvloeding;
- Capacitieve beïnvloeding;
- Weerstandsbeïnvloeding;
- Thermische beïnvloeding;
- Hoogfrequente velden;
- Elektrische velden;
- Magnetische velden.

Deze vormen worden in onderstaande paragraaf toegelicht.

2.1 Inductieve beïnvloeding

2.1.1 Het principe

Inductieve beïnvloeding wordt veroorzaakt door de stromen die door de hoogspanningsverbinding lopen. Deze stromen kunnen stoorspanningen opwekken in parallel aan de hoogspanningsverbinding opgestelde objecten en systemen.

2.1.2 De gevolgen

Door de inductieve beïnvloeding kan er een overschrijdende aanraakspanning op het parallel gelegen object of systeem ontstaan. Zodra een levend wezen (mens of dier) het object aanraakt en in contact staat met de aarde, zal er als gevolg van het aanwezige spanningsverschil een stroom door het lichaam van het levende wezen gaan lopen. Verder veroorzaakt deze vorm van beïnvloeding, afhankelijk van het object of systeem, een stoorspanning en een risico op wisselstroomcorrosie in het object of systeem.

2.1.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De zone waar binnen deze beïnvloedingsvorm voor ontoelaatbare beïnvloeding zorgt, is afhankelijk van een aantal parameters, waaronder bedrijfsvoering, de specifieke eigenschappen van de hoogspanningslijn, de hoogspanningskabel en de lokale bodemweerstand. Voor het bepalen van de beïnvloedingszone wordt in eerste instantie uitgegaan van de zone van 1 km aan beide zijden waarin een object/systeem ontoelaatbaar wordt beïnvloed. De gehanteerde toetsingscriteria zijn, indien relevant, in hoofdstuk 3 “Uitgangspunten” benoemd.

2.2 Capacitieve beïnvloeding

2.2.1 Het principe

Capacitieve beïnvloeding wordt veroorzaakt door de spanning op de geleiders van de hoogspanningslijn.

Capacitieve beïnvloeding vindt alleen plaats als een metalen object/systeem boven de grond geïsoleerd is opgesteld in de nabijheid van een hoogspanningslijn. De capaciteit tussen de geleiders van de hoogspanningsverbinding en het geïsoleerd opgestelde object/systeem enerzijds en de capaciteit tussen dit object/systeem en de aarde anderzijds vormen een spanningsdeler. Hierdoor komt op het object/systeem een spanning te staan.

2.2.2 De gevolgen

Geïsoleerd opgestelde metalen objecten en systemen kunnen door capacitieve beïnvloeding onder spanning komen te staan. Door de aanraking van een geladen object door een levend wezen vindt een ontlading door het lichaam plaats.

2.2.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De regels met betrekking tot capacitieve beïnvloeding zijn vastgelegd in de NEN 3654. Voor net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) is deze beïnvloedingsvorm niet relevant voor de berekening van de beïnvloeding van de ProRail en Rijkswaterstaat infrastructuur vanwege het feit dat net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) een hoogspanningskabelverbinding is.

2.3 Weerstandsbeïnvloeding

2.3.1 Het principe

Weerstandsbeïnvloeding wordt veroorzaakt door een kortsluiting in de hoogspanningsverbinding. Door een kortsluiting tussen een hoogspanningsverbinding en aarde zal een hoge kortsluitstroom de grond in lopen ter plaatse van deze aarding. Deze stroom zorgt voor het ontstaan van een potentiaaltrechter.

2.3.2 De gevolgen

Indien een deel van geïsoleerde objecten of systemen zich binnen de potentiaaltrechter bevindt, kan aanraking van ongeïsoleerde (bovengrondse) delen leiden tot aanraakspanningsgevaar. Bij isolatiefouten in het gebied van de potentiaaltrechter zal het object of systeem ter plaatse een gedeelte van de trechterspanning aan kunnen nemen. Hiermee wordt een deel van de potentiaal versleept, zodat elders bij ongeïsoleerde delen ontoelaatbare overbruggingsspanningen kunnen ontstaan.

2.3.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De potentiaaltrechters zijn in deze fase van de EMC-studie niet bepaald. Kabelverbindingen hebben slechts op beperkte locaties waar weerstandsbeïnvloeding plaats kan vinden: aansluiting op het hoogspanningsstation en aardingslocaties (bij open ontgravingen).

Er wordt gebruik gemaakt van de ProRail regelgeving op basis van afstand tot het tracé voor de open ontgravingen: RLN00398 geeft een minimale afstand van 31 meter tussen ProRail infrastructuur en een aardingslocatie van TenneT. Voor net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) is deze beïnvloedingsvorm niet relevant voor de berekening van de beïnvloeding van de ProRail en Rijkswaterstaat infrastructuur vanwege het feit dat de hoogspanningskabelverbinding van net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) ter ver van deze infrastructuur ligt.

2.4 Thermische beïnvloeding

2.4.1 Het principe

Thermische beïnvloeding wordt veroorzaakt door de stroom door de hoogspanningskabels. Dit leidt tot een afwijking van de normaal te verwachten bodemtemperatuur.

2.4.2 De gevolgen

Kabels van derden kunnen hun warmte minder goed kwijt in een reeds opgewarmde bodem en daarmee minder worden uitgenut. Overige ondergrondse infrastructuur, met name buisleidingen en hun inhoud kunnen schade ondervinden in de vorm van verhoogde coatingdegradatie, verhoogde corrosiesnelheid en thermische spanningen respectievelijk aantasting van het getransporteerde medium (zoals bacteriegroei in

drinkwater).

2.4.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

Indien de afstand tussen de kabel en de buisleiding meer dan 10 m bedraagt, is geen noemenswaardige beïnvloeding te verwachten 1.[3].

2.5 Hoogfrequente velden

2.5.1 Het principe

Door oneffenheden in componenten van de hoogspanningslijn kan er door corona ontladingen sprake zijn van hoogfrequente elektromagnetische golven. Het ontstaan van de corona-ontlading hangt af van de toegepaste isolatoren, geleiders, de bundelafmeting, de (lokale) weersomstandigheden en de vervuilingsgraad van de componenten.

2.5.2 De gevolgen

De hoogfrequente elektromagnetische golven kunnen voor interferentie zorgen van radiosignalen. Dit geldt vooral voor AM-gemoduleerde radiosignalen. Het optreden van de verstoring hangt af van de gevoeligheid van de apparatuur en de sterkte van de aanwezige radiosignalen.

2.5.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

Beïnvloeding door hoge frequenties (> 9 kHz) kan zich uiten in effecten zoals elektromagnetische storingen op nabijgelegen apparatuurinstallaties. Door te voldoen aan de essentiële veiligheidseisen vanuit de EMC-richtlijn en de geharmoniseerde EMC-normen voor producten mag verondersteld worden dat een apparaat/installatie niet te gevoelig zal zijn voor hoogfrequente elektromagnetische beïnvloeding vanuit zijn omgeving [NEN 3654]. Voor net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) is deze beïnvloedingsvorm niet relevant voor de berekening van de beïnvloeding van de ProRail en Rijkswaterstaat infrastructuur vanwege het feit dat net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) een hoogspanningskabelverbinding is.

2.6 Elektrische velden

2.6.1 Het principe

Elektrische velden ontstaan als gevolg van een verschil in spanning tussen spanning voerende delen (geleiders) en de omgeving met een potentiaal van 0 V. De elektrische veldsterkte neemt af met de afstand tot de spanning voerende delen. Kortom: hoe verder men van de spanning voerende delen verwijderd is, des te lager de elektrische veldsterkte is.

2.6.2 De gevolgen

Elektrische velden zijn door levende wezens waarneembaar. Vooral bij hoge elektrische veldsterkten is het veld "voelbaar" als gevolg van het gaan trillen van de beharing op het lichaam van het levende wezen.

2.6.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De beïnvloedings- en inventarisatiezones die gelden bij elektrische velden worden uitgedrukt in waarden op 1 m boven maaiveld en worden berekend bij de hoogste systeemspanning ($U_{nom} + 10\%$). Voor net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) is deze beïnvloedingsvorm niet relevant voor de berekening van de beïnvloeding van de ProRail en Rijkswaterstaat infrastructuur vanwege het feit dat Hollandse Kust (noord) en (west Alpha) een hoogspanningskabelverbinding is.

2.7 Magnetische velden

2.7.1 Het principe

De stroom door de geleiders zorgt voor het ontstaan van een magnetisch veld rondom de geleider.

2.7.2 De gevolgen

Magnetische velden kunnen ervoor zorgen dat een object of systeem nadelig wordt beïnvloed (foutief functioneren). Verder geldt dat de magnetische velden effecten kunnen veroorzaken voor levende wezens.

2.7.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

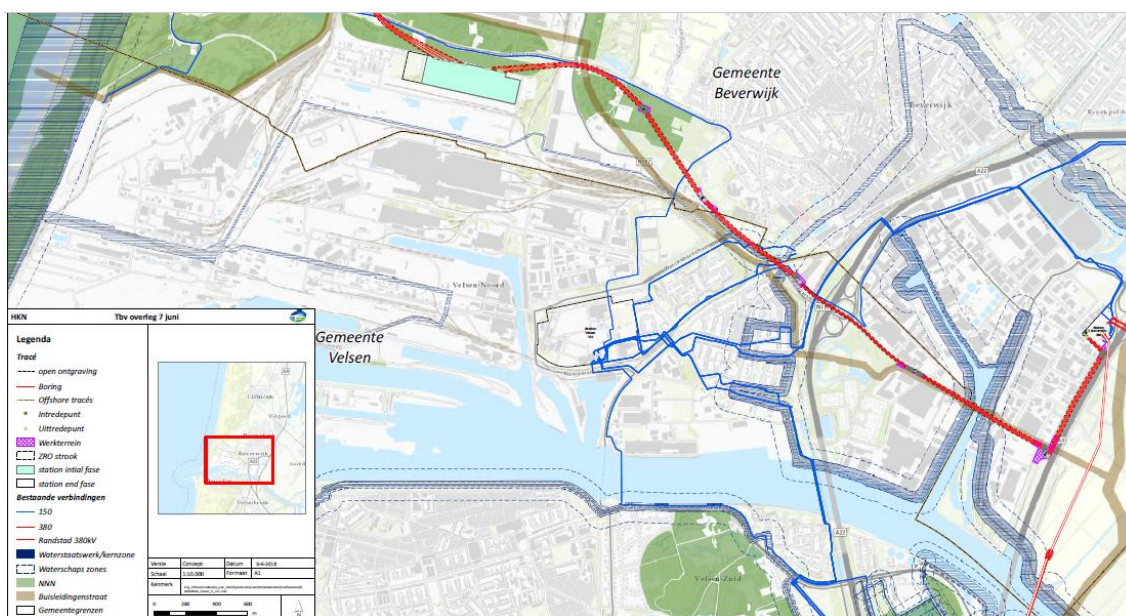
De mate waarin beïnvloeding van een object of systeem plaatsvindt, kan afgeleid worden van de immuniteit eisen die voor deze objecten of systemen gelden. Voor levende wezens (mensen) wordt onderscheid gemaakt tussen de beroepsbevolking en algemeen publiek. De gehanteerde toetsingscriteria zijn in hoofdstuk 3 "Uitgangspunten" benoemd.

3 UITGANGSPUNTEN MODELLERING

3.1 TenneT

3.1.1 Tracé net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)

Het 380kV-deel van het tracé van net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) loopt van het 220/380kV-station Tata Steel naar het TenneT-station Beverwijk, bestaat uit 4 x 380kV-circuits en bevat de liggingsconfiguraties open ontgravingen en gestuurde boringen, genaamd HDD (horizontaal directionaal drilling). Alleen de kabelverbinding tussen station Tata Steel en TenneT station Beverwijk is onderdeel van deze studie, de stations zelf zijn geen onderdeel van deze studie. In onderstaande afbeelding is een overzicht van het tracé in rood zichtbaar. De ligging van de infrastructuur van ProRail en Rijkswaterstaat t.o.v. de TenneT-infrastructuur is voor ProRail gegeven in paragraaf 3.2.1 en voor Rijkswaterstaat in paragraaf 3.3.1.



Afbeelding 1: 380 kV-tracé tussen 220/380 kV-station Tata Steel (linksboven) en TenneT-station Beverwijk.

De HDD's (HDD4/5, HDD6, HDD7, HDD8, HDD9, HDD10, HDD11) zijn gemodelleerd conform onderstaande afbeelding (conform tracé 3, versie 1.3):

380kV gedeelte

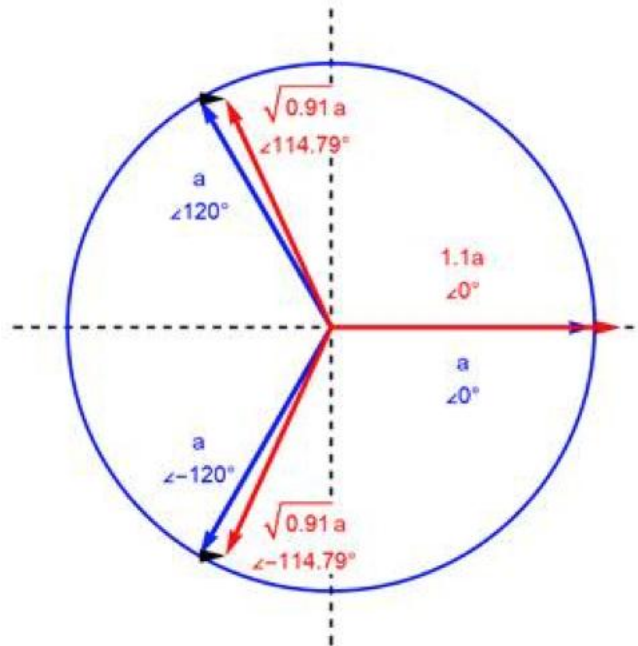
Nummer	Locatie	Intredepunt	Uittredepunt	Lengte	Diepte	Configuratie	Breedte	Indicatie boorzuisen
HDD 4/5	van Tata Steel locatie Landstation naar paardenwei Nieuw Westerhout	Nabij Paardenwei Nieuw Westerhout	Tata Steel locatie Landstation	1.089	m ca. -30	m 4 boorgangen met 4 PE buizen	18 x 8m, zie mail	4xPEØ315mm SDR 9
HDD 6	van paardenwei Nieuw Westerhout naar locatie voorbij kinderboerderij Stg Kinderboerderij & Natuur en Milieu park Vondelkwartier	Nabij Paardenwei Nieuw Westerhout	locatie voorbij Stg Kinderboerderij & Natuur en Milieu park Vondelkwartier	631	m ca. -30	m 4 boorgangen met 4 PE buizen	18 x 8m, zie mail	4xPEØ315mm SDR 9
HDD 7	van locatie voorbij kinderboerderij naar Velsertaverse	locatie voorbij Stg Kinderboerderij & Natuur en Milieu park Vondelkwartier	Velsertaverse	780	m ca. -30	m 4 boorgangen met 4 PE buizen	18 x 8m, zie mail	4xPEØ315mm SDR 9
HDD 8	van Velsertaverse naar industrieterrein Leeghwaterweg	Industrieterrein Leeghwaterweg	Velsertaverse	887	m ca. -40 / -30	m 4 boorgangen met 4 PE buizen	18 x 8m, zie mail	4xPEØ315mm SDR 7/9
HDD 9	van Industrieterrein Leeghwaterweg naar Beveland voor de A9	Industrieterrein Leeghwaterweg	Beveland voor de A9	1.013	m ca. -40	m 4 boorgangen met 4 PE buizen	18 x 8m, zie mail	4xPEØ315mm SDR 7
HDD 10	van nabij netstation Beverwijk380 langs A9 naar Beveland	Nabij netstation Beverwijk	Beveland voor de A9	661	m ca. -10	m 4 boorgangen met 4 PE buizen	18 x 8m, zie mail	4xPEØ315mm SDR 11
HDD 11	van nabij netstation Beverwijk380 langs A9 naar ingang station Beverwijk380	Nabij netstation Beverwijk	Ingang station Beverwijk	160	m ca. -10	m 4 boorgangen met 4 PE buizen	18 x 8m, zie mail	4xPEØ315mm SDR 11

Tabel 1: Opdracht HDD's.

3.1.2 Configuratie Circuits net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)

1. De verbinding voor net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) bevat 4 x 380kV-circuits met 3 x een fase kabels.
 - a. De ontwerpstroom van elk circuit is 1600 A, zie hoofdstuk 8.
 - b. De maximale belasting van de totale verbinding is ca. 3.850 A, zie hoofdstuk 8.

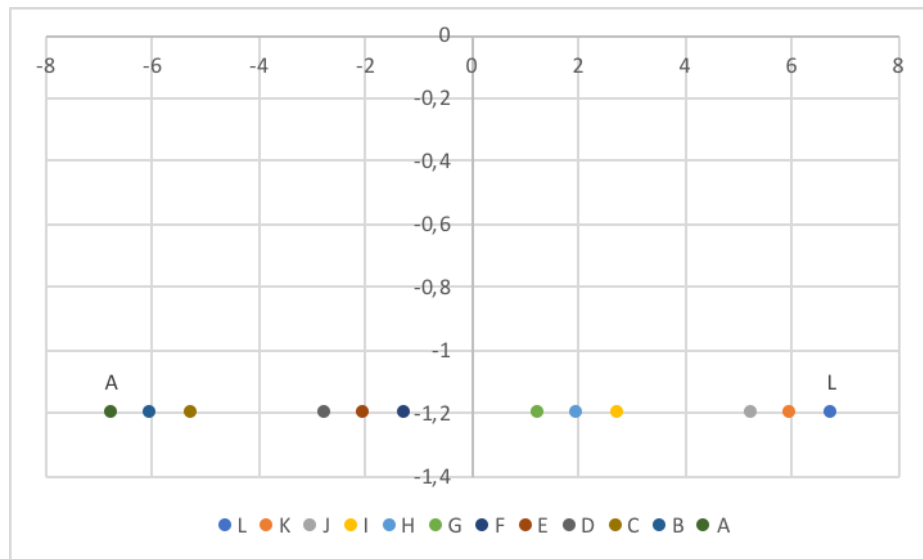
- c. Als er 4 circuits in gebruik zijn, dan is de maximale belasting per circuit ongeveer 965 A. 1.[19]
 - d. Als er 3 circuits in gebruik zijn, dan is de maximale belasting per circuit ongeveer 1.285 A (3*1285 A=3.855 A). 1.[19]
2. De belasting per circuit in normaal bedrijf is: 965 A / 965 A / 965 A / 965 A.
 3. De belasting per circuit in normaal bedrijf met 10% asymmetrie: 1062 A (R) / 921A (S) / 921 A (T) voor alle circuits. Zie afbeelding 2 voor een afbeelding van de grootte en richting van de stromen per fase bij een asymmetrie van 10%.
 4. De belasting in onderhoudssituatie, waarbij één circuit geen stroom voert: 1285 A / 1285 A / 1285 A / 0 A.
 5. De belasting in onderhoudssituatie met asymmetrie 10%: 1414 A (R) / 1226 A (S) / 1226 (T) voor alle circuits. Zie afbeelding 2 voor een afbeelding van de grootte en richting van de stromen per fase bij een asymmetrie van 10%.
 6. De belasting voor een éénfase kortsluiting is maximaal 63 kA, 100 ms, zie hoofdstuk 5. Met de gehanteerde uitgangspunten bedraagt de maximale een fase kortsluitstroom ter hoogte van TenneT station Beverwijk, gevoed vanuit TenneT station Tata Steel, 50kA. Om de resultaten van een 63kA kortsluitstroom te bepalen worden de 50kA resultaten lineair geëxtrapoleerd.
 7. Vanwege de lengte van deze verbinding wordt uitgegaan van cross-bonding, er is dus geen separate aardkabel. In het berekeningsmodel wordt ervan uitgegaan dat de aarding van de schermen van de kabels 380kV met 0,5 Ohm op station Tata Steel (TS380), halverwege op open ontgraving nummer 4 en op TenneT Beverwijk 380 (BVW380) wordt toegepast.



Afbeelding 2 10% asymmetrische belasting voor drie fasen

3.1.2.1 Open ontgravingen

De liggingconfiguraties in open ontgraving zijn gebaseerd op TenneT 13 360-S 1.[1], waarbij ligging in plat vlak de worst case ligging is voor de EMC-berekeningen. In onderstaande afbeelding is de ligging van vier parallelle circuits weergegeven. De liggingdiepte bij open ontgravingen in niet-agrarisch terrein bedraagt 1,20 meter.



Afbeelding 3: Configuratie vier circuits in plat vlak, een kabel per fase, afstanden in meters.

De afstand tussen de circuits (gemeten van de buitenste geleider van het ene circuit tot de eerste geleider van het volgende circuit) bedraagt 2,5 meter. De afstand tussen de fases bedraagt 0,75 meter.

In onderstaande tabel zijn de liggingen van de kabels inclusief de klokgetallen opgenomen:

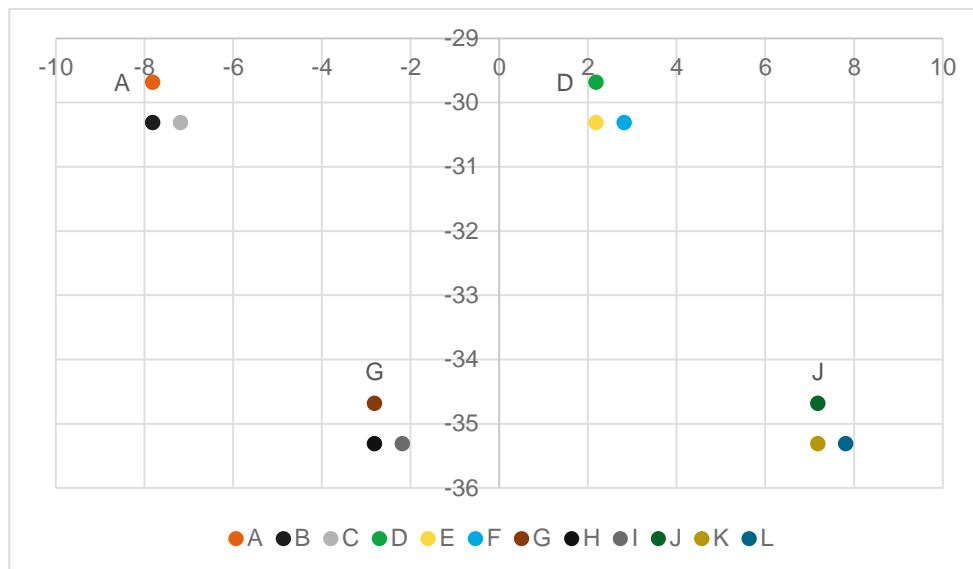
Geleider	Afstand t.o.v. hart [m]	Diepte [m]	Klokgetal
L	6,75	-1,2	12
K	6	-1,2	4
J	5,25	-1,2	8
I	2,75	-1,2	8
H	2	-1,2	4
G	1,25	-1,2	12
F	-1,25	-1,2	12
E	-2	-1,2	4
D	-2,75	-1,2	8
C	-5,25	-1,2	8
B	-6	-1,2	4
A	-6,75	-1,2	12

Tabel 2: Liggingen kabels in open ontgraving inclusief klokgetallen.

3.1.2.2 HDD (Horizontal Directional Drilling)

De liggingsconfiguraties van de HDD zijn gebaseerd op de tekening van TenneT genaamd ruimtebeslag boorgangen vergunningen aanvraag. In onderstaande afbeelding is de ligging van vier parallelle circuits weergegeven. De modellering van de HDD is over gehele lengte op opgegeven diepte uitgevoerd. De liggingsconfiguratie bij boringen op -30 m is gegeven in onderstaande afbeelding, de configuratie voor -40 en

-10 is, op de diepte na, hetzelfde.



Abbeelding 4: Configuratie circuits in boringen, afstanden in meters.

In onderstaande tabel zijn de liggingen van de kabels inclusief de klokgetallen opgenomen:

Geleider	Afstand t.o.v. hart [m]	Diepte [m]	Klokgetal
A	-7,815	-29,685	12
B	-7,815	-30,315	4
C	-7,185	-30,315	8
D	2,185	-29,685	8
E	2,185	-30,315	4
F	2,815	-30,315	12
G	-2,815	-34,685	12
H	-2,815	-35,315	4
I	-2,185	-35,315	8
J	7,185	-34,685	8
K	7,185	-35,315	4
L	7,815	-35,315	12

Tabel 3: Liggingen kabels in HDD inclusief klokgetallen.

3.1.3 Scenario's TenneT

De volgende scenario's van TenneT worden conform NEN 3654 en RLN000398 in de berekeningen uitgevoerd:

- Normaal bedrijf;
- Normaal bedrijf met asymmetrie;
- Onderhoud;

- Onderhoud met asymmetrie;
- Eenfase kortsluiting.

3.2 ProRail

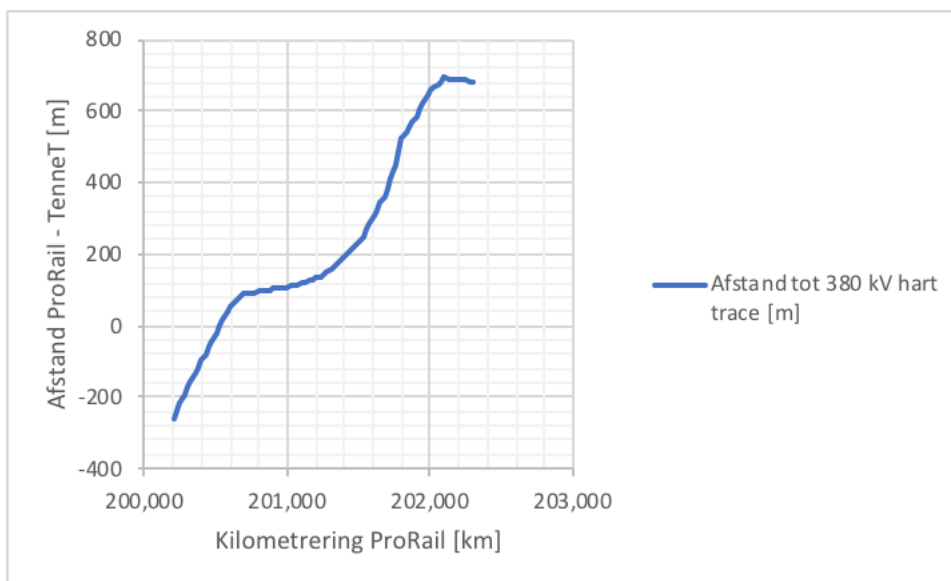
De infrastructuur van ProRail, die beïnvloed wordt, bestaat uit het opstelrein Tata Steel met daaraan gekoppeld het baanvak Driehuis-Uitgeest via schakelstation Beverwijk, zie onderstaande afbeelding.



Afbeelding 5: Detail van de ProRail-infrastructuur tussen de onderstations Driehuis en Uitgeest met schakelstation Beverwijk.

3.2.1 Ligging ProRail infrastructuur t.o.v. net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)

In onderstaande afbeelding is de ligging van het referentiespoor van ProRail gegeven t.o.v. het 380kV-tracé van TenneT. De ProRailinfrastructuur bestaat uit meerdere sporen parallel en sluit aan op de railinfrastructuur van Tata Steel. De railinfrastructuur van Tata Steel is geen onderdeel van deze studie.



Afbeelding 6: Referentiespoor van ProRail t.o.v. 380kV-tracé.

3.2.2 Configuratie ProRail Infrastructuur

De ProRail infrastructuur bestaat standaard uit:

- Spoorstaven;
- Bovenleiding;
- Onder- en schakelstations;
- Standaard configuratie van kabels en leidingen.

3.2.3 Scenario's ProRail

Voor de ProRail infrastructuur worden de volgende scenario's berekend, in combinatie met de TenneT scenario's:

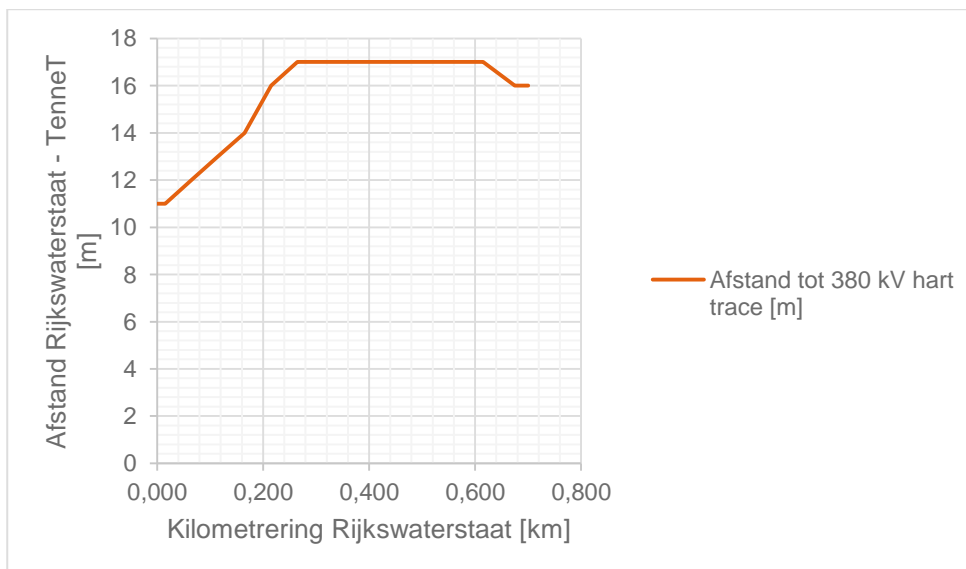
- Geen trein;
- Eén trein;
- Twee treinen, waarbij 1 trein wordt vastgehouden op de positie van de maximale optredende spanning van het scenario met 1 trein. De andere trein varieert in positie tussen de onderstations Driehuis en Uitgeest.

3.3 Rijkswaterstaat

De infrastructuur van Rijkswaterstaat die beïnvloed wordt door net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) bestaat uit geleiderail en kabels en leidingen tpv de kruising van het 380kV-tracé van net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) en de A22 en de parallelloop van geleiderail en kabels en leidingen van de A9 met het 380kV-tracé van net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha).

3.3.1 Ligging Rijkswaterstaat infrastructuur t.o.v. net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha)

De ligging van de kabelinfrastructuur van Rijkswaterstaat is gebaseerd op de positie van de dichtstbijzijnde geleiderail van rijksweg A9 en A22.



Afbeelding 7: Referentie Rijkswaterstaat t.o.v. 380kV-tracé.

3.3.2 Configuratie Rijkswaterstaat

De infrastructuur van Rijkswaterstaat wordt gemodelleerd met:

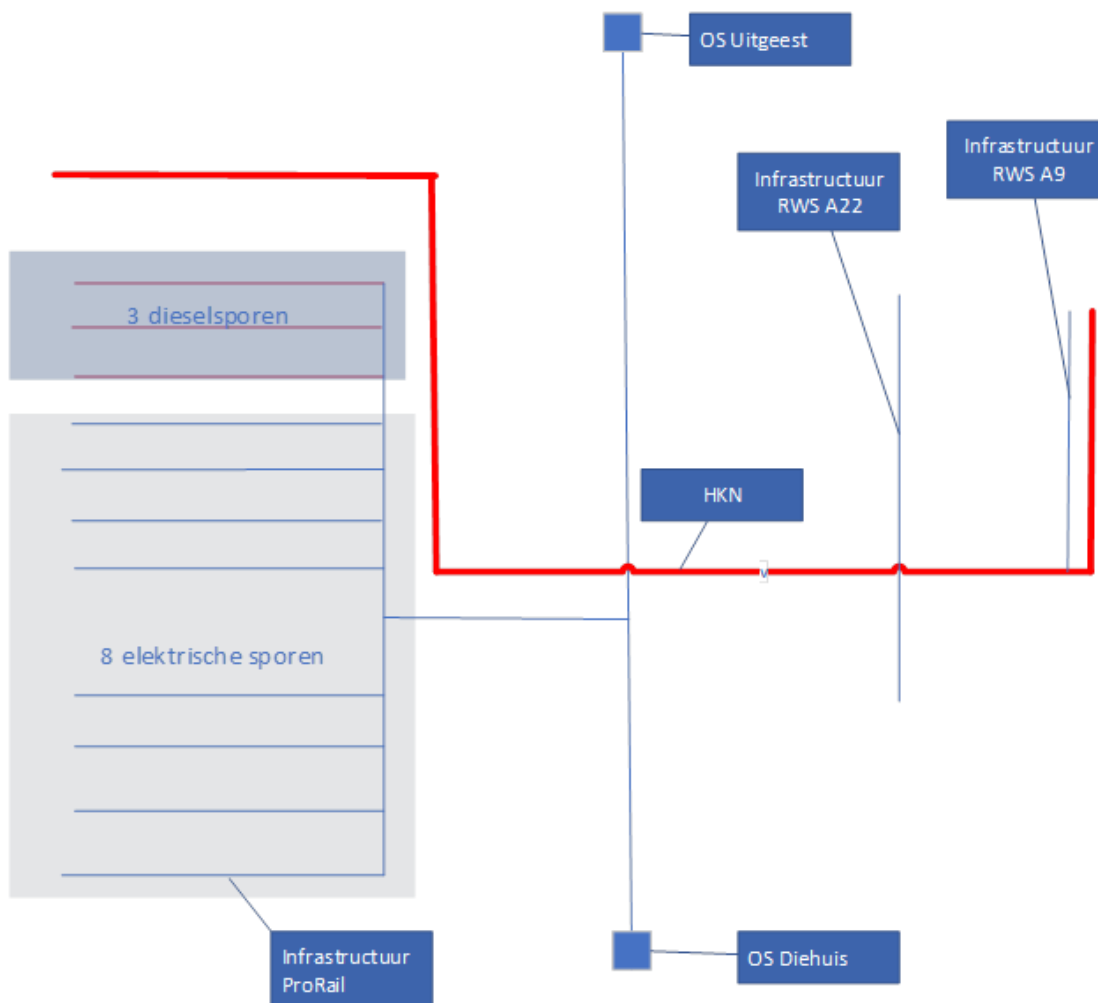
- Standaard configuratie van kabels en leidingen, identiek aan ProRail

3.3.3 Scenario's Rijkswaterstaat

Voor de berekeningen m.b.t. infrastructuur Rijkswaterstaat worden geen andere dan de TenneT scenario's uitgevoerd.

3.4 Opzet berekeningsmodel

Het EMC-berekeningsmodel bestaat in principe uit twee gedeelten, één voor de ProRail infrastructuur en één voor de infrastructuur van Rijkswaterstaat. In onderstaande afbeelding wordt schematisch aangegeven welke infrastructuur van de stakeholders, ProRail of Rijkswaterstaat, op welke wijze, parallelloop of kruising, beïnvloed wordt door de TenneT-infrastructuur. Deze afbeelding is opgenomen, omdat de rapportage beide stakeholders betreft.



Afbeelding 8: Schematische weergave berekeningsmodel met infrastructuur ProRail en Rijkswaterstaat

Modeldeel ProRail

ProRail heeft voor het uitvoeren van de EMC-studies tussen TenneT en ProRail infrastructuur richtlijn RLN00398 opgesteld. Deze richtlijn geeft aan hoe omgegaan dient te worden met beïnvloedingsberekeningen tussen TenneT en ProRail. De configuratie van deze infrastructuur is gegeven in RLN00398. De modellering van de infrastructuur van ProRail is uitgevoerd conform RLN00398. De berekeningen zijn uitgevoerd zonder faalwijzen FP1, FP2 en FP3:

- De voorwaarde voor FP1, een defecte VLD-O, is niet aanwezig.
- De uitvoering van FP2, een defecte paalspoorstaafverbinding met een afleidweerstand van 2,5 Ohm km, is niet van invloed i.v.m. de vele parallelle sporen (diesel en elektrisch).
- FP3, een tweede VLD-O, is een verbijzondering van FP1.

De modellering van de ProRail infrastructuur is gebaseerd op onderstaande documentatie:

- OR bladen 1.[10]1.[11]1.[12]1.[13];
- BVLSS 1.[9].

In het model zijn de drie dieselopstelsporen die het dichtsbij net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) liggen opgenomen. Andere dieselopstelsporen zijn niet meegenomen omdat die verder van net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) liggen. In het model zijn acht geëlektrificeerde opstelsporen opgenomen. Deze zijn elektrisch verbonden met de ProRail spoorlijn Haarlem-Uitgeest. De grenzen van het model liggen bij OS Uitgeest en OS Driehuis, zodat ook de railinfrastructuur tussen deze twee onderstations is meegenomen. Ter plekke van de onderstations is de bovenleiding met het spoor verbonden.

Modeldeel RWS

Voor de infrastructuur van Rijkswaterstaat geldt dat deze begrensd is voor dat deel dat parallel aan net op zee Hollandse Kust (noord) en Hollandse Kust (west Alpha) loopt.

3.5 Toetsingscriteria

3.5.1 ProRail

De beoordelingscriteria zijn opgenomen in de RLN00398. Hieronder zijn de voor deze studie relevante criteria opgenomen. Voor de volgende redenen zijn criteria B4 en B7 hier niet meegenomen:

- Criterium B4, Psfometrische stoorspanning op modemverbindingen, wordt alleen toegepast bij HVDC of een grootverbruiker met vermogenselektronica. Het gaat hier om de aansluiting van een windpark.
- Criterium B7, magneetvelden conform NEN-EN 50121-4 [F] NEN-EN 50121-5 [G]: in de toelichting op dit criterium in de RLN00398 wordt gesteld dat aangenomen wordt dat alle apparatuur voldoet.

Nr.	Criterium
B1	Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 20 VCM, 58 ACM; Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (50 Hz): 0.5 ACM;
B2	Continue verschijnselen dubbelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 65 VCM, 250 ACM;
B3	Common mode spanning railinfra-apparatuur: 150 V continu 650 V 100 ms
B5	Maximale 50 Hz-spanning over DC-materieel: 7 V (beschikbaarheid) 25 V (veiligheid)
B6	Aanraakspanning kabelmantel – aarde (k-a), spoorstaaf – aarde (s-a), EN50122-1: 785 V, 100 ms 60 V, continu
B8	Maximaal elektrisch veld 1 meter boven spoorstelsysteem: 10 kV/m
B9	Maximaal magnetisch veld 1 meter boven maaiveld: 100 µT

Tabel 4: Beoordelingscriteria ProRail.

3.5.2 Rijkswaterstaat

De volgende toetsingscriteria worden gehanteerd voor Rijkswaterstaat:

Aanraakspanning:

- Kortsluiting: 1500 V publiek NEN-EN 50341-3 Cat. B 1.[18] / 660 V (E-installaties laagspanning) NEN 1010 1.[17]
- Continu: 50 V publiek, 25 V buisleidingen NEN-EN 50341-3 Cat. B 1.[18]

Elektromagnetisch veld:

- 5 kV/m publiek NEN-EN 50341-3 1.[18], 10 kV/m werknemers, ICNIRP 1.[16]
- 100 μ T publiek, NEN-EN 50341-3 1.[18], 500 μ T werknemers, ICNIRP 1.[16] en RICHTLIJN 2004/40/EG van het Europees Parlement en de Raad van 29 april 2004 1.[15]

4 ANALYSE PRORAIL INFRASTRUCTUUR

In Bijlage B zijn de resultaten van de EMC-berekeningen van het gehanteerde model voor de ProRail infrastructuur weergegeven. In dit hoofdstuk wordt door middel van een tabel met de toetsingscriteria een samenvatting gegeven van deze resultaten.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de parallelloop van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) met de ProRail infrastructuur en de twee kruisingen met de ProRail infrastructuur.

4.1 Parallelloop

De infrastructuur van ProRail is een DC-tractievoedingssysteem, dat zwevend is uitgevoerd. Conform RLN000398 wordt deze spoorse-infrastructuur gemodelleerd met verschillende afleidweerstand tussen spoor en aarde. In de onderstaande paragrafen zijn de resultaten gegeven voor een spoorstaaf-aarde-weerstand van 2.5, 10 en 100 Ω km, waarin groen betekent voldoet en rood aangeeft dat het niet voldoet.

4.1.1 Parallelloop 2,5 Ω km

Nr.	Criterium	Normale bedrijfsvoering met 10% asymmetrie: Voldoet (ja V , nee X)	Onderhoud met 10% asymmetrie: Voldoet (ja V , nee X)	Kortsluiting Voldoet (ja V , nee X)
B1	Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 20 VCM, 58 ACM; Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (50 Hz): 0.5 ACM;	V(<30A)	V(<30A)	n.v.t. ¹
B2	Continue verschijnselen dubbelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 65 VCM, 250 ACM;	V(<30A)	V(<30A)	n.v.t. ¹
B3	Common mode spanning railinfra-apparatuur: 150 V continu 650 V 100 ms	V(<40V)	V(<40V)	X(1821V) IB/IT kabel
B5	Maximale 50 Hz-spanning over DC-materieel: 7 V (beschikbaarheid) 25 V (veiligheid)	V(<3V)	V(<3V)	n.v.t. ¹
B6	Aanraakspanning kabelmantel – aarde (k-a), spoorstaaf – aarde (s-a), EN50122-1: 785 V, 100 ms 60 V, continu	V(<25V) V(<20V)	V(<25V) V(<20V)	X(1412V) 3kV kabel X(997V) geleider R

¹ In geval van kortsluiting is de reactietijd van het detectiesysteem van ProRail (> 150 ms) te lang om te reageren en daarom niet van toepassing. Zie ook RLN398 hoofdstuk 7.

Nr.	Criterium	Normale bedrijfsvoering met 10% asymmetrie: Voldoet (ja V , nee X)	Onderhoud met 10% asymmetrie: Voldoet (ja V , nee X)	Kortsluiting Voldoet (ja V , nee X)
B8	Maximaal elektrisch veld 1 meter boven spoorstroomloper: 10 kV/m	n.v.t. ²	n.v.t. ²	n.v.t. ²
B9	Maximaal magnetisch veld 1 meter boven maaiveld: 100 µT	V(<100µT)	V(<100µT)	n.v.t.

Tabel 5: Resultaten ProRail 2,5Ωkm opstelsterrein

4.1.2 Paralleloop 10 Ω km

Nr.	Criterium	Normale bedrijfsvoering met 10% asymmetrie: Voldoet (ja V , nee X)	Onderhoud met 10% asymmetrie: Voldoet (ja V , nee X)	Kortsluiting Voldoet (ja V , nee X)
B1	Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomloper (75 Hz): 20 VCM, 58 ACM; Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomloper (50 Hz): 0.5 ACM;	V(<14A)	V(<14A)	n.v.t. ³
B2	Continue verschijnselen dubbelbenige spoorstroomloper (75 Hz): 65 VCM, 250 ACM;	V(<14A)	V(<14A)	n.v.t. ³
B3	Common mode spanning railinfra-apparatuur: 150 V continu 650 V 100 ms	V(<40V)	V(<40V)	X(2304V) IB/IT kabel
B5	Maximale 50 Hz-spanning over DC-materieel: 7 V (beschikbaarheid) 25 V (veiligheid)	V(<3V)	V(<3V)	n.v.t. ³
B6	Aanraakspanning kabelmantel – aarde (k-a), spoorstaaf – aarde (s-a), EN50122-1: 785 V, 100 ms	V(<35V) V(<30V)	V(<35V) V(<30V)	X(2053V) 3kV kabel X(1778V) Geleider R

² Elektrisch veld is niet van toepassing vanwege het feit dat het hier om hoogspanningskabels gaat.

³ In geval van kortsluiting is de reactietijd van het detectiesysteem van ProRail (> 150 ms) te lang om te reageren en daarom niet van toepassing. Zie ook RLN398 hoofdstuk 7.

	60 V, continu			
B8	Maximaal elektrisch veld 1 meter boven spoorstelsel: 10 kV/m	n.v.t. ⁴	n.v.t. ²	n.v.t. ⁴
B9	Maximaal magnetisch veld 1 meter boven maaiveld: 100 µT	V(<100µT)	V(<100µT)	n.v.t.

Tabel 6: Resultaten ProRail 10Ωkm opstelsterrein

4.1.3 Paralleloop 100 Ω km

Nr.	Criterium	Normale bedrijfsvoering met 10% asymmetrie: Voldoet (ja V , nee X)	Onderhoud met 10% asymmetrie: Voldoet (ja V , nee X)	Kortsluiting Voldoet (ja V , nee X)
B1	Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 20 VCM, 58 ACM; Continue verschijnselen enkelbenige spoorstroomlopen (50 Hz): 0.5 ACM;	V(<3A)	V(<3A)	n.v.t. ⁵
B2	Continue verschijnselen dubbelbenige spoorstroomlopen (75 Hz): 65 VCM, 250 ACM;	V(<3A)	V(<3A)	n.v.t. ⁵
B3	Common mode spanning railinfra-apparatuur: 150 V continu 650 V 100 ms	V(<41V)	V(<41V)	X(2529) IB/IT kabel
B5	Maximale 50 Hz-spanning over DC-materieel: 7 V (beschikbaarheid) 25 V (veiligheid)	V(<1V)	V(<1V)	n.v.t. ⁵
B6	Aanraakspanning kabelmantel – aarde (k-a), spoorstaaf – aarde (s-a), EN50122-1: 785 V, 100 ms 60 V, continu	V(<40V) V(<35V)	V(<40V) V(<35V)	X(2520V) 3kV kabel X(2170V) Geleider R
B8	Maximaal elektrisch veld 1 meter boven spoorstelsel: 10 kV/m	n.v.t. ⁶	n.v.t. ²	n.v.t. ⁴
B9	Maximaal magnetisch veld 1 meter boven maaiveld: 100 µT	V(<100µT)	V(<100µT)	n.v.t.

Tabel 7: Resultaten ProRail 100Ωkm opstelsterrein

⁴ Elektrisch veld is niet van toepassing vanwege het feit dat het hier om hoogspanningskabels gaat.

⁵ In geval van kortsluiting is de reactietijd van het detectiesysteem van ProRail (> 150 ms) te lang om te reageren en daarom niet van toepassing. Zie ook RLN398 hoofdstuk 7.

⁶ Elektrisch veld is niet van toepassing vanwege het feit dat het hier om hoogspanningskabels gaat.

4.2 **Kruisingen toegang opstelterrein en baanvak Driehuis- Uitgeest**

Het tracé van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) kruist de ProRail infrastructuur op twee plekken: bij de toegang tot het opstelterrein en bij de Velserspoortunnel.

Het volgende kan worden gesteld over de inductieve beïnvloeding:

- De kruising met de toegang van het opstelterrein is niet 90 graden en daarmee is het pallelleloopt gedeelte opgenomen in het EMC-model.
- Omdat het tracé van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) de Velserspoortunnel van ProRail onder een hoek van 90 graden kruist zal er geen onaanvaardbare inductieve beïnvloeding optreden.

Het volgende kan worden gesteld over de weerstandsbeïnvloeding:

- De minimale afstand van de ProRail infrastructuur tot aan open ontgraving nr. 4, waar de aardschermen van de kabels aan aarde zijn verbonden, is ongeveer 100 m. In de RLN00398 is geëist dat er zich binnen een afstand van tenminste 31 meter uit het hart van het buitenste spoor geen aardpunten mogen bevinden. Omdat de afstand tussen het tracé van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) voldoende groot is, zal er geen onaanvaardbare weerstandsbeïnvloeding optreden.

Het volgende kan worden gesteld over de thermische beïnvloeding:

- Omdat de afstand tussen het tracé van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) voldoende groot is, zal er geen onaanvaardbare thermische beïnvloeding optreden.

5 ANALYSE RIJKSWATERSTAAT INFRASTRUCTUUR

De analyse van de infrastructuur van Rijkswaterstaat bestaat uit de parallelloop met Rijksweg A9 en kruising met Rijksweg A22.

5.1 Parallelloop met A9

Nr.	Criterium	Normale bedrijfsvoering: Voldoet (ja V , nee X)	Onderhoud met: Voldoet (ja V , nee X)	Kortsluiting Voldoet (ja V , nee X)
R1	Aanraakspanning geleiderail Kortsluiting 1500V Publiek Continu 50 V Publiek	X(715V)	X(719V)	V(850V)⁷
R2	Aanraakspanning E- installatie Kortsluiting 660V E- installaties Continu 50 V Publiek	V(3,5V)	V(4V)	X(1330V)⁸
R3	Maximaal magnetisch veld 1 meter boven maaiveld: 100 μ T	V(<100μT)	V(<100μT)	n.v.t.

Tabel 8: Resultaten parallelloop met A9

5.2 Kruising met de snelweg A22

Omdat het tracé van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) de snelweg A22 van Rijkswaterstaat onder een hoek van 90 graden kruist zal er geen onaanvaardbare inductieve beïnvloeding optreden.

De minimale afstand van de Rijkswaterstaat infrastructuur tot aan open ontgraving nr. 4, waar de aardschermen van de kabels aan aarde zijn verbonden, is groter dan 200 m. In de RLN00398⁹ is geëist dat er zich binnen een afstand van tenminste 31 meter uit het hart van het buitenste spoor geen aardpunten mogen bevinden. Omdat de afstand tussen het tracé van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) voldoende groot is, zal er geen onaanvaardbare weerstandsbeïnvloeding optreden.

⁷ Ook indien de geleiderail eenzijdig geaard zou zijn, voldoet deze met 1330V aan de gestelde eis van 1500V aanraakspanning.

⁸ Deze 1330 V geldt voor de maximale lengte van de parallelloop. Bij kortere afstanden kan de spanning evenredig worden geschaald.

⁹ De RLN398 is van toepassing op infrastructuur van ProRail. De RWS-infrastructuur bestaat uit geleiderail en kabelinfrastructuur. Deze is met de opgave in RLN00398 van ProRail na te bootsen. Wij hebben geen overeenkomstig voorschrift voor RWS, maar achten de RLN398 ook goed genoeg voor infrastructuur van RWS.

6 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

6.1 Conclusies ProRail

Paralleloop

Op basis van de EMC-studie van de parallelloop van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) met de infrastructuur van ProRail kan het volgende worden geconcludeerd:

- De kabelinfrastructuur (3kV en IB/IT kabel) en de spoorstaven (geleider R) op het opstel terrein worden alleen bij kortsluiting onaanvaardbaar beïnvloed.

Kruising Velserspoortunnel

De kruising van tracé van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) met de infrastructuur van ProRail zorgt niet voor onaanvaardbare inductieve en niet voor onaanvaardbare weerstandsbeïnvloeding van deze infrastructuur.

6.2 Aanbevelingen ProRail

Er moeten aantoonbare maatregelen worden genomen om te voorkomen dat de kabelinfrastructuur en de spoorstaven op het opstel terrein tijdens kortsluiting onaanvaardbaar beïnvloed.

6.3 Conclusies Rijkswaterstaat

Paralleloop met A9

Op basis van de EMC-studie van de parallelloop van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) met de infrastructuur van Rijkswaterstaat kan het volgende worden geconcludeerd:

- De geleiderail wordt bij zwevende opstelling onaanvaardbaar beïnvloed bij normaal bedrijf en onderhoud. Wanneer deze echter geaard is, voldoet deze in alle bedrijfssituaties.
- De kabelinfrastructuur wordt alleen bij kortsluiting onaanvaardbaar beïnvloed. Dit geldt voor kabelinfrastructuur die over de volle parallelloop aanwezig is.

Kruising A22

De kruising van tracé van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) met de infrastructuur van Rijkswaterstaat zorgt niet voor onaanvaardbare inductieve en niet voor onaanvaardbare weerstandsbeïnvloeding van deze infrastructuur.

6.4 Aanbevelingen Rijkswaterstaat

Aanbevolen wordt om zeker te stellen dat de geleiderail is geaard. Als de geleiderail niet geaard is, dan wordt aanbevolen deze te aarden.

De kabelinfrastructuur moet van adequate maatregelen worden voorzien om te voorkomen dat deze tijdens kortsluiting onaanvaardbaar wordt beïnvloed. Opgemerkt dient te worden dat de infrastructuur van Rijkswaterstaat niet alleen door de parallelloop met net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) wordt beïnvloed, maar dat er ook een hoogspanningsverbinding tussen Beverwijk en Vijfhuizen aanwezig is. Er is een vervolgonderzoek noodzakelijk om de invloed van de reeds aanwezige hoogspanningslijn Beverwijk-Vijfhuizen mee te nemen met de invloed van net op zee Hollandse Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha). Mogelijk zijn er in het kader van de beïnvloeding tussen de aanwezige hoogspanningslijn Beverwijk-Vijfhuizen en de Rijkswaterstaat infrastructuur al voldoende maatregelen toegepast.

7 LITERATUUR

- [1] TenneT 13 360-S Technische voorwaarden aanleg hoogspanningskabelverbindingen.
- [2] PVE 06 (TenneT norm)
- [3] NEN 3654 - Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningssystemen
- [4] Tekening ruimtebeslag boorgangen vergunningen aanvraag, door TenneT verstrekt aan Bob ten Horne van Arcadis op 5 april 2018 van Martijn Haman van TenneT
- [5] Email van Frank de Vries van TenneT dd. 25 september 2018
- [6] Prysmian catalogus, verstrekt door Prerna van der Vall op 28 mei 2018 aan Remco Paulussen
- [7] Voorbeeld van 2500 Aluminium voor 380kV, verstrekt door Prerna van der Vall aan Remco Paulussen op 28 mei 2018
- [8] Email Prerna van de Vall van Arcadis van 28 mei 2018 aan Remco Paulussen van Railwaysafe.
- [9] 10-Asd-011-AJ.pdf
- [10] OR_3_Santpoort Noord - Beverwijk_001233711_E.pdf
- [11] OR_4_Beverwijk_001233712_L.pdf
- [12] OR_5_Hoogovens_001392985_D.pdf
- [13] OR_6_Beverwijk - Uitgeest_001233713_H.pdf
- [14] RLN00398 Beleid elektromagnetische beïnvloeding van hoogspanningsverbindingen op de hoofdspoorweginfrastructuur. Versie 001, 01-11-2013. ProRail.
- [15] RICHTLIJN 2004/40/EG van het Europees Parlement en de Raad van 29 april 2004
- [16] ICNIRP GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO 300 GHZ)
- [17] NEN 1010 Veiligheidsbepalingen voor laagspanningsinstallaties
- [18] NEN-EN 50341-3 Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten.
- [19] RS18029_2018-06-27 Reviewbeantwoording Hollandse Kust Noord EMC-berekeningen Uitgangspuntenrapport

8 BIJLAGE: E-MAIL 220KV EN 380KV-KABELCIRCUITS

Wednesday, October 3, 2018 at 1:17:03 PM Central European Summer Time

Onderwerp: Fwd: Uitgangspunten EMC studie Arcadis
Datum: dinsdag 25 september 2018 om 22:47:43 Midden-Europese zomertijd
Van: Bloemberg, Gertjan
Aan: Remco Paulussen, Hesse Hoeksma, van de Vall, Prerna
CC: van Essen, Martin

Heren,

Hierbij de uitgangspunten vanuit tennet voor hkn.

Graag bekijken of deze uitgangspunten voor de herberekening doorgevoerd kunnen worden.

Groet

Gertjan

[Outlook voor Android](#) downloaden

Van: Velzen, Peter van
Verstuurd: dinsdag 25 september 22:29
Onderwerp: FW: Uitgangspunten EMC studie Arcadis
Aan: Haman, Martijn, Bloemberg, Gertjan
Cc: Vries, Frank de

Martijn en Gertjan,

Bijgevoegd de laatste uitgangspunten voor de EMC studie.

Met vriendelijke groet,
Peter van Velzen

Van: Vries, Frank de
Verzonden: dinsdag 25 september 2018 18:24
Aan: Velzen, Peter van
Onderwerp: Uitgangspunten EMC studie Arcadis

Hoi Peter,

Uitgangspunten voor 380 kV kabelcircuits die Arcadis kan gebruiken voor de EMC studie:

Systeemspanning:	380 kV
Aantal kabelcircuits:	4
Ontwerpstroom kabel:	1600 A per circuit
Max. belasting normaal bedrijf:	965 A per circuit (bij 8% overplanting en 0,9 p.u.)
Max. belasting bij 1 circuit in onderhoud:	1285 A
Langeduur gemiddelde stroom:	480 A per circuit (load factor = 30 % van ontwerp)
Één fase kortsluitstroom:	63 kA - 100 miliseconde
Drie fase kortsluitstroom:	63 kA - 100 miliseconde

Ook doorrekenen van 10% homopolaire stroom component (in alle fasen) conform overleg Prorail, Arcadis en TenneT.

Als je vragen hebt, laat het me weten.

Page 1 of 2

9 BIJLAGE: RESULTATEN INDUCTIEVE BEINVLOEDING PRORAIL

De uitkomsten van de modellering van de parallelloop van TenneT met ProRail is in deze bijlage gegeven. Voor de infrastructuur van ProRail zijn de volgende letters gebruikt:

- X: 3 kV-kabelmantel
- Y: IB-kabel
- Z: IT-kabel
- O,P,R,Q,S: spoor
- 1,2,3,4: bovenleiding

De 3 kV-kabelmantel is geaard in de onderstations Driehuis en Uitgeest. De IB- en IT-kabel zijn per modelsectie éézijdig geaard. Hierdoor wordt het mogelijk om per lengte de gesommeerde spanning te bepalen.

De volgende bedrijfsvoeringen zijn beschouwd:

- a. Normaal bedrijf (10% asymmetrie)
- b. Onderhoud (10% asymmetrie)
- c. Kortsluiting

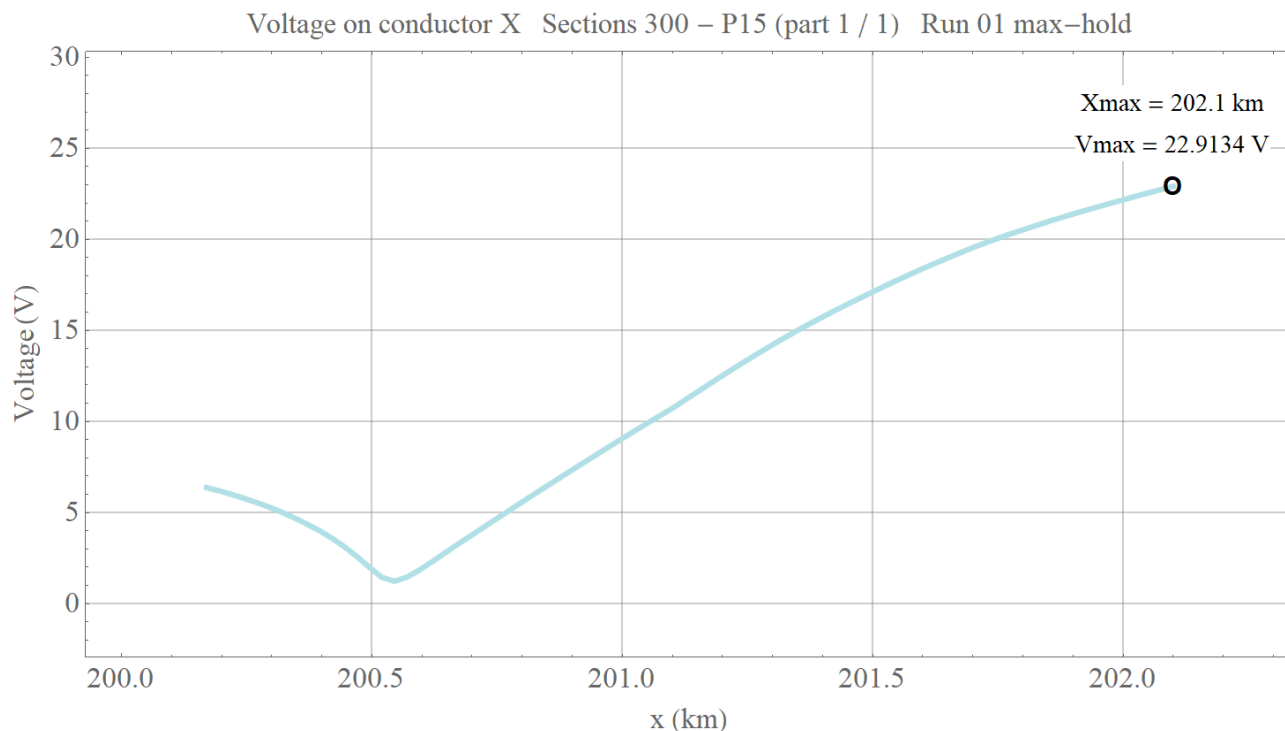
Voor ProRail geldt dat er verschillende afleidweerstand van het spoor worden gehanteerd:

- 2,5 Ω km
- 10 Ω km
- 100 Ω km

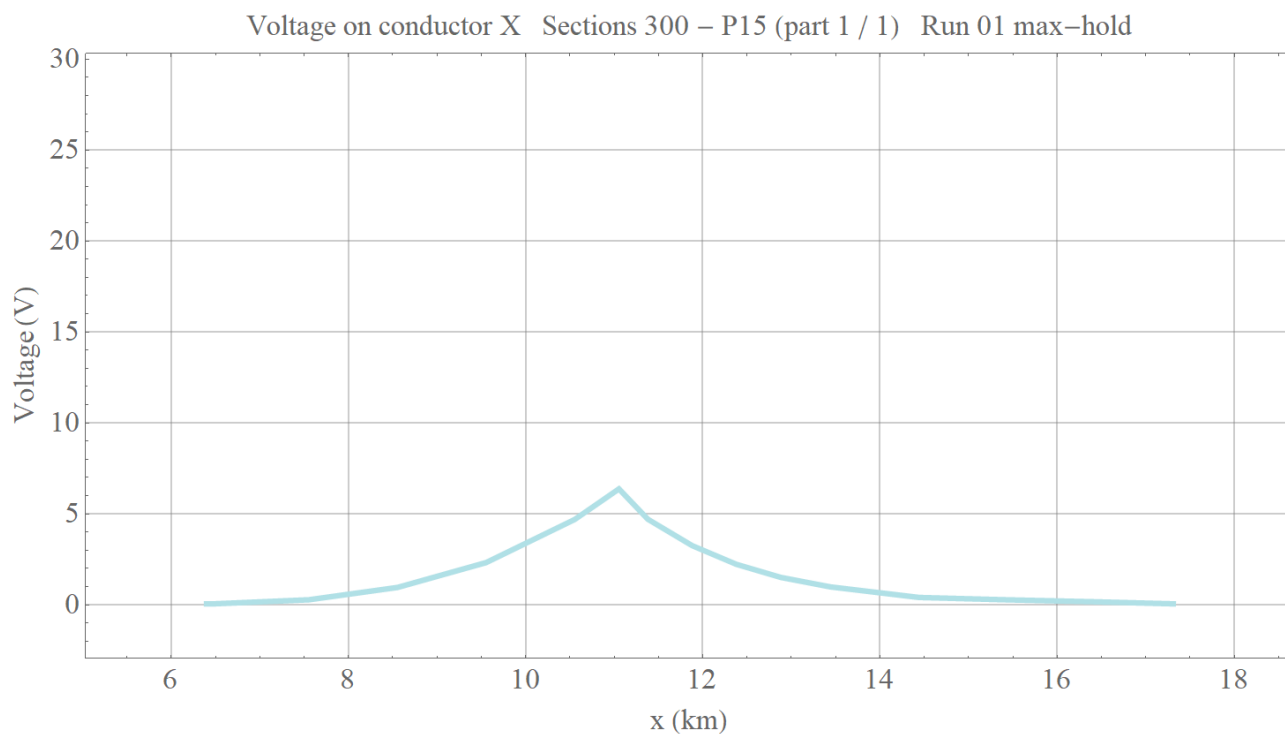
De kilometrering is gebaseerd op de geokilometrering van ProRail voor het opstel terrein en voor het baanvak Driehuis - Uitgeest.

9.1 ProRail 2,5 Ωkm

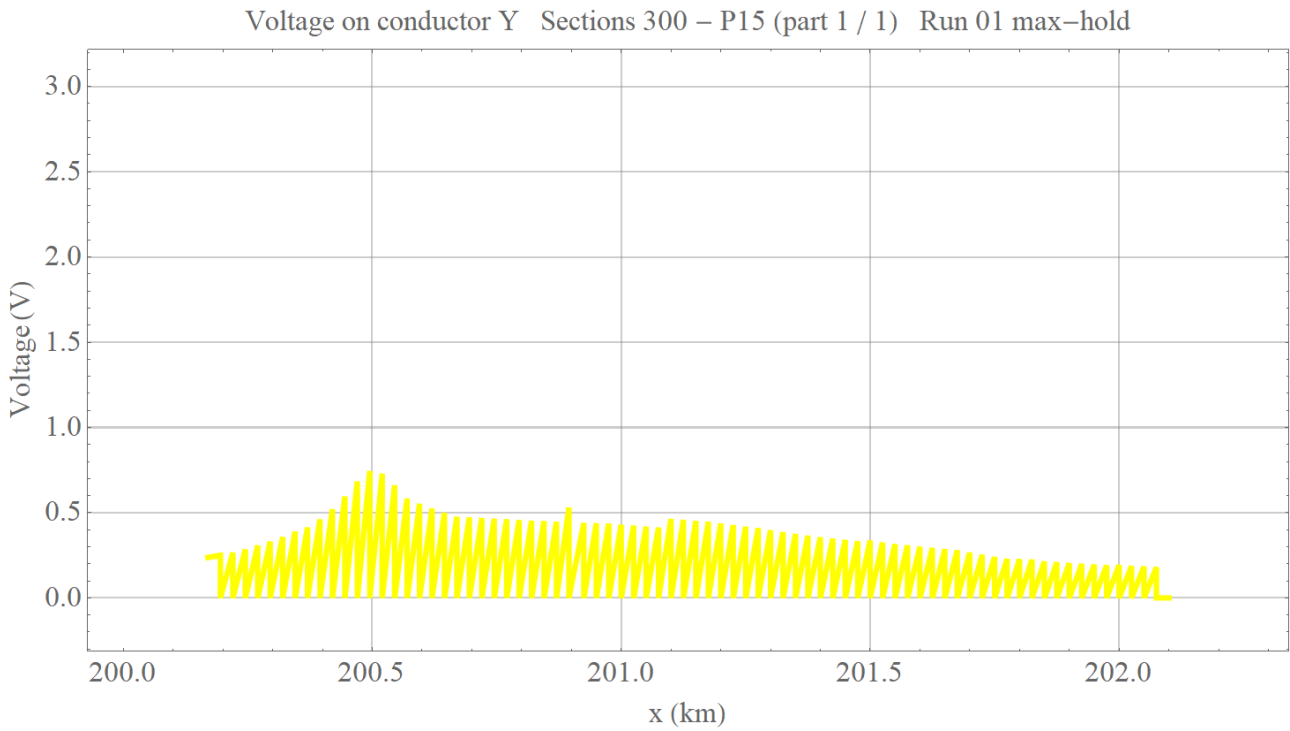
a. Normaal bedrijf (10% asymmetrie)



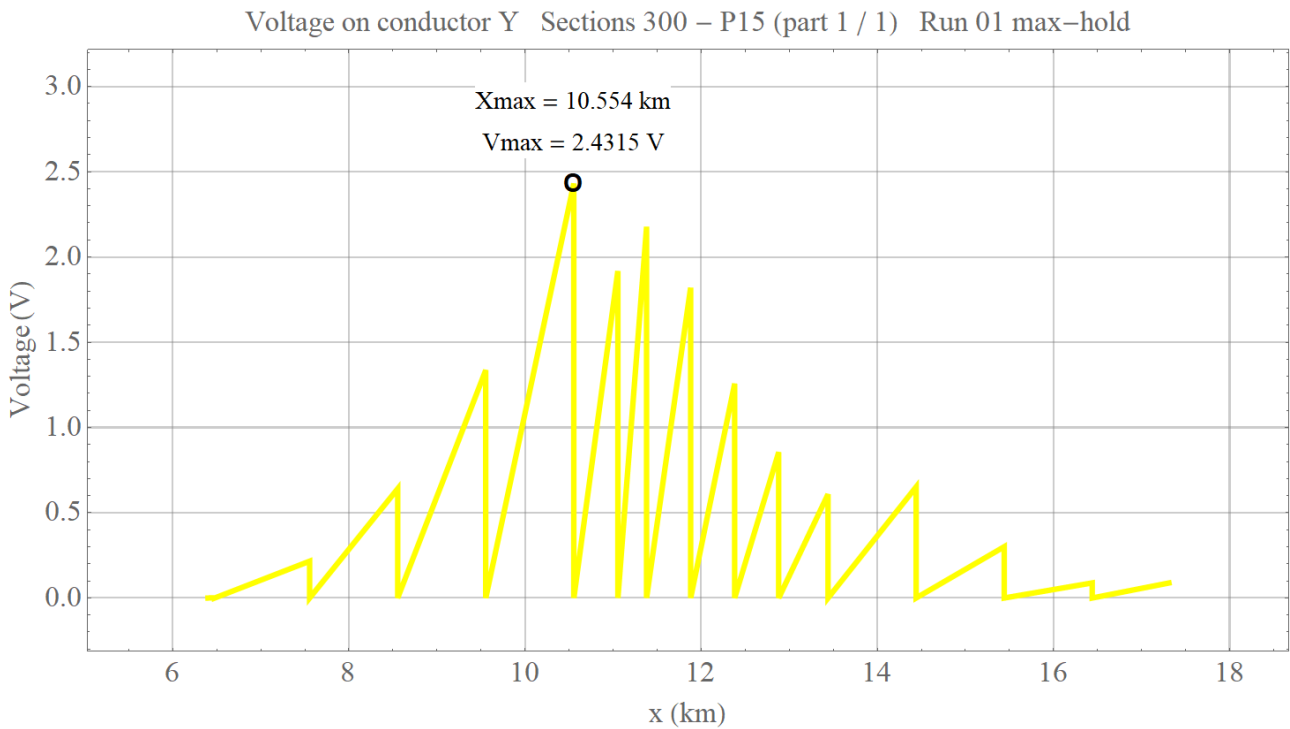
Afbeelding 9: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op opstelterrain.



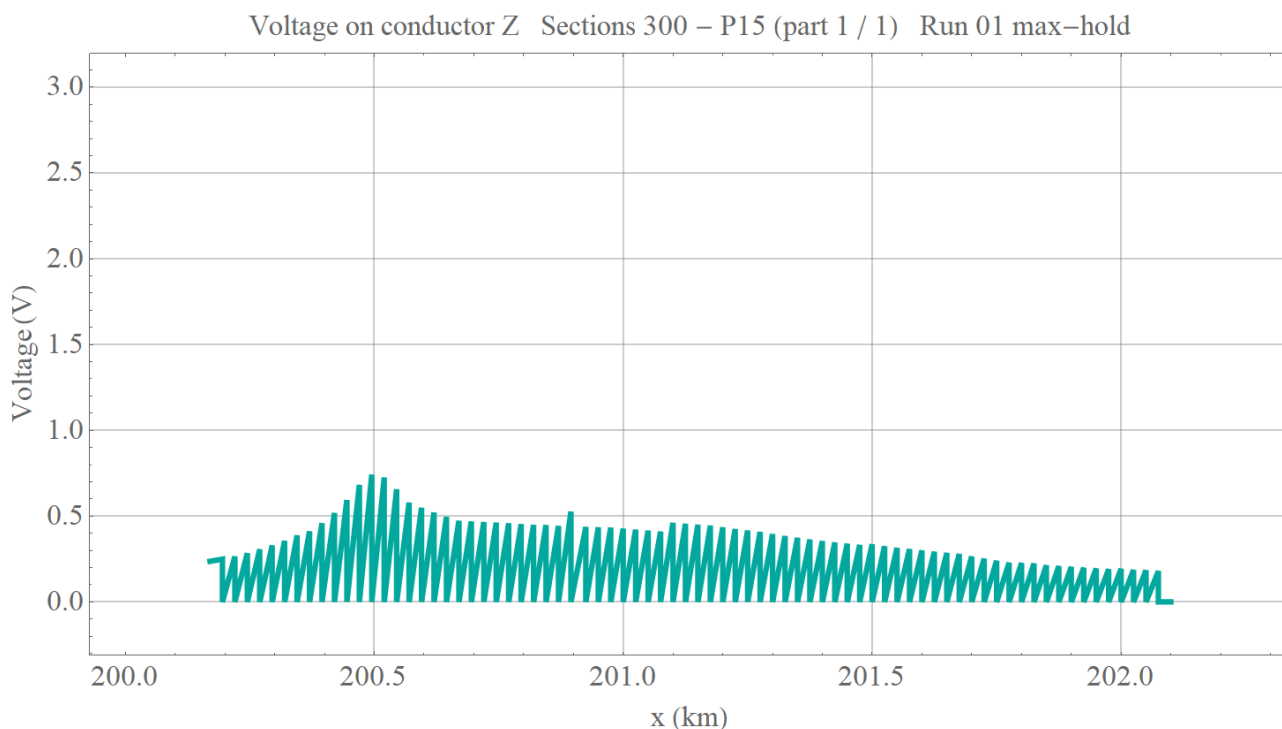
Afbeelding 10: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



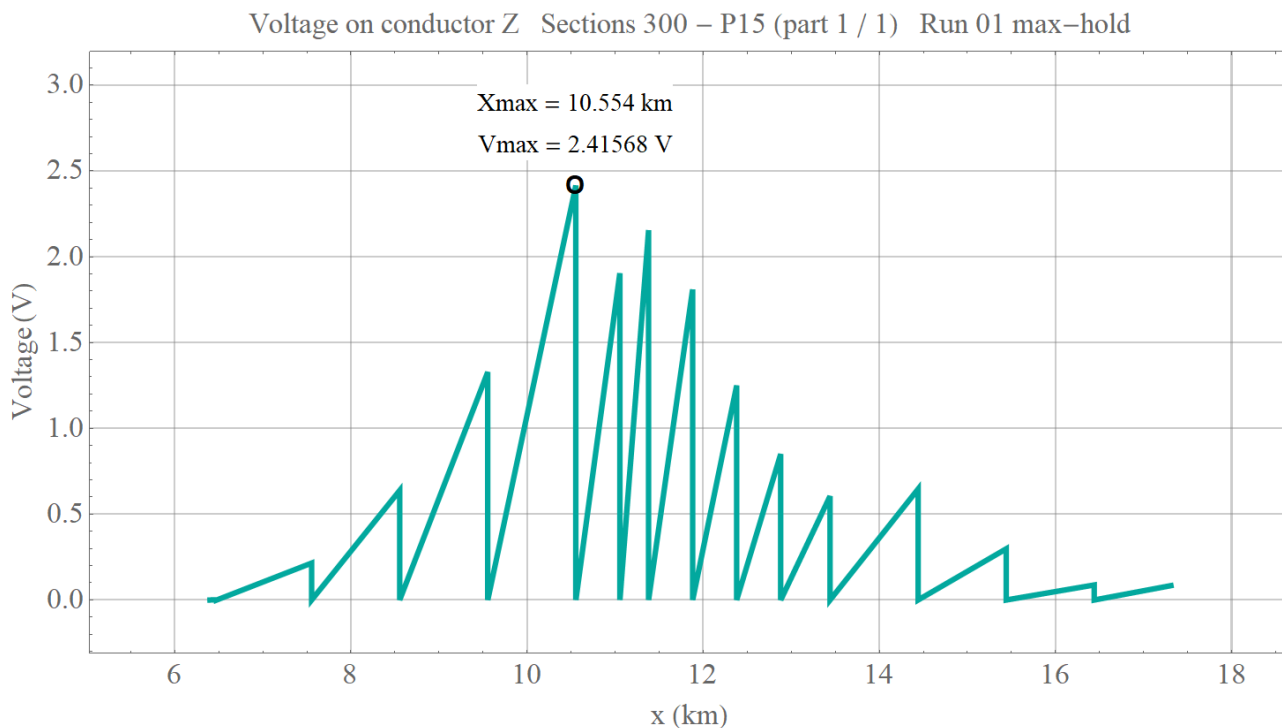
Afbeelding 11: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op opstelrein.



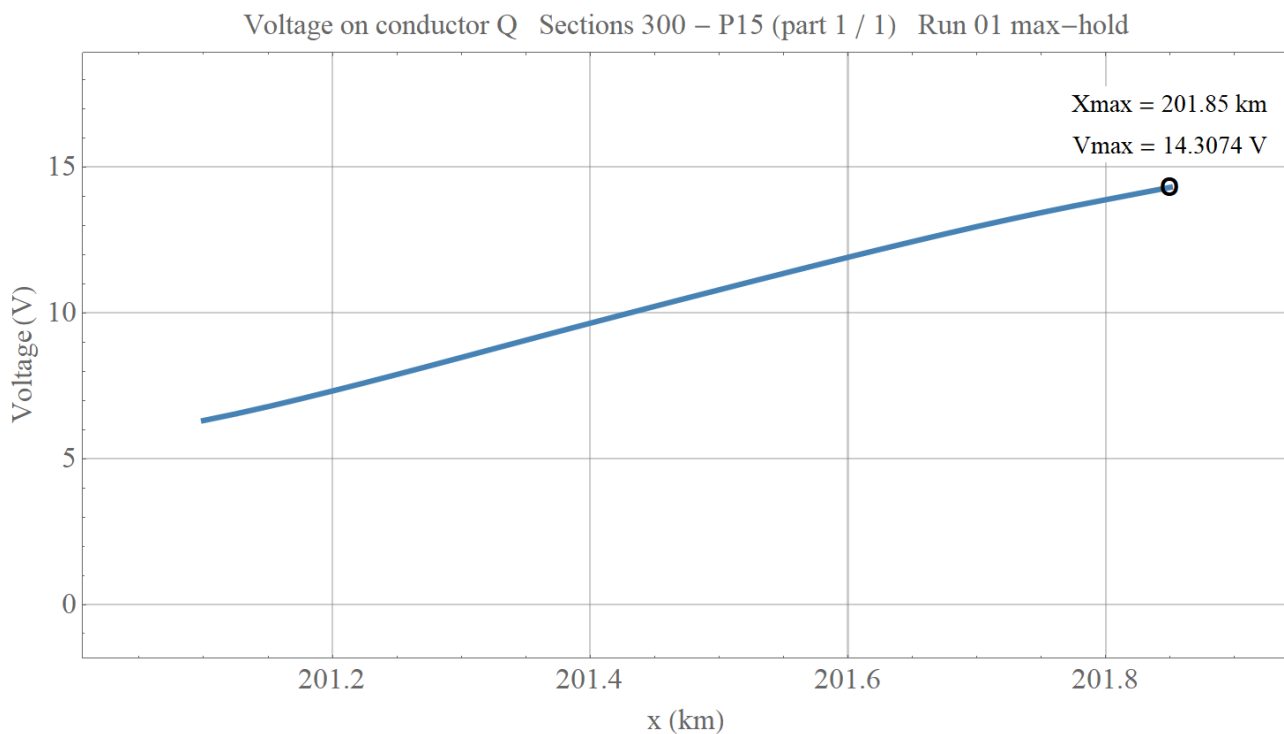
Afbeelding 12: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



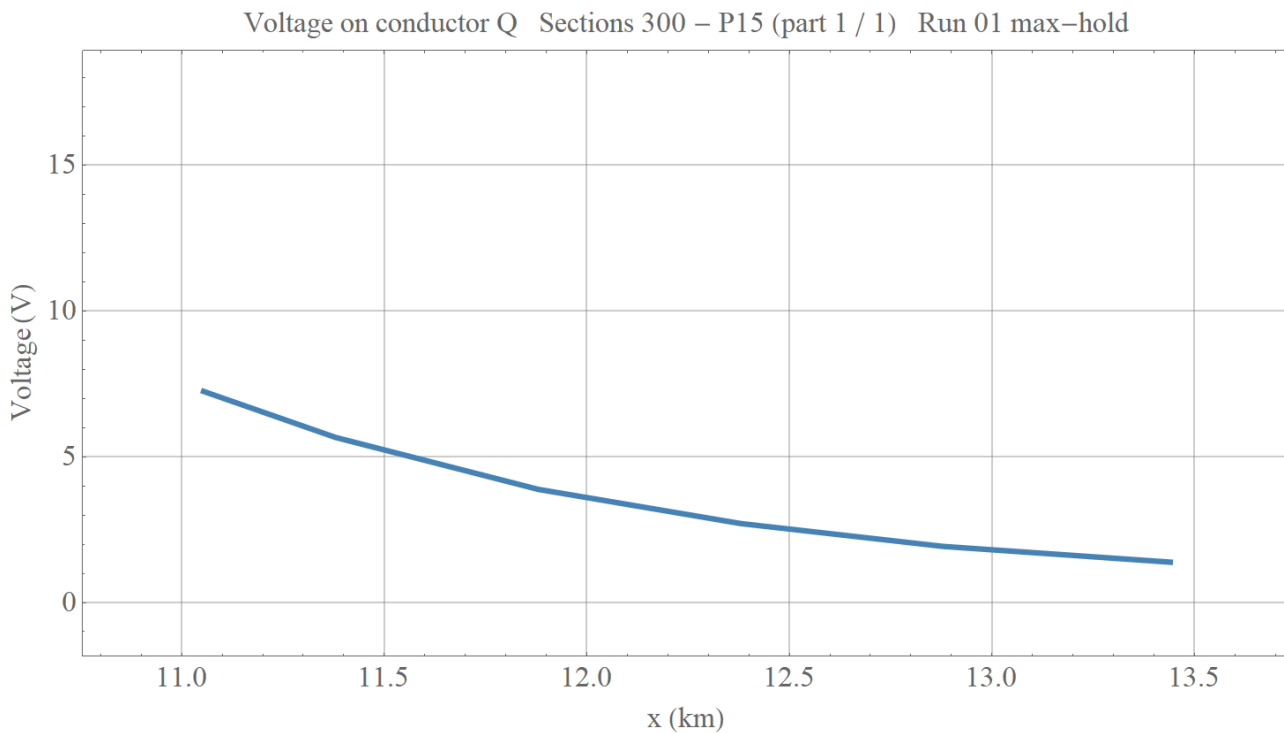
Afbeelding 13: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op opstelsterrein.



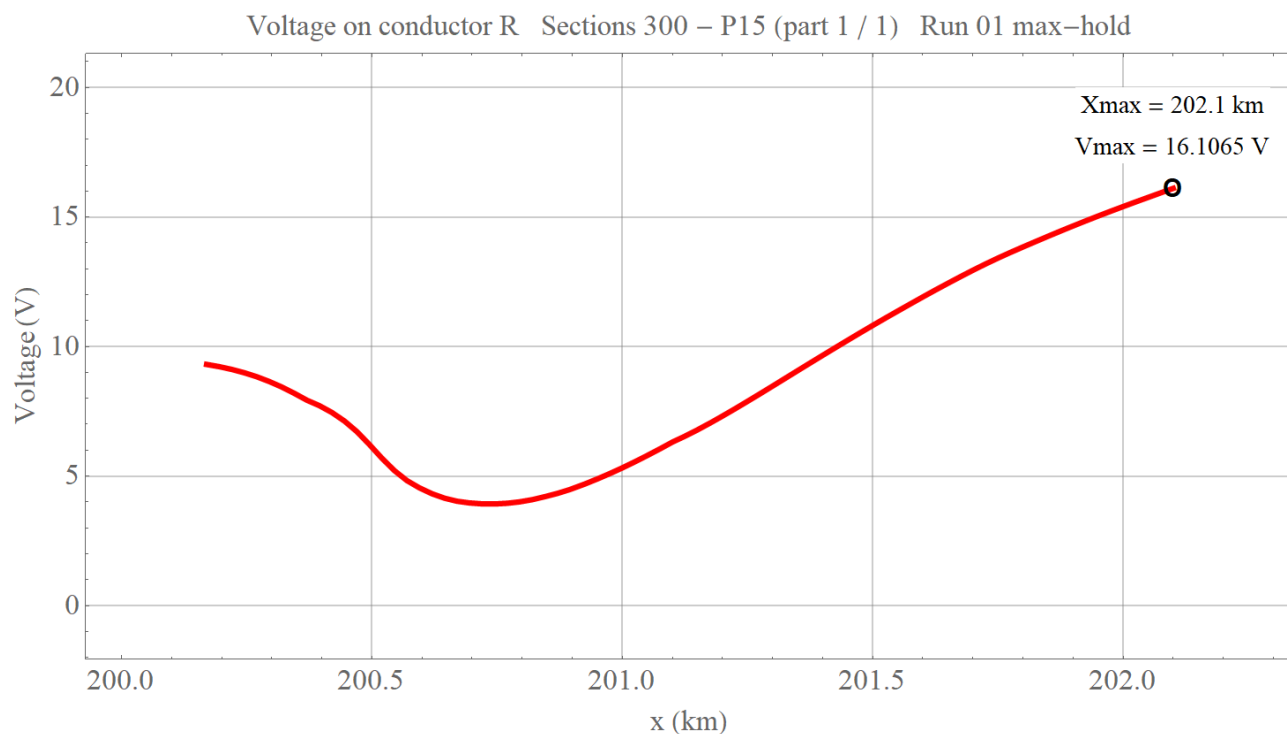
Afbeelding 14: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



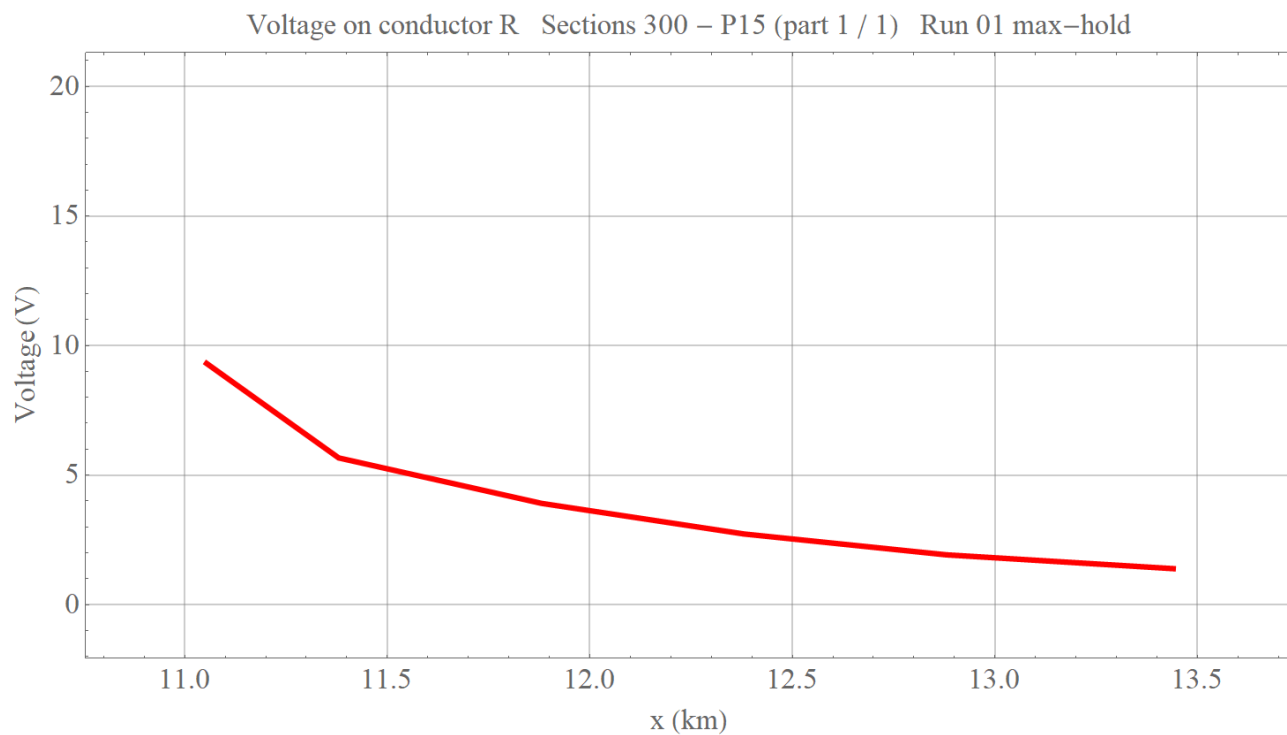
Afbeelding 15: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelreëin.



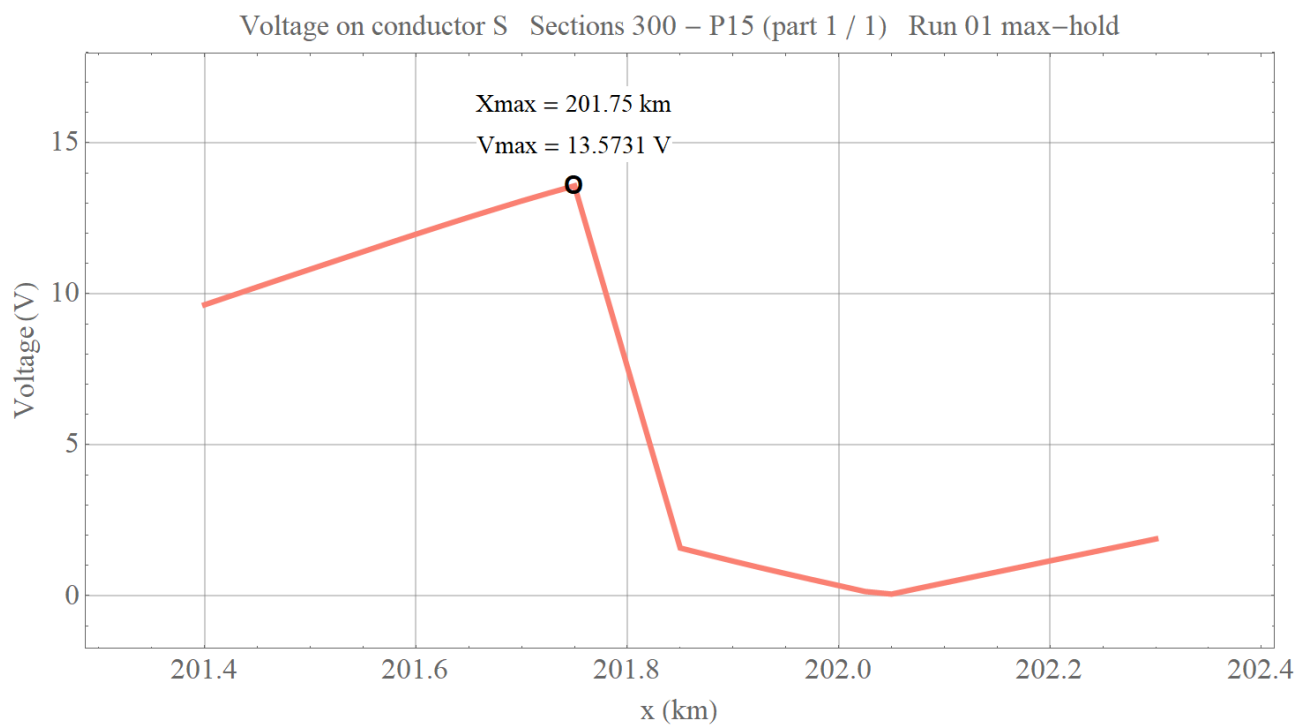
Afbeelding 16: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



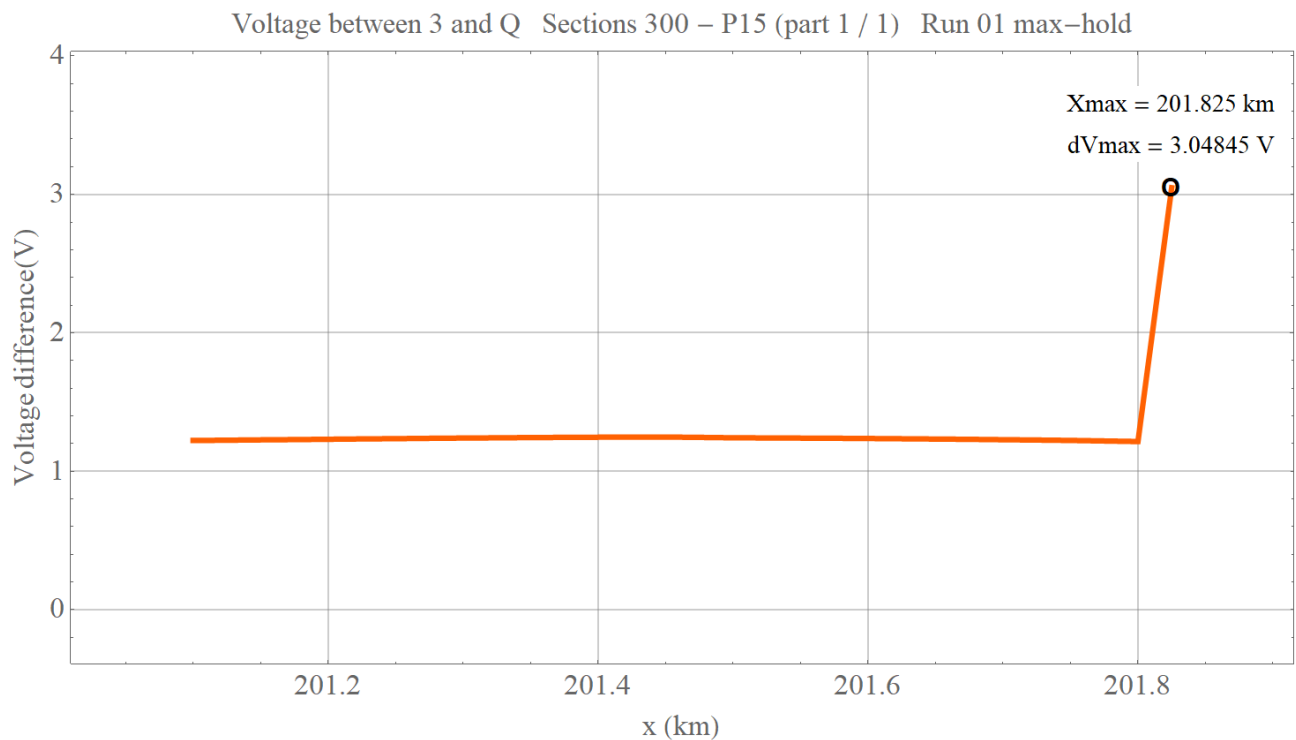
Afbeelding 17: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.



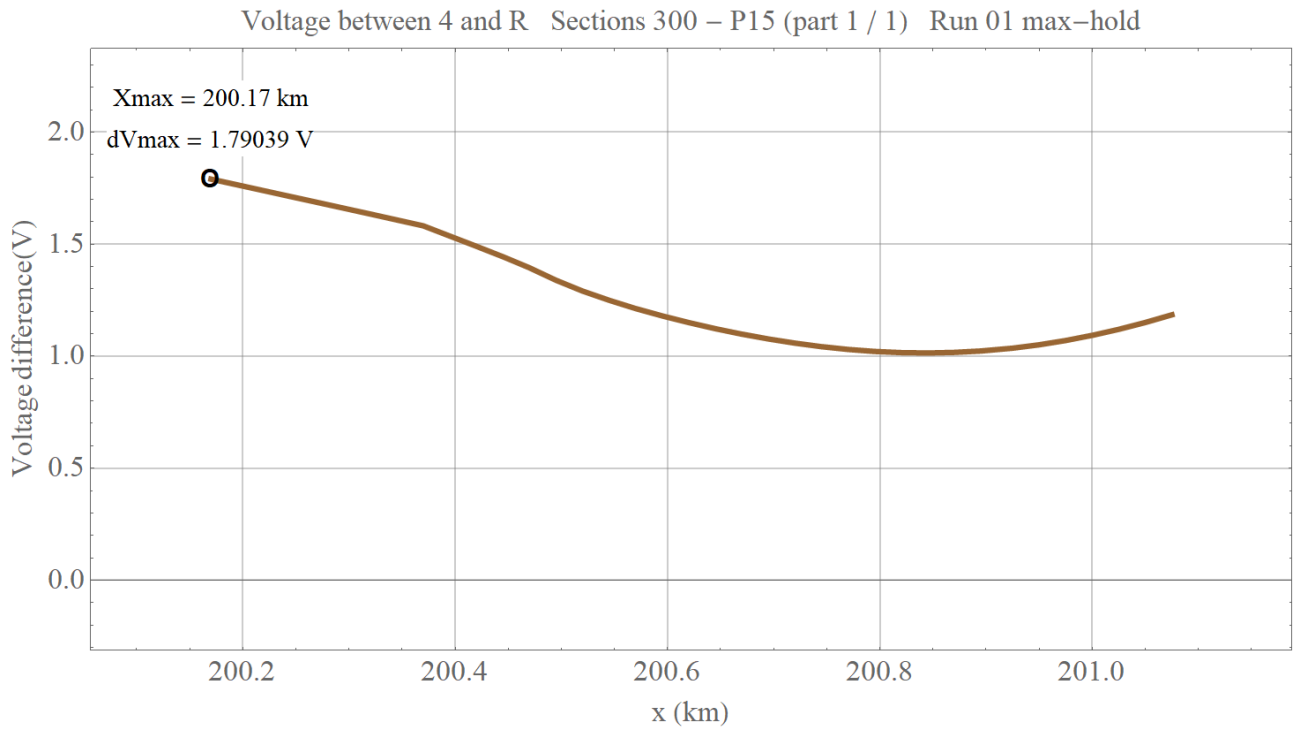
Afbeelding 18: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



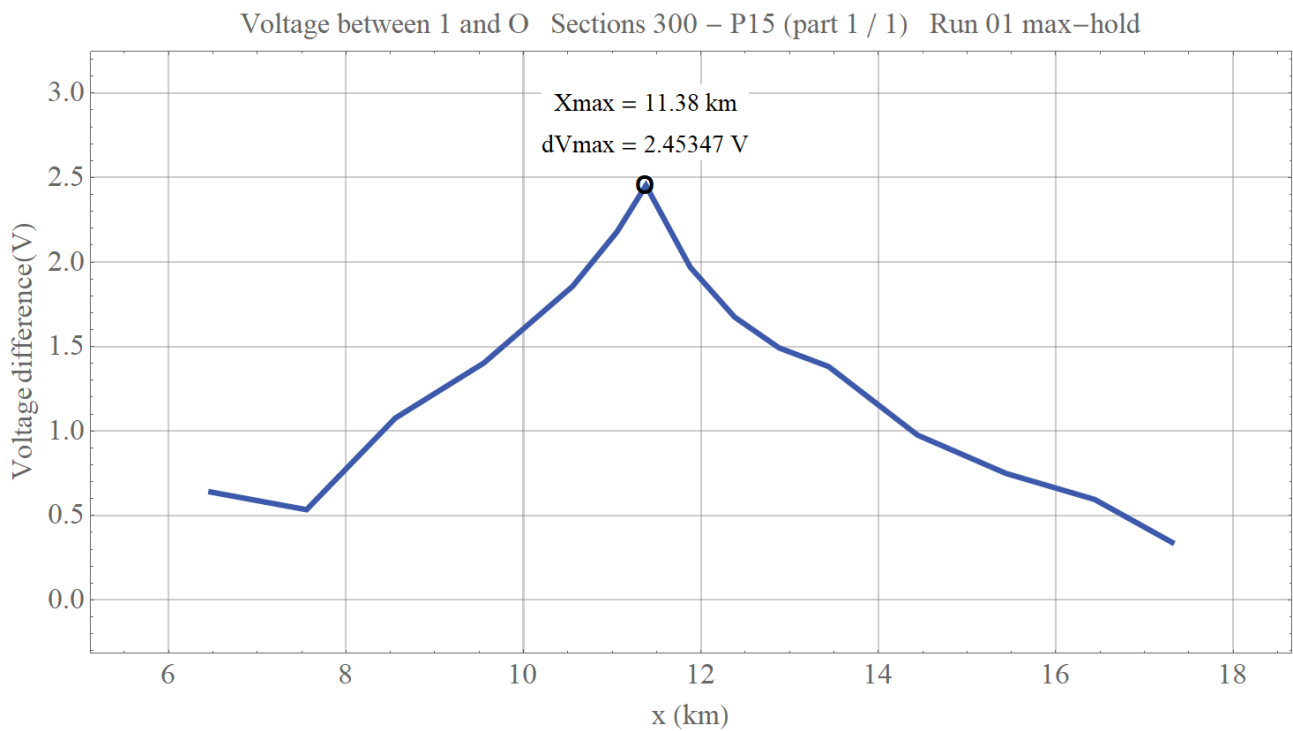
Afbeelding 19: Maximaal optredende spanning voor spoor dieselemlacement (geleider S) op opstelterrain.



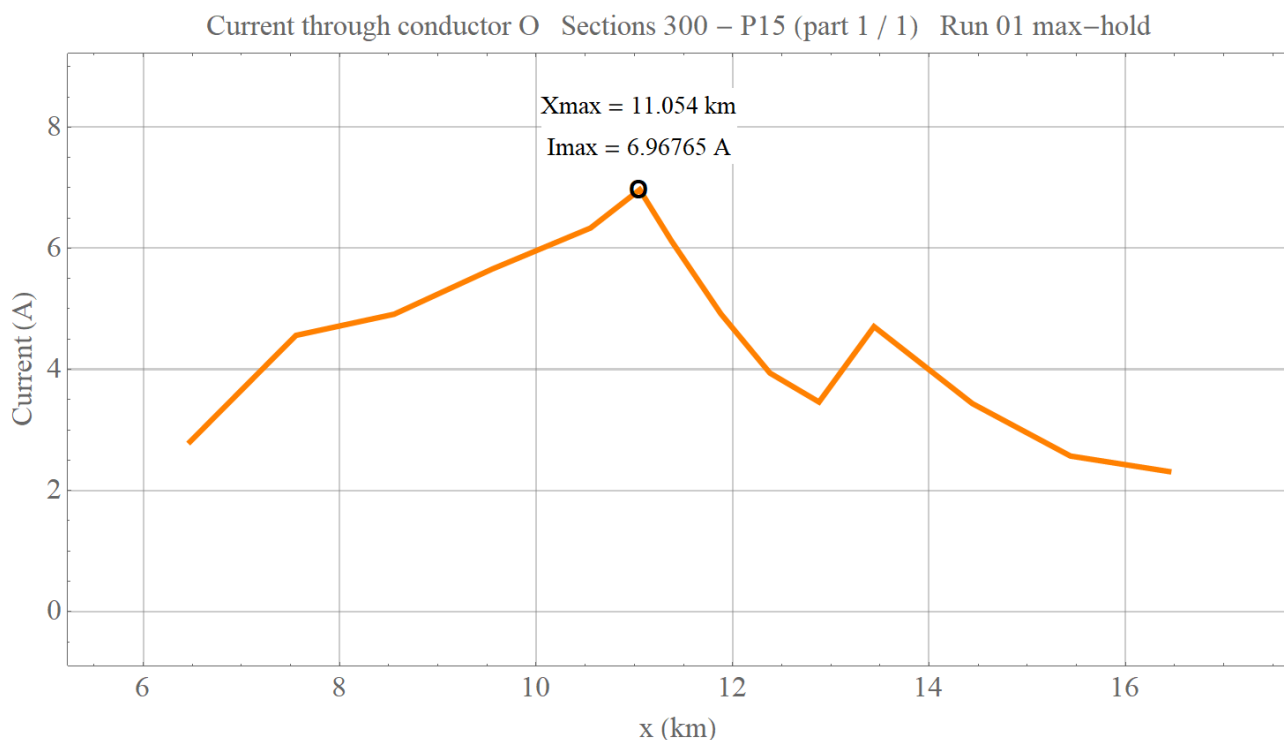
Afbeelding 20: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spooremlacement 1 (geleider 3 en Q) op opstelterrain.



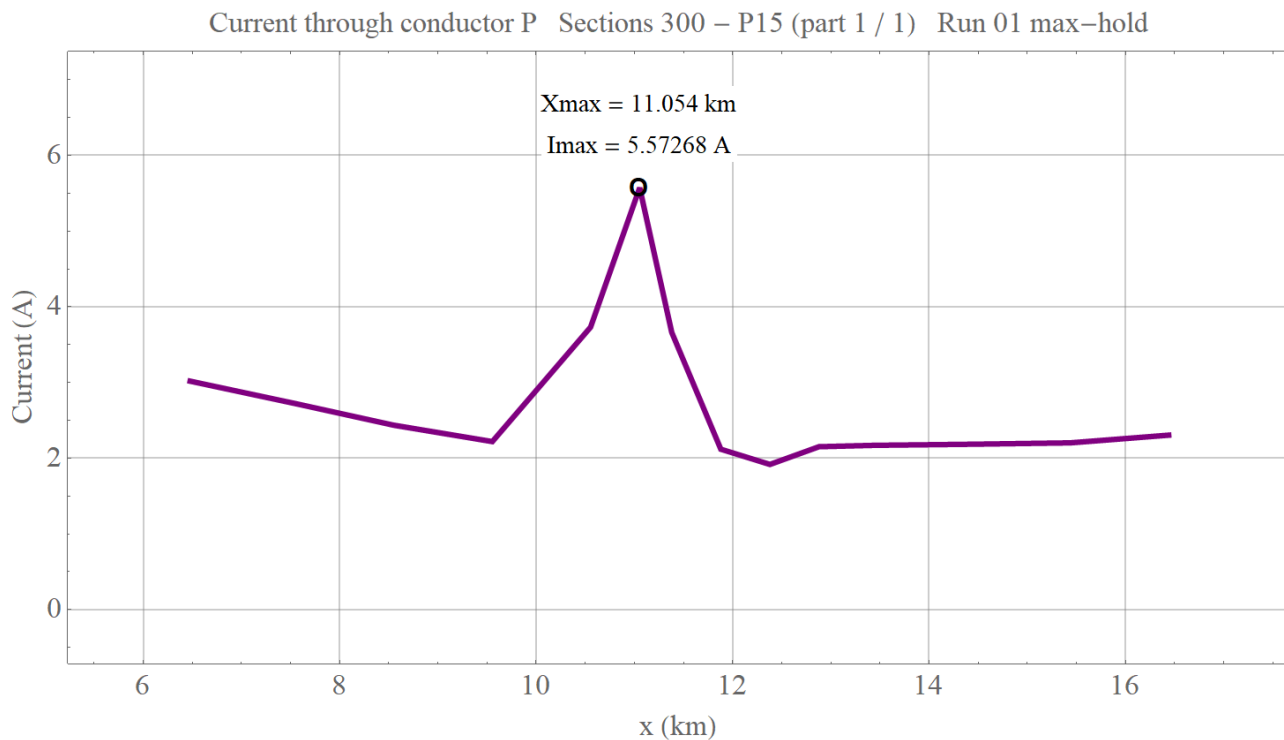
Afbeelding 21: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spooreplacement 2 (geleider 4 en R) op opstelrein.



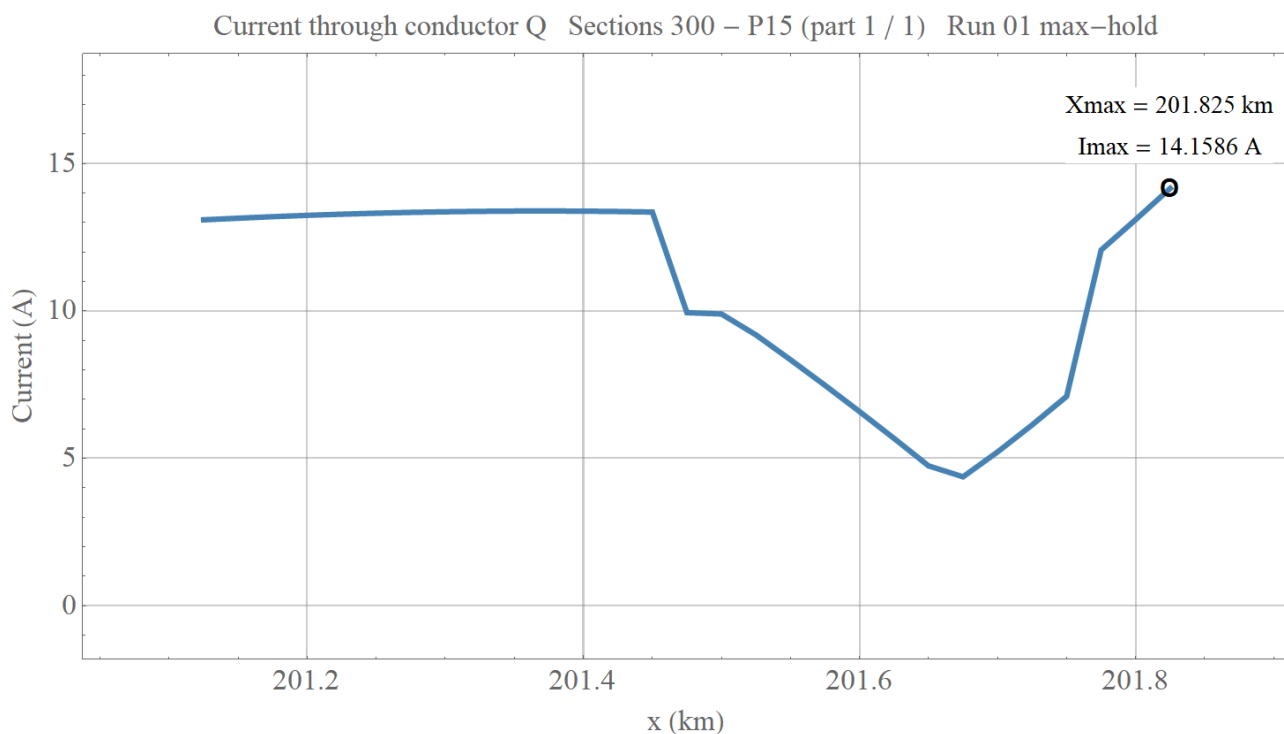
Afbeelding 22: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoor (geleider 1 en O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



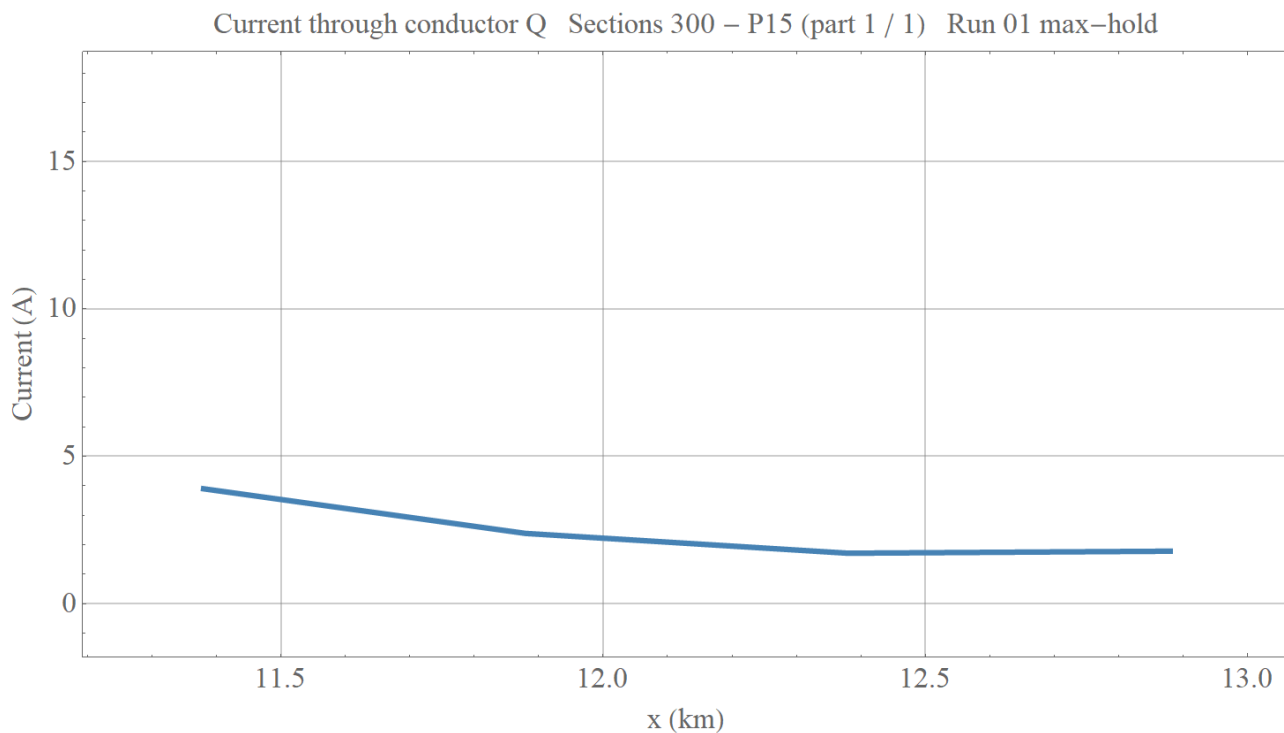
Afbeelding 23: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



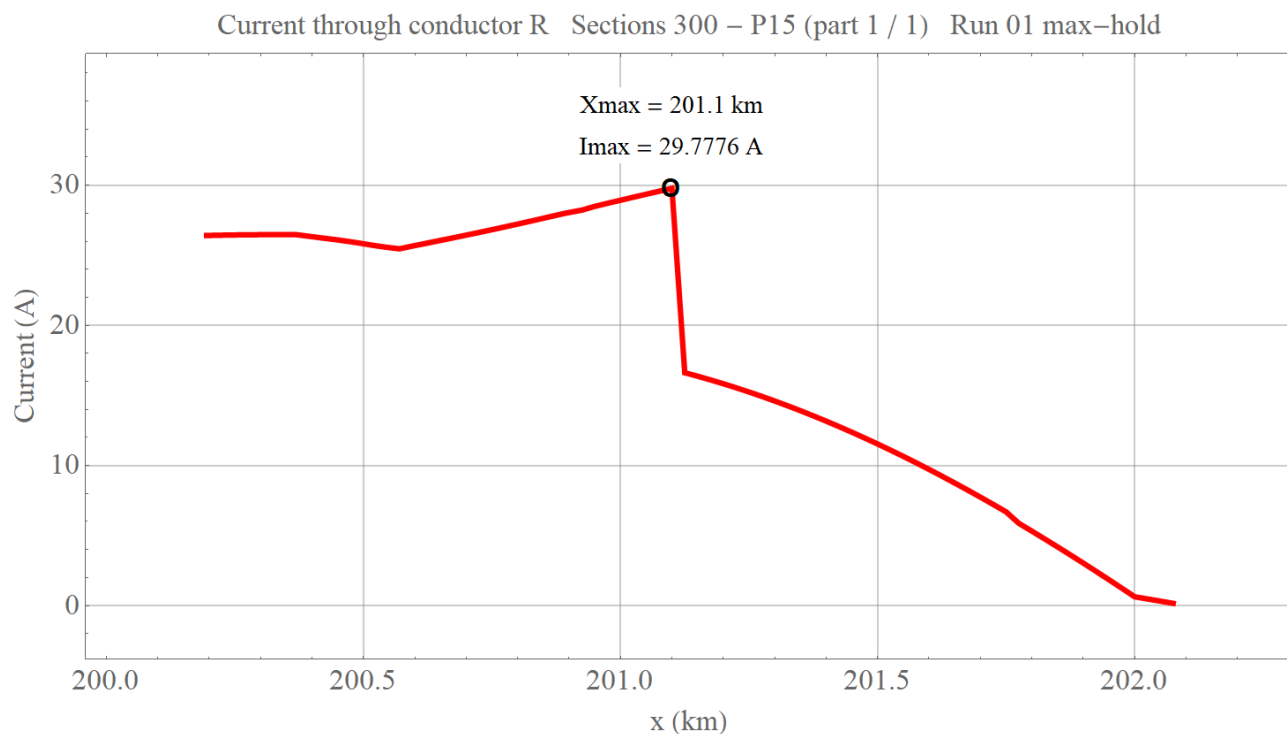
Afbeelding 24: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider P) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



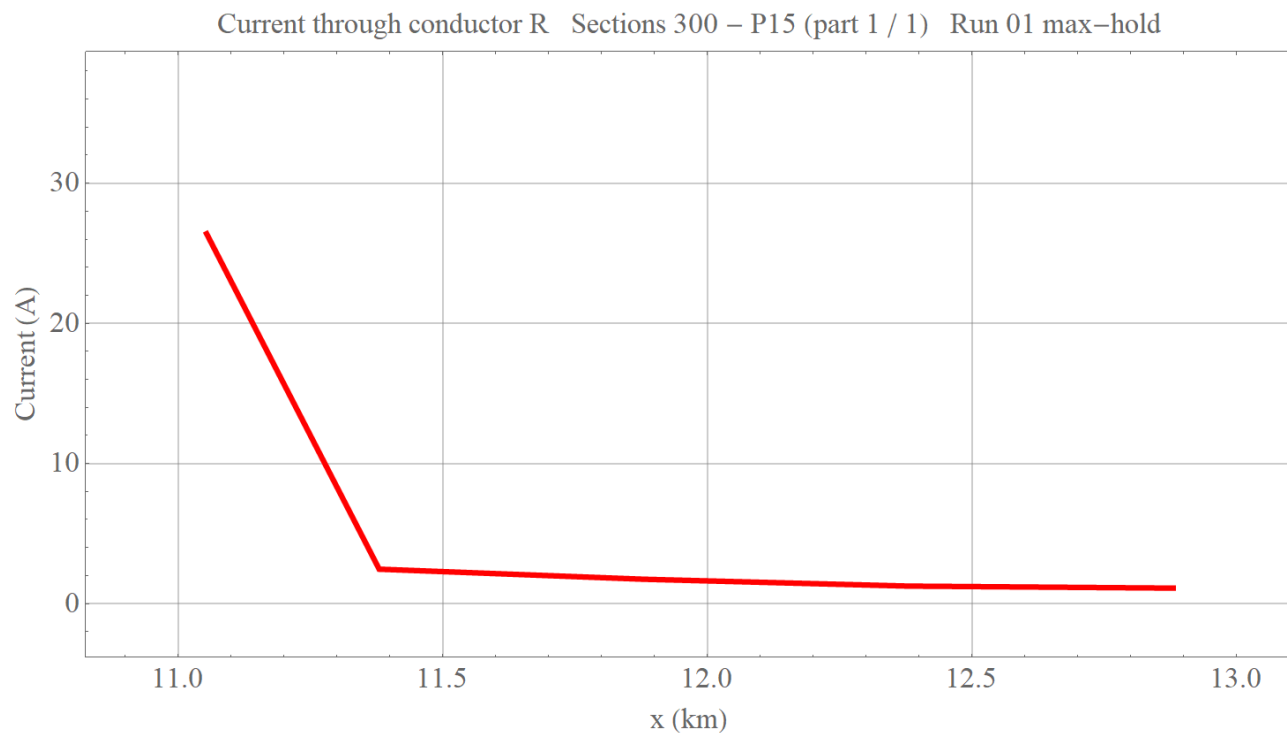
Afbeelding 25: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



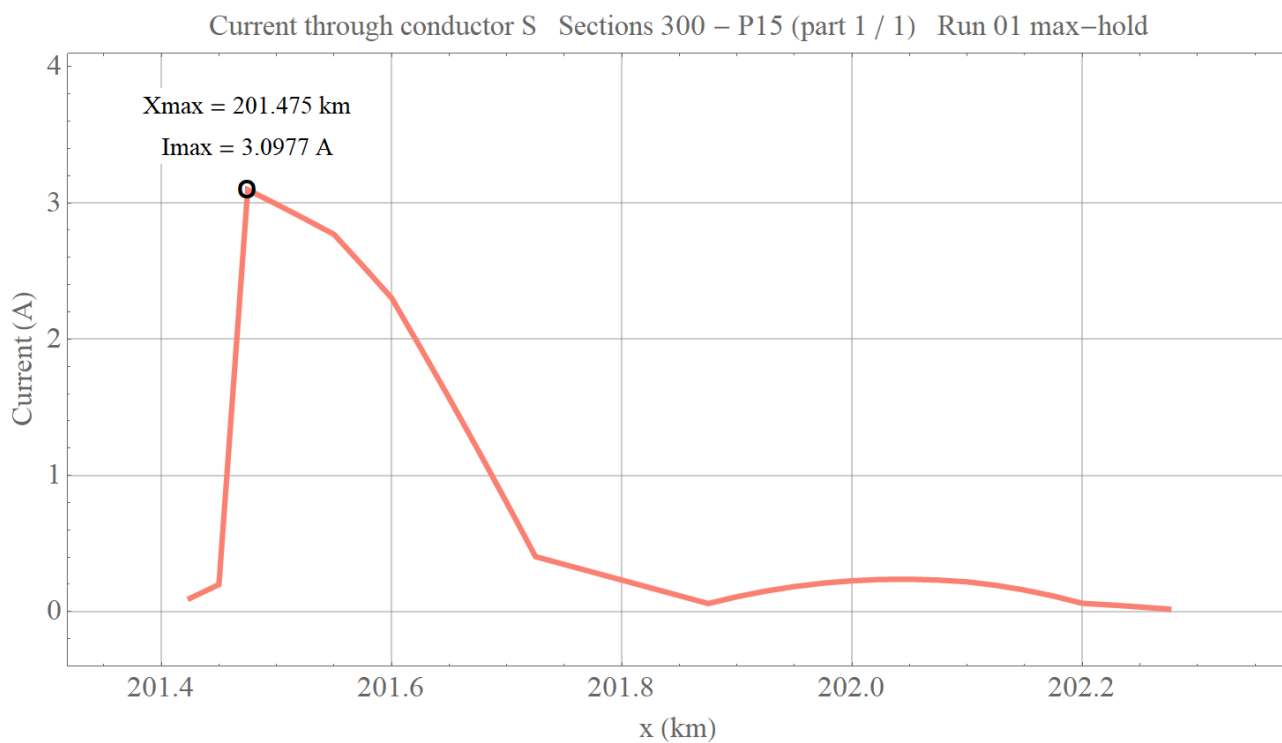
Afbeelding 26: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



Afbeelding 27: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.

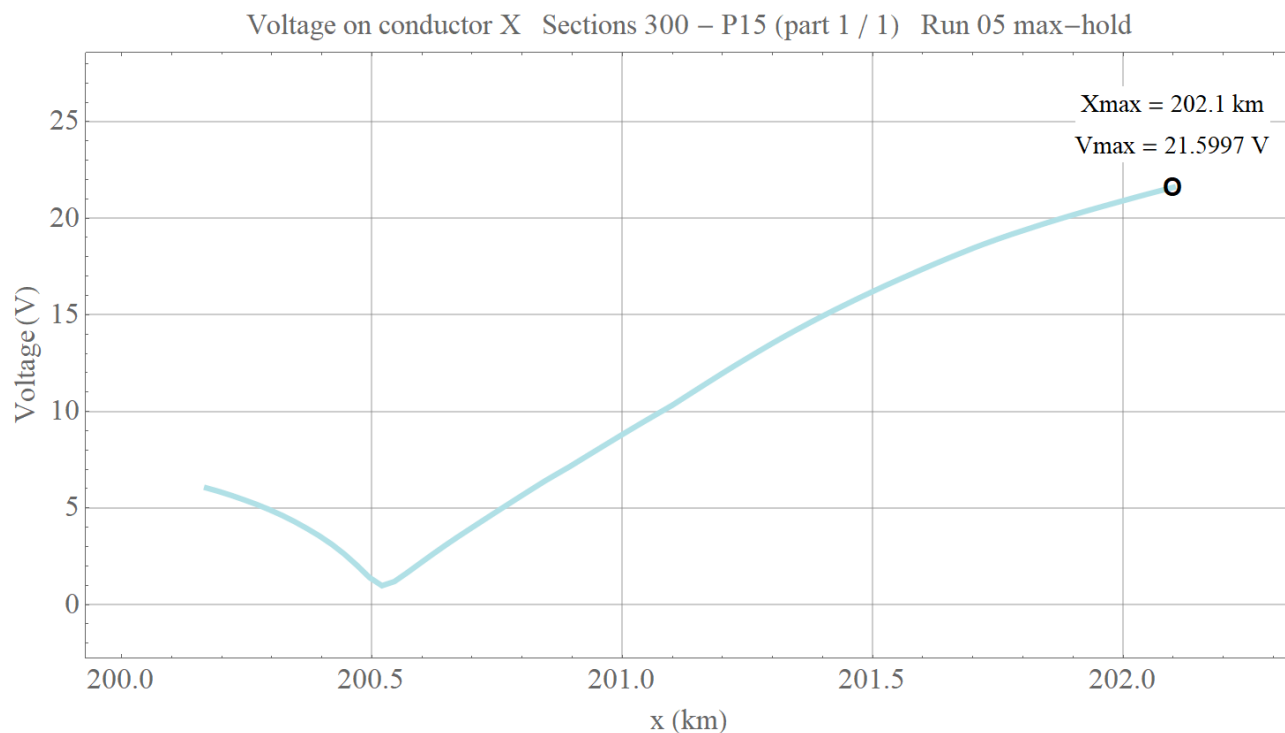


Afbeelding 28: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.

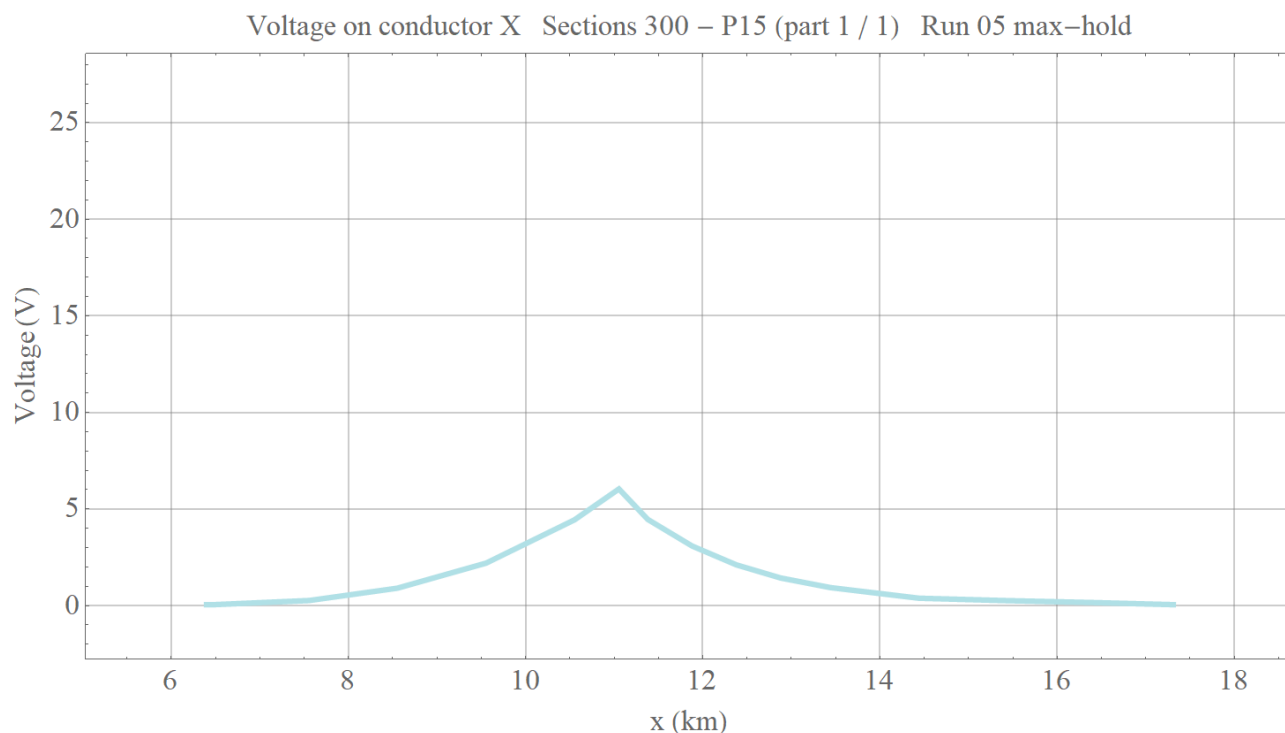


Afbeelding 29: Maximaal optredende stroom door spoor dieselemlacement (geleider S) op opstelrein.

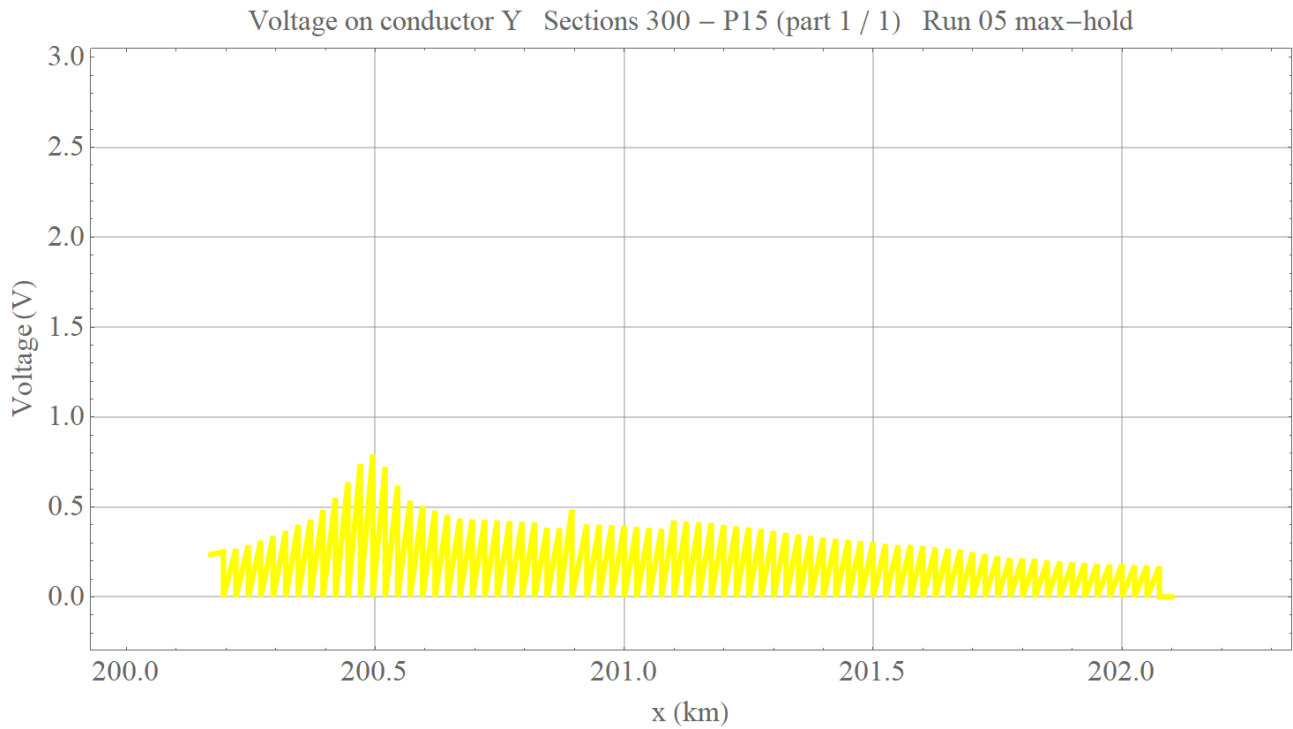
b. Onderhoud (10% asymmetrie)



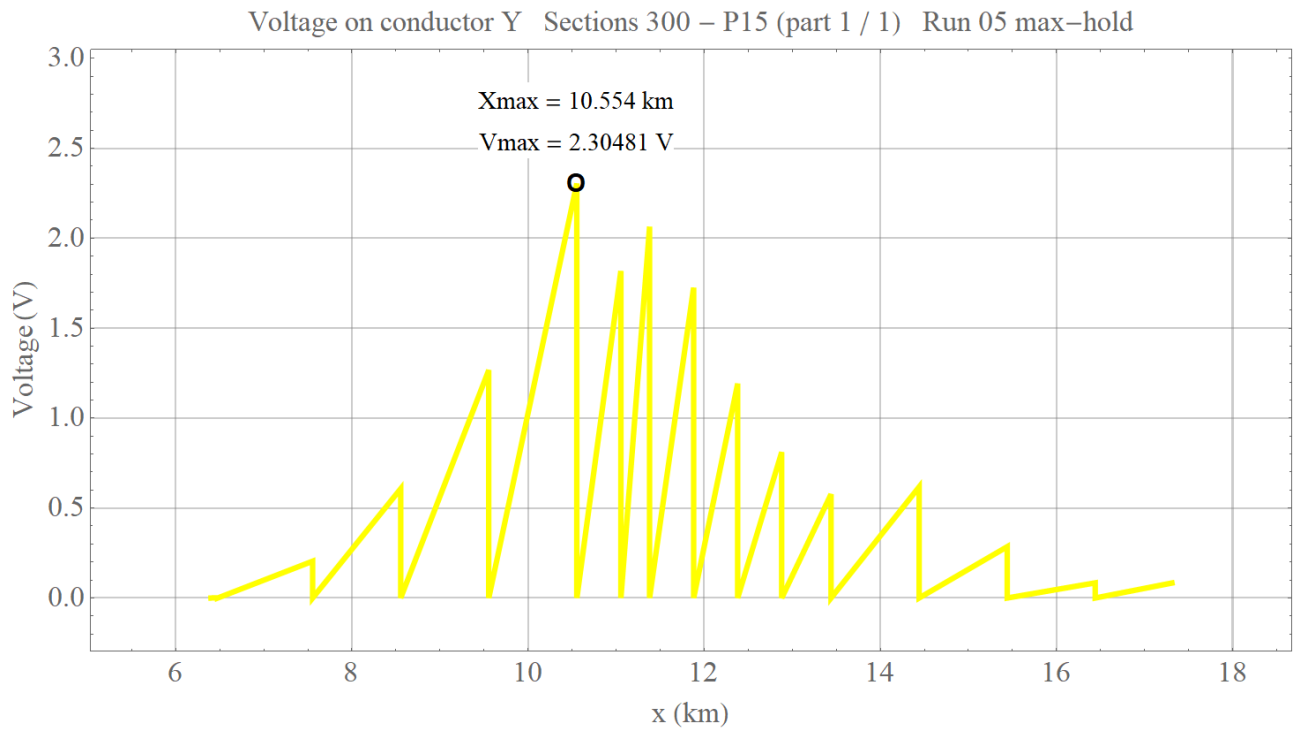
Afbeelding 30: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op opstelsterrein.



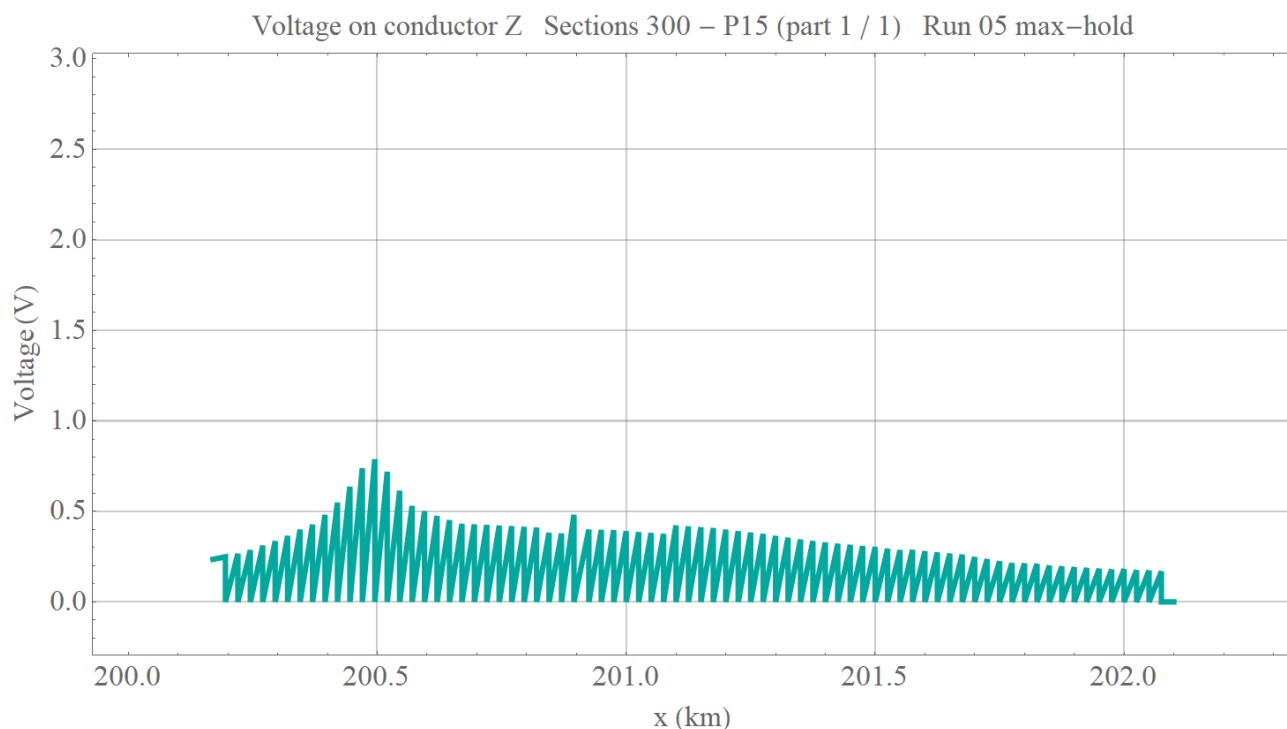
Afbeelding 31: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



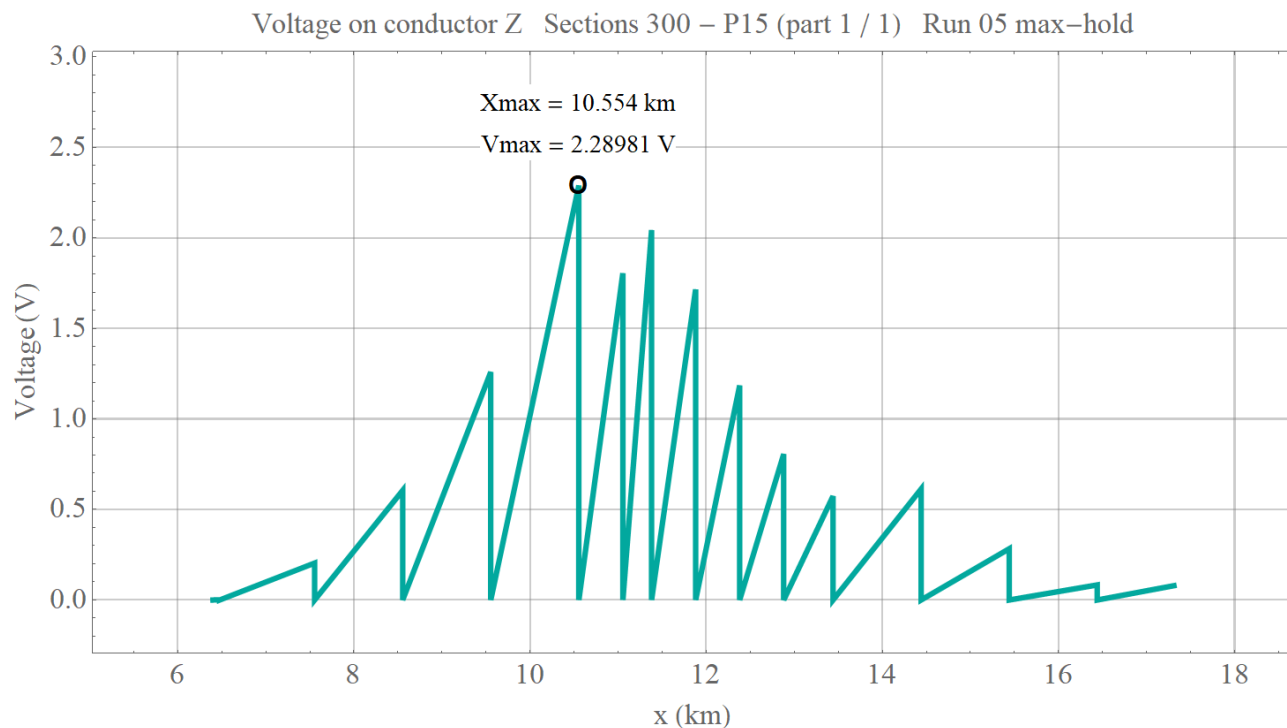
Afbeelding 32 Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op opstelrein.



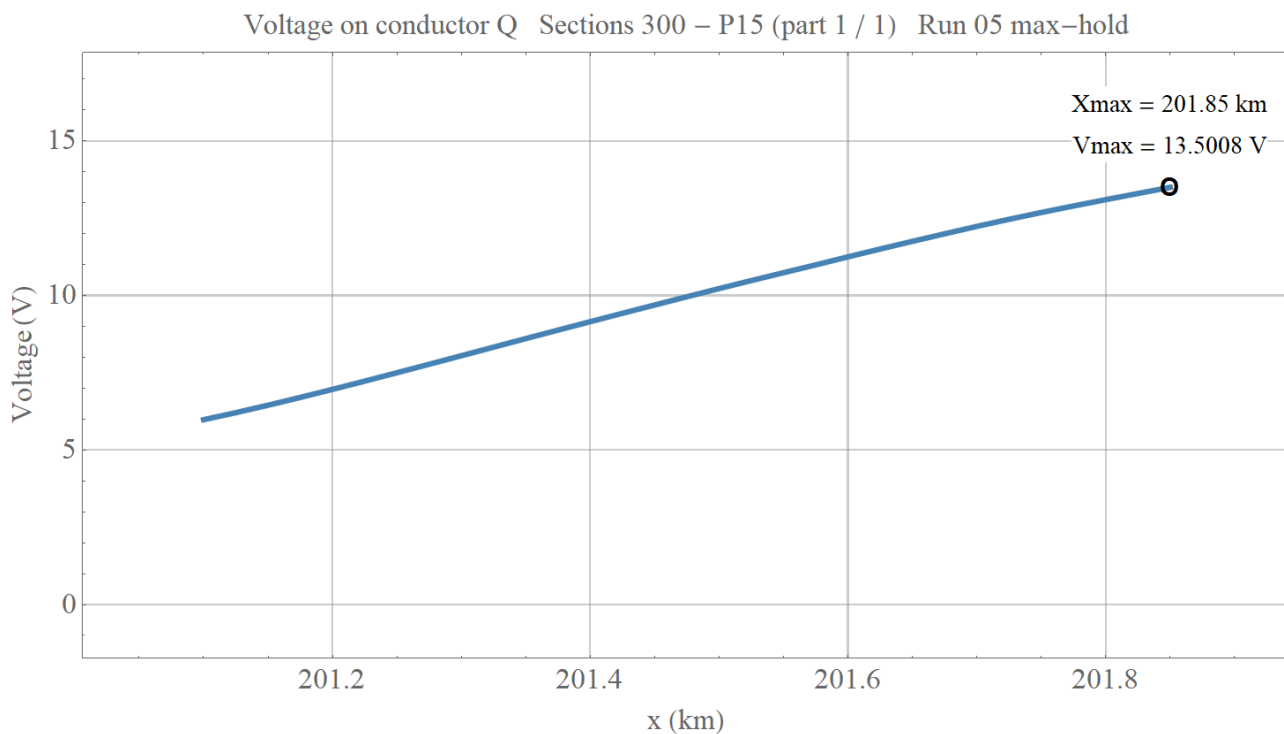
Afbeelding 33: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



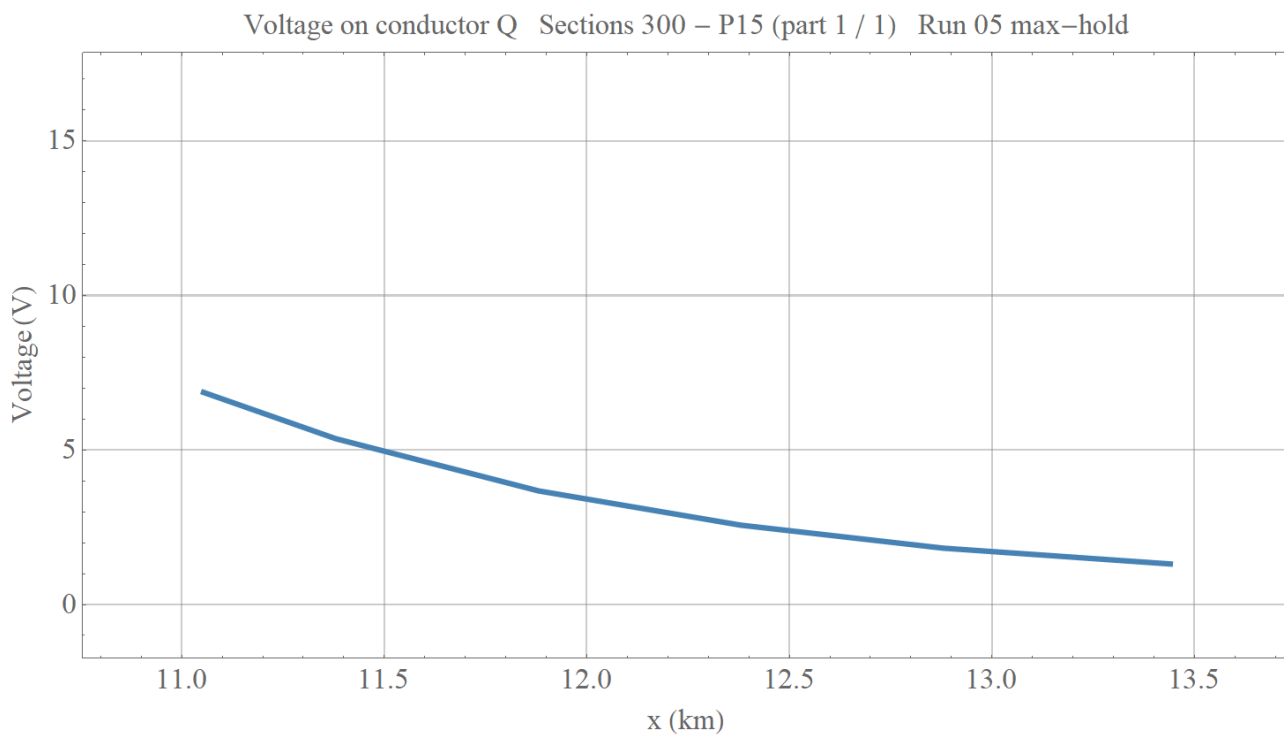
Afbeelding 34: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op opstelrein.



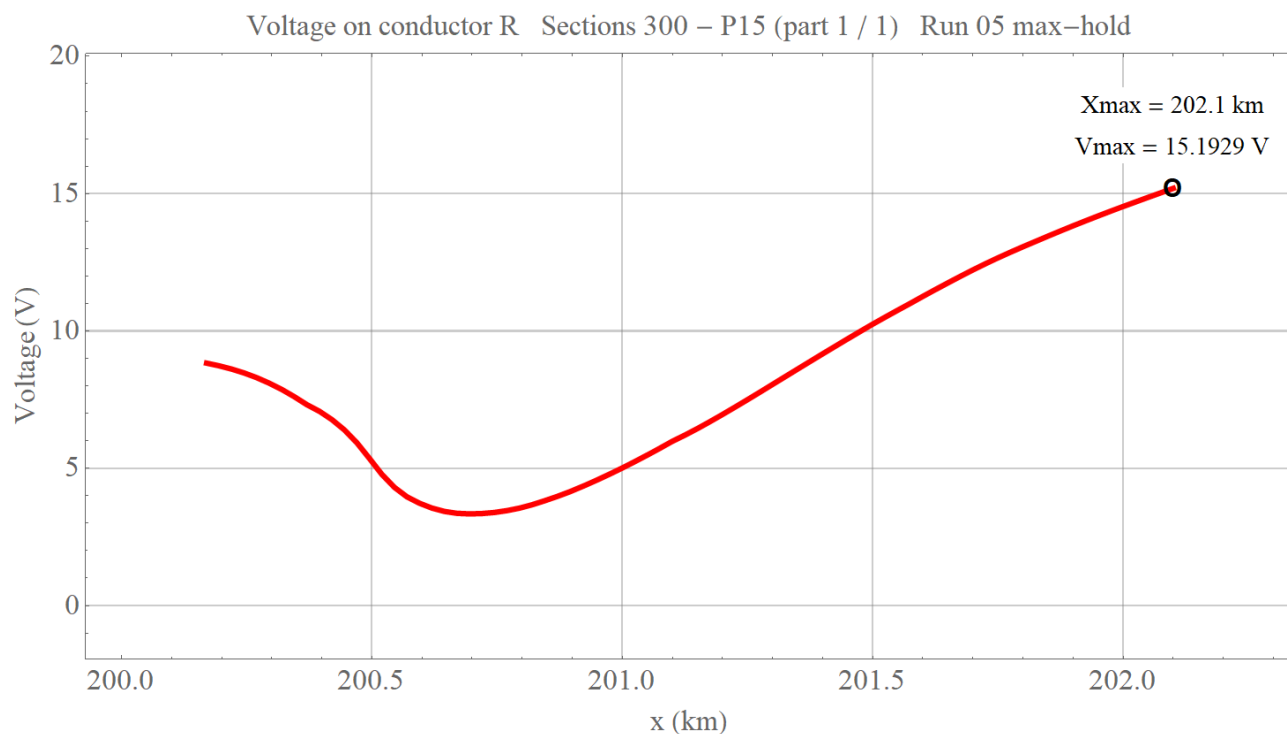
Afbeelding 35: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



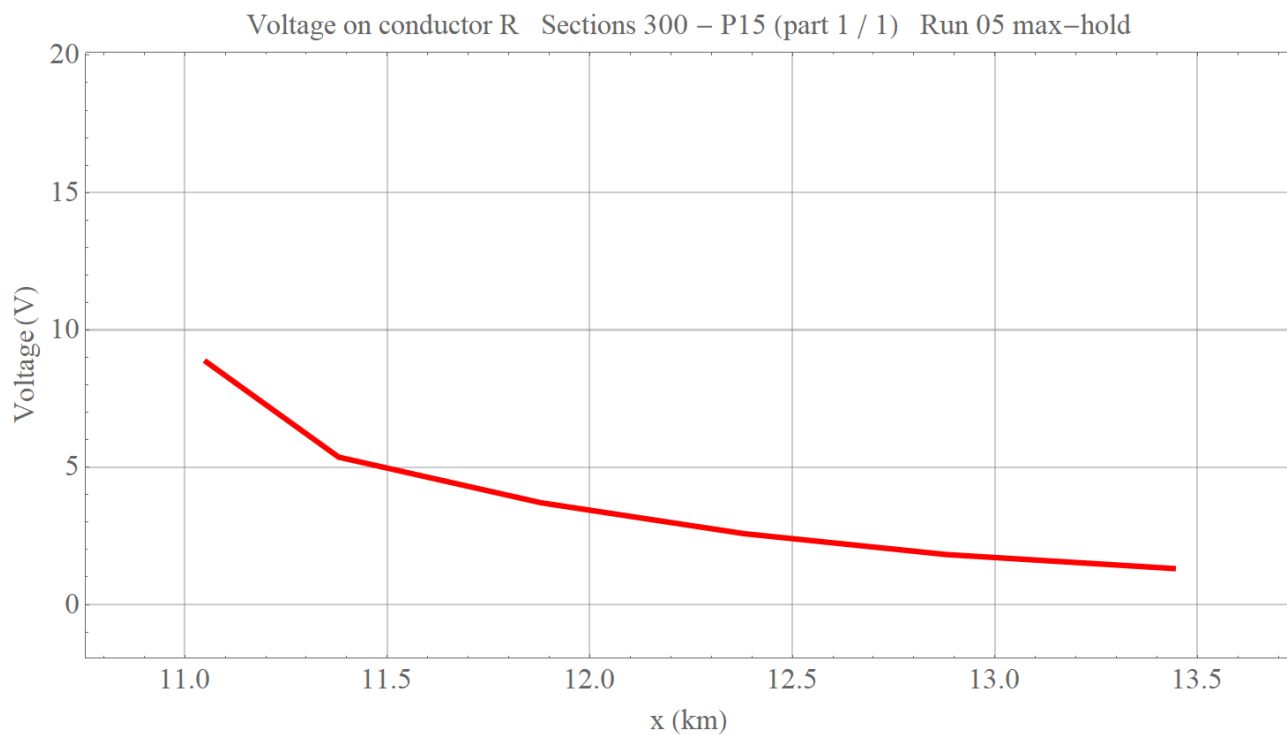
Afbeelding 36: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelsterrein.



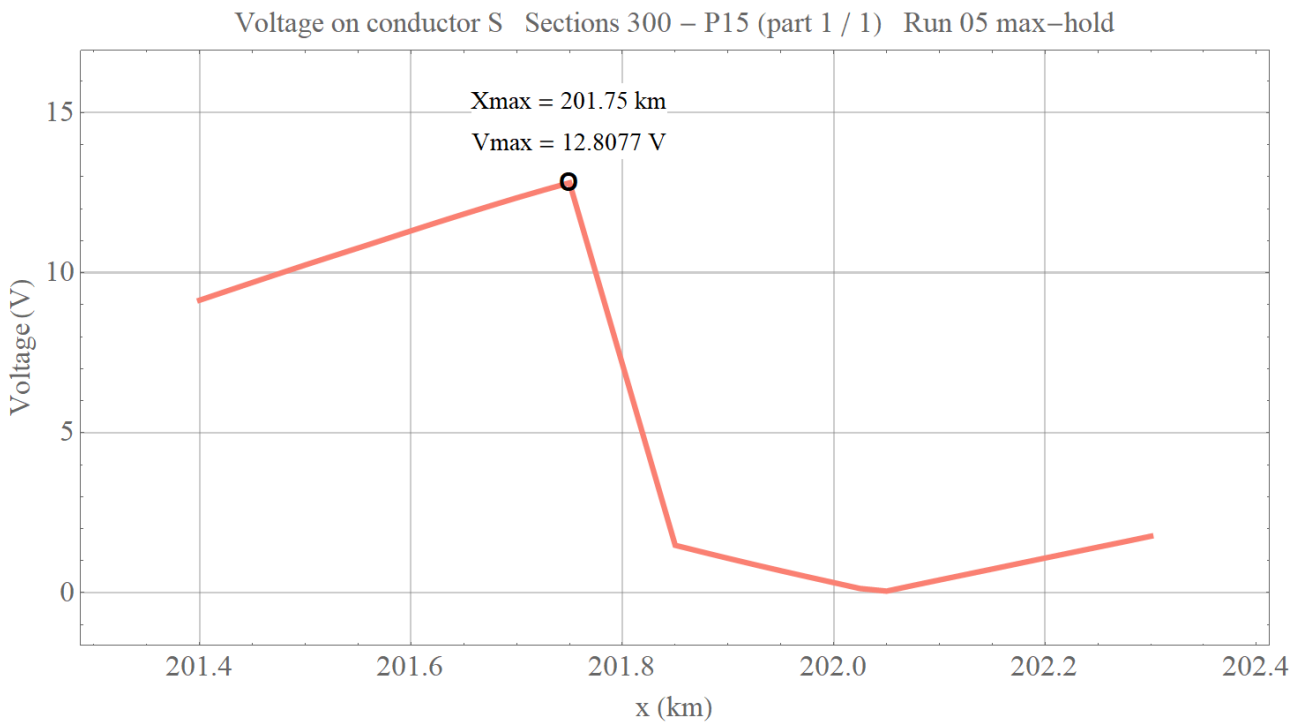
Afbeelding 37: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



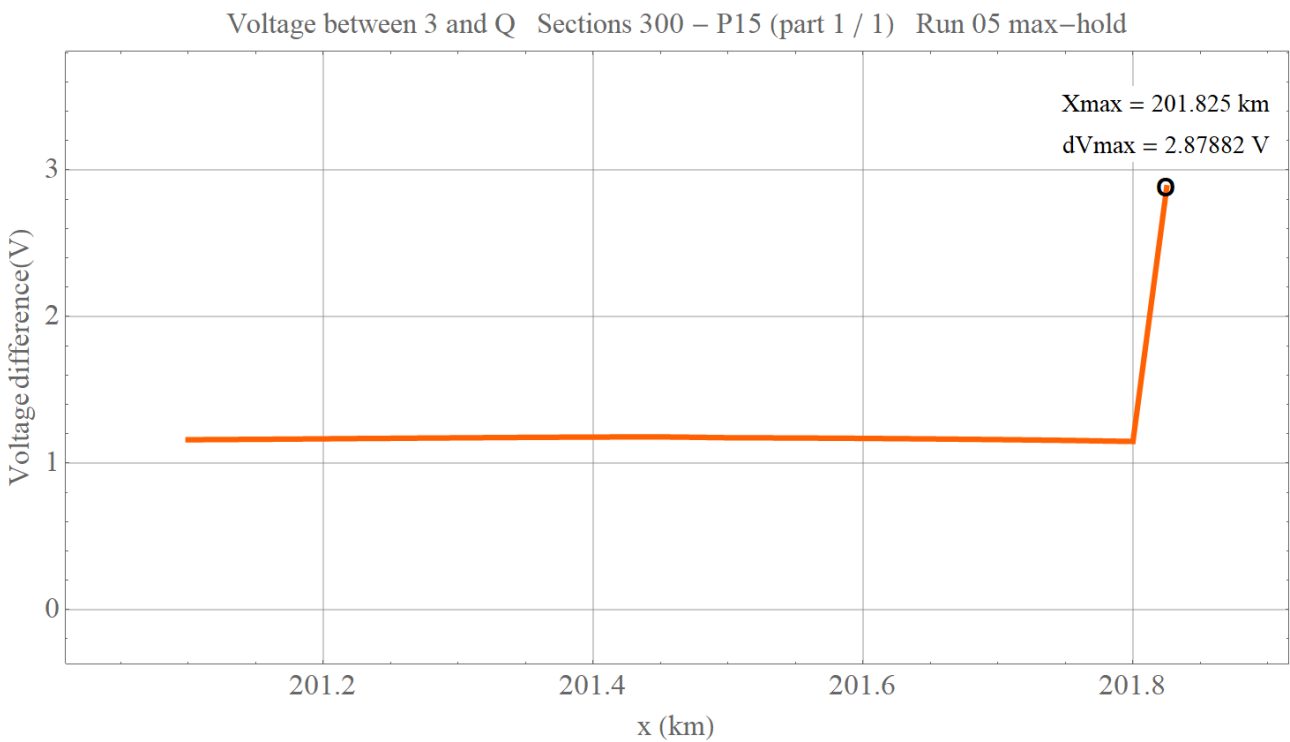
Afbeelding 38: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.



Afbeelding 39: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



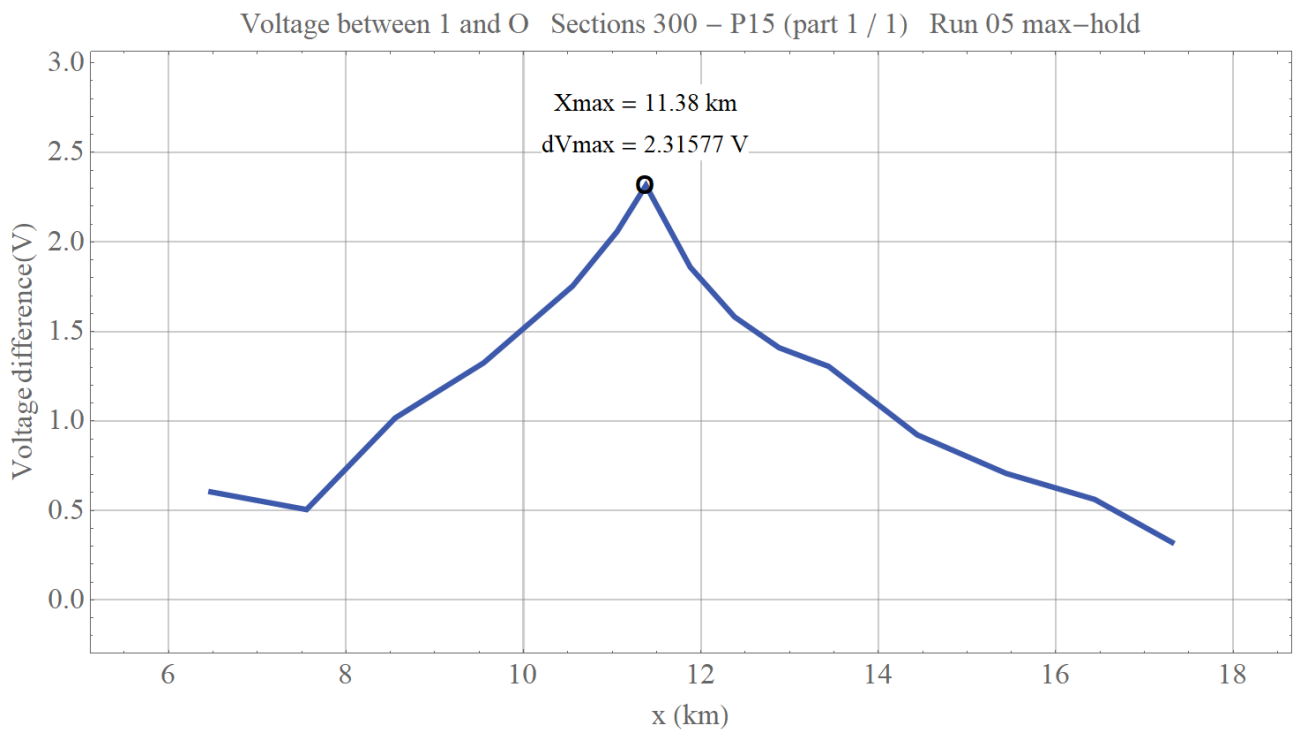
Afbeelding 40: Maximaal optredende spanning voor spoor dieselemlacement (geleider S) op opstelrein.



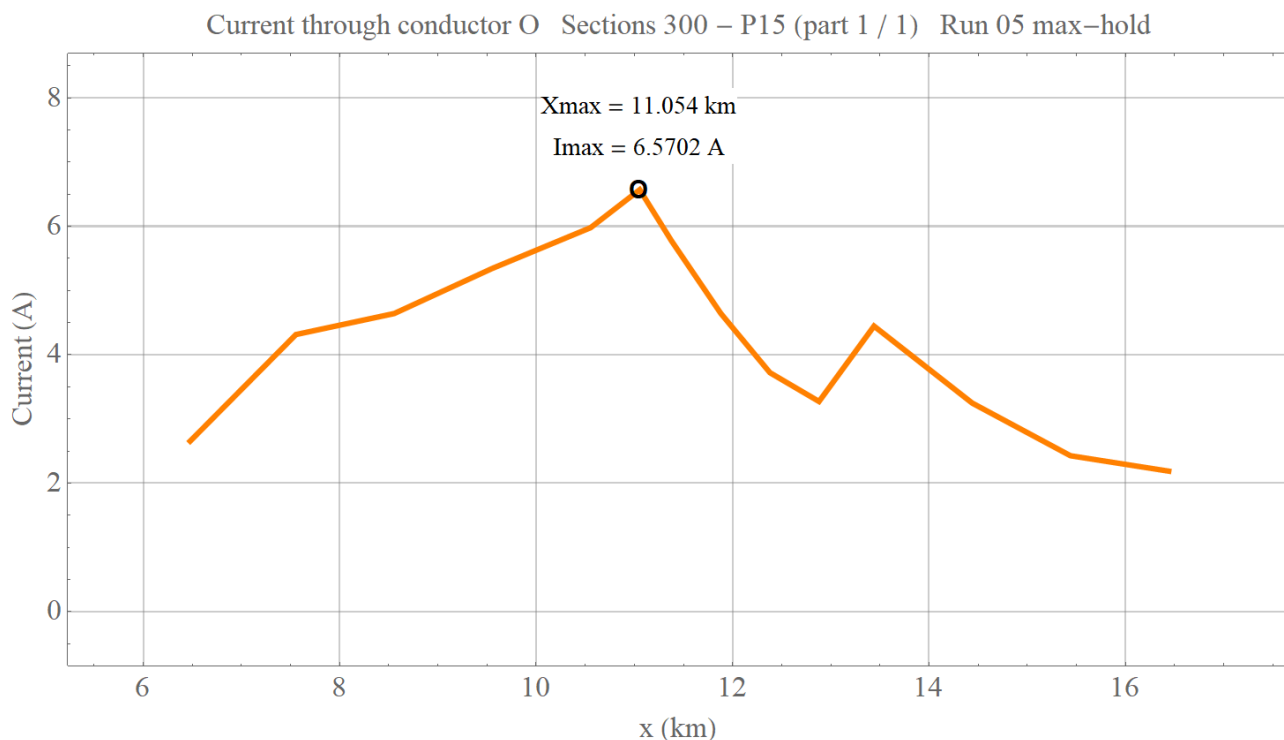
Afbeelding 41: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spooremlacement 1 (geleider 3 en Q) op opstelrein.



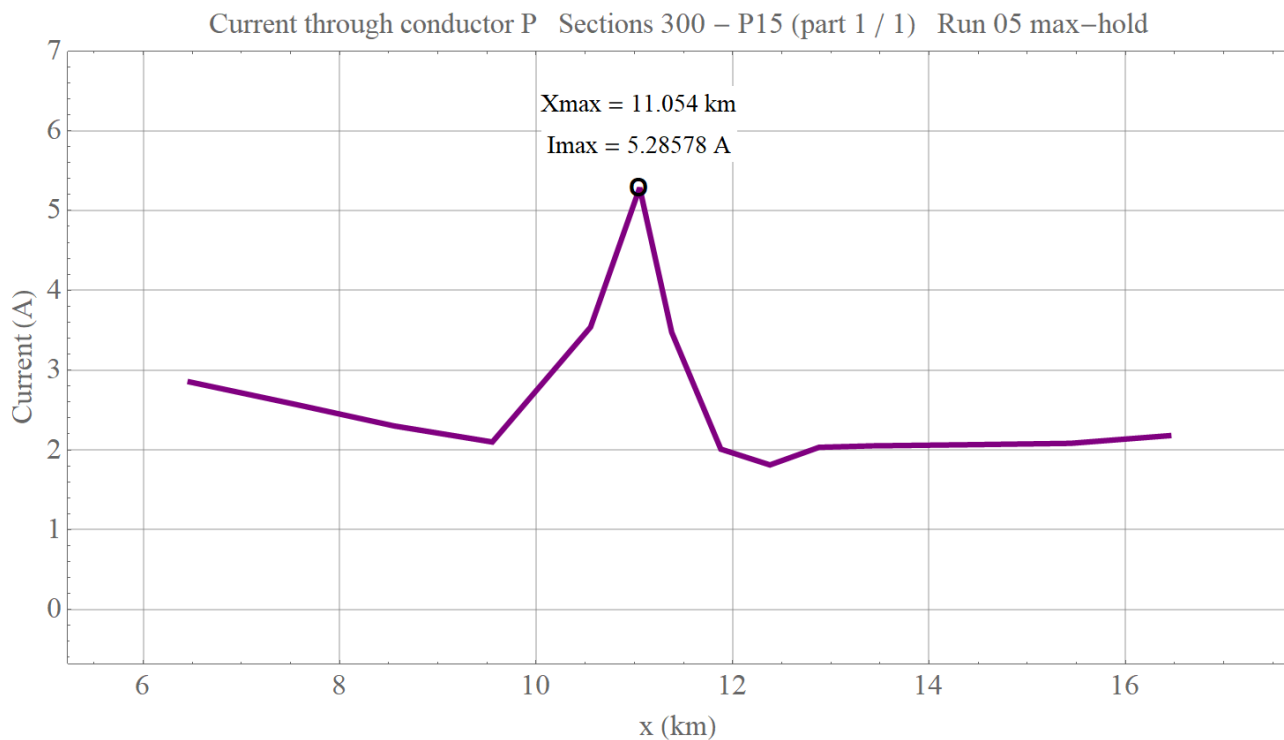
Afbeelding 42: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spooreplacement 2 (geleider 4 en R) op opstelrein.



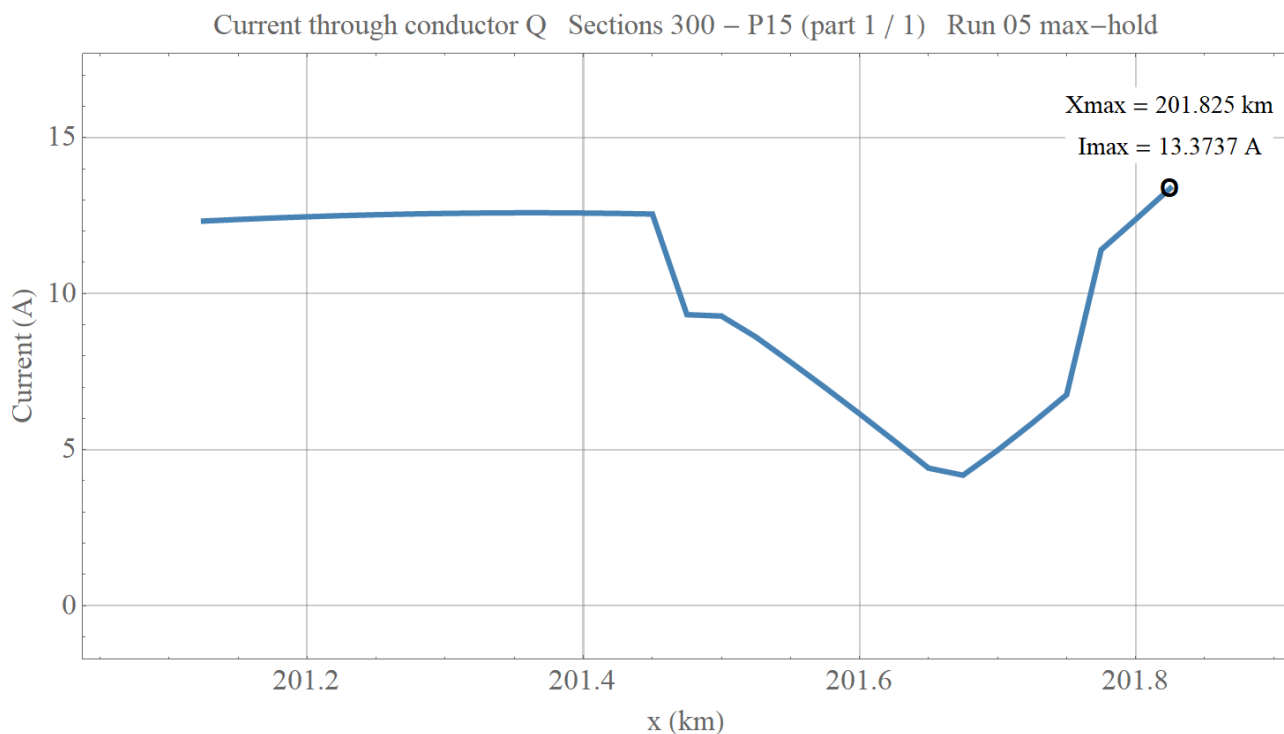
Afbeelding 43: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoor (geleider 1 en O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



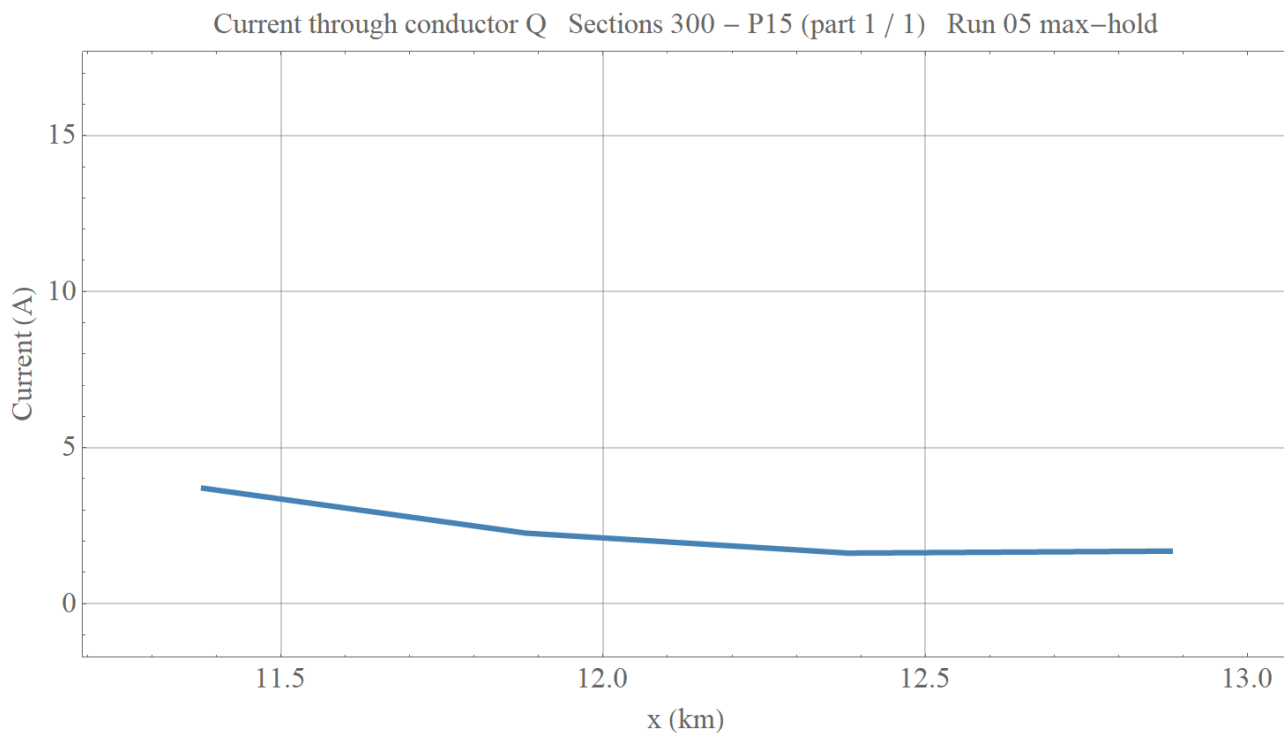
Afbeelding 44: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



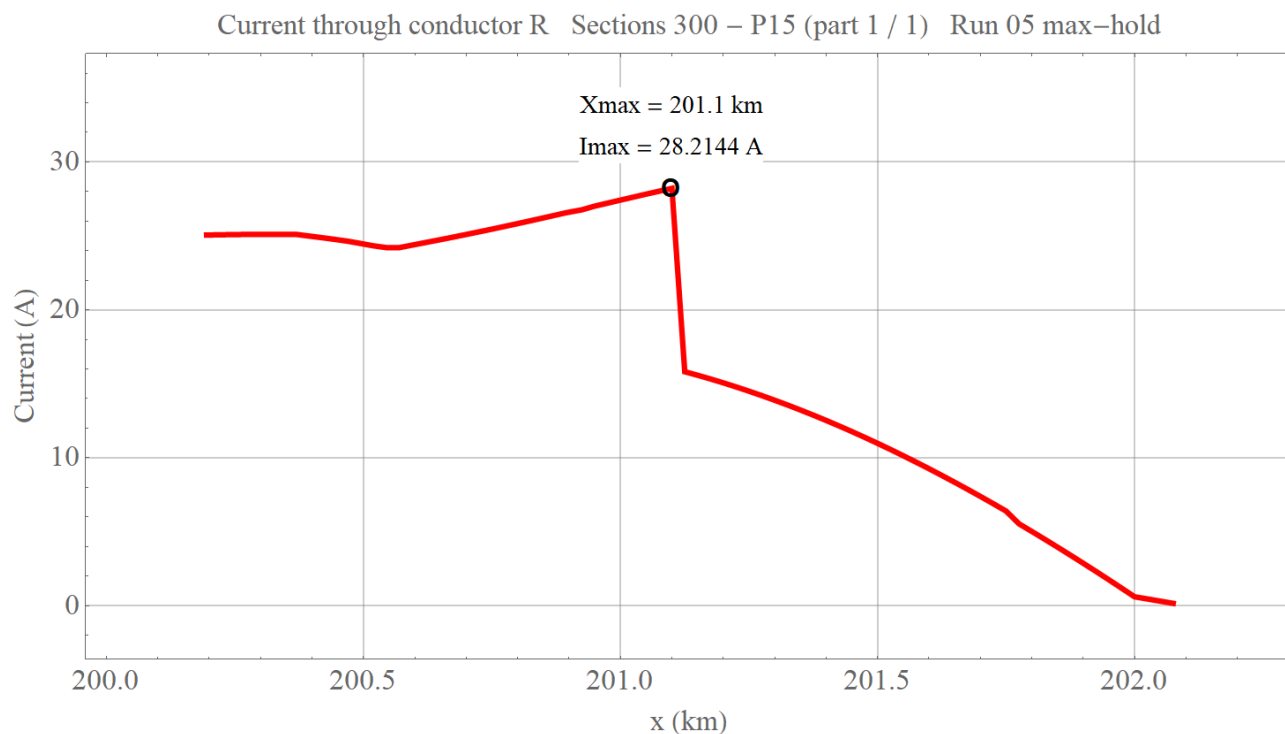
Afbeelding 45: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider P) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



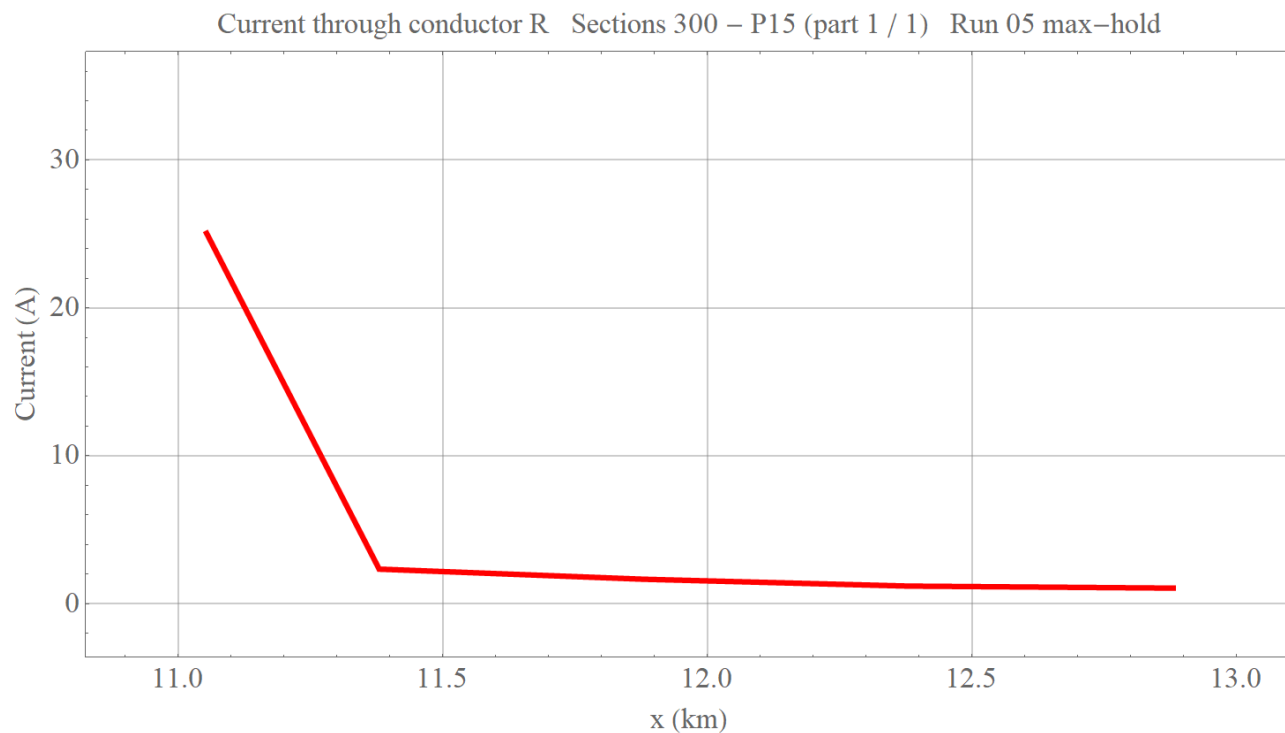
Afbeelding 46: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelterrein.



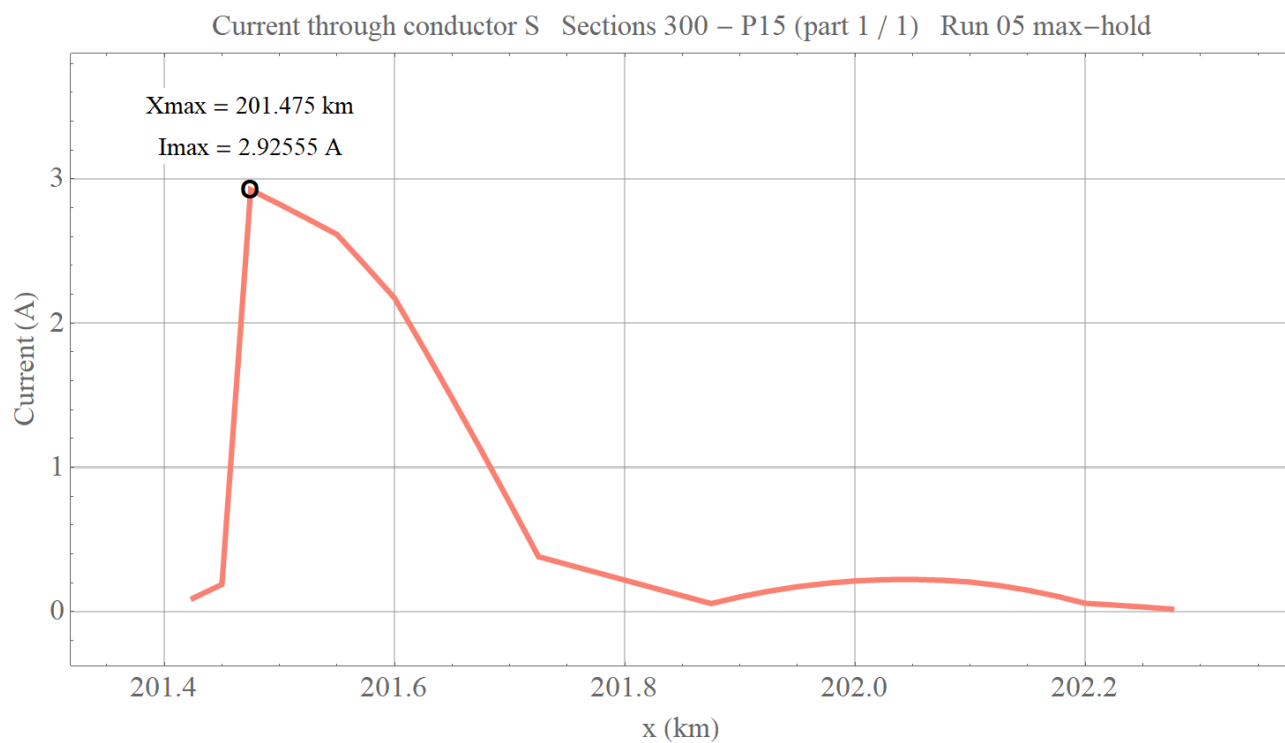
Afbeelding 47: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



Afbeelding 48: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.

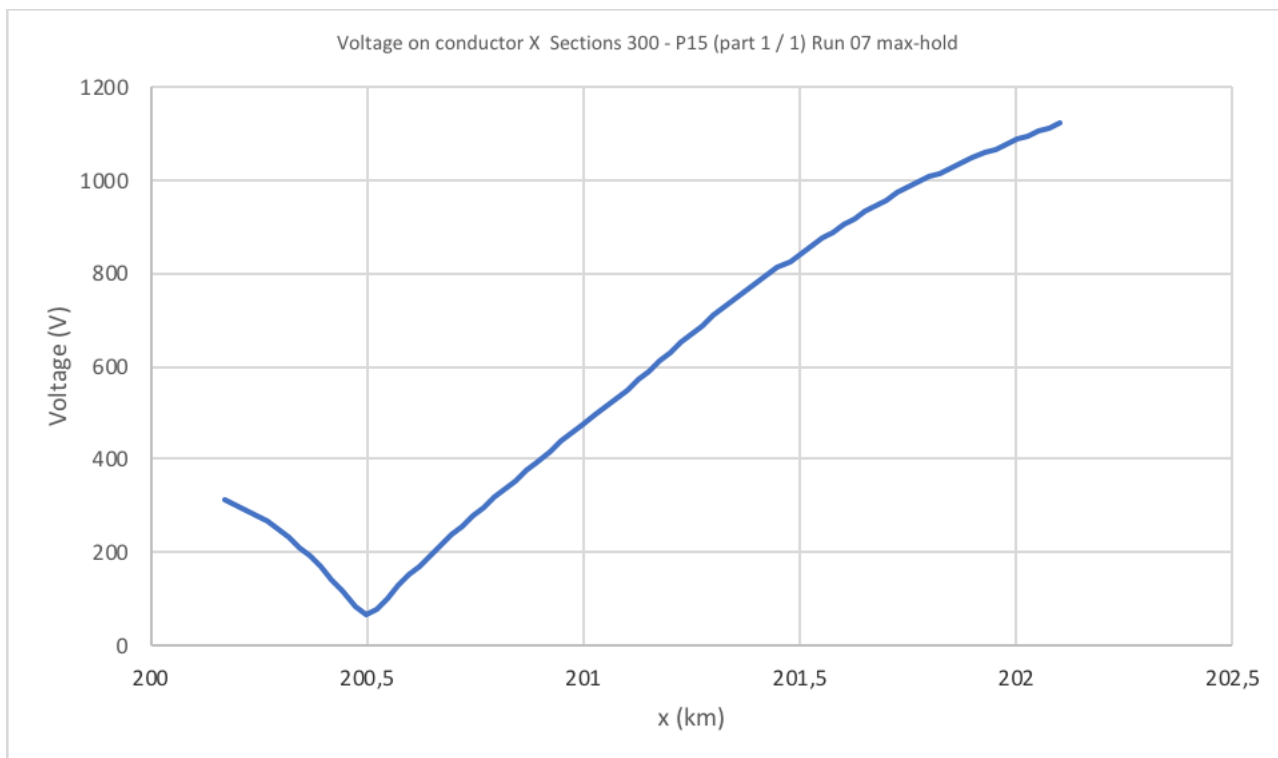


Afbeelding 49: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.

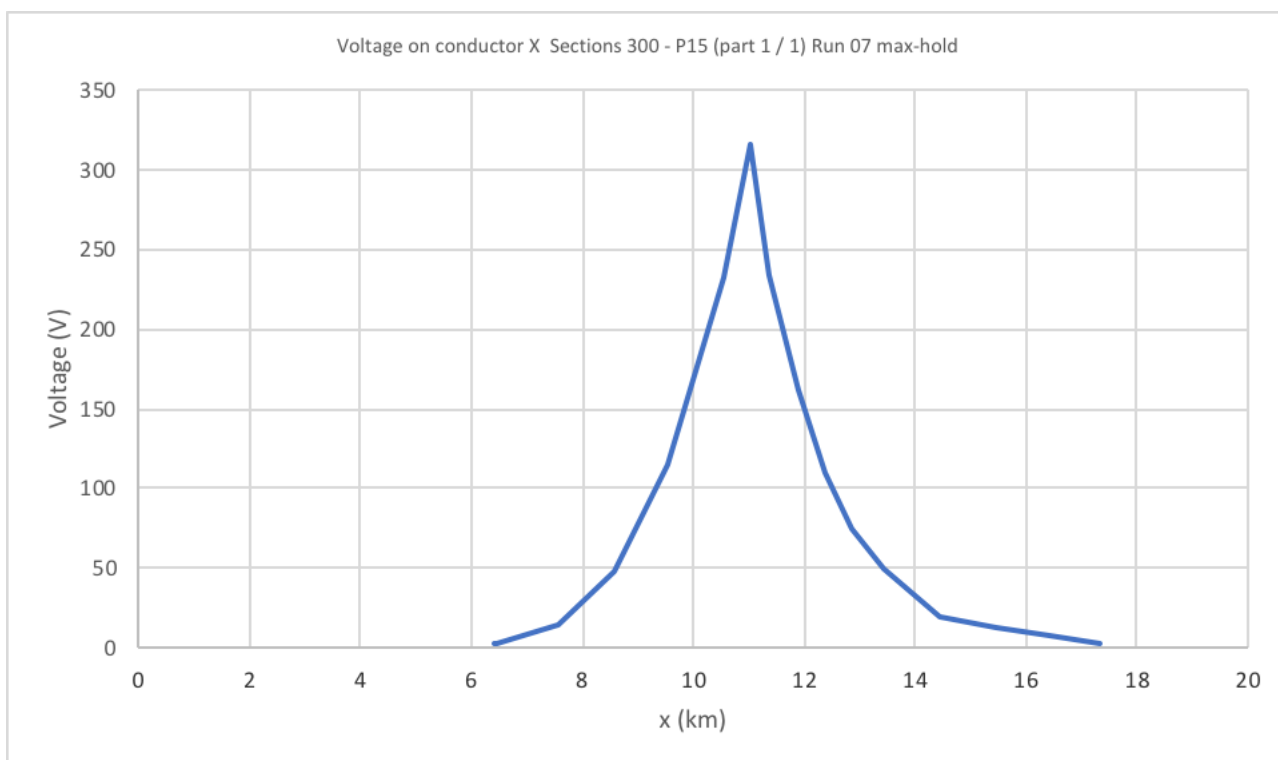


Afbeelding 50: Maximaal optredende stroom door spoor dieselemlacement (geleider S) op opstelrein.

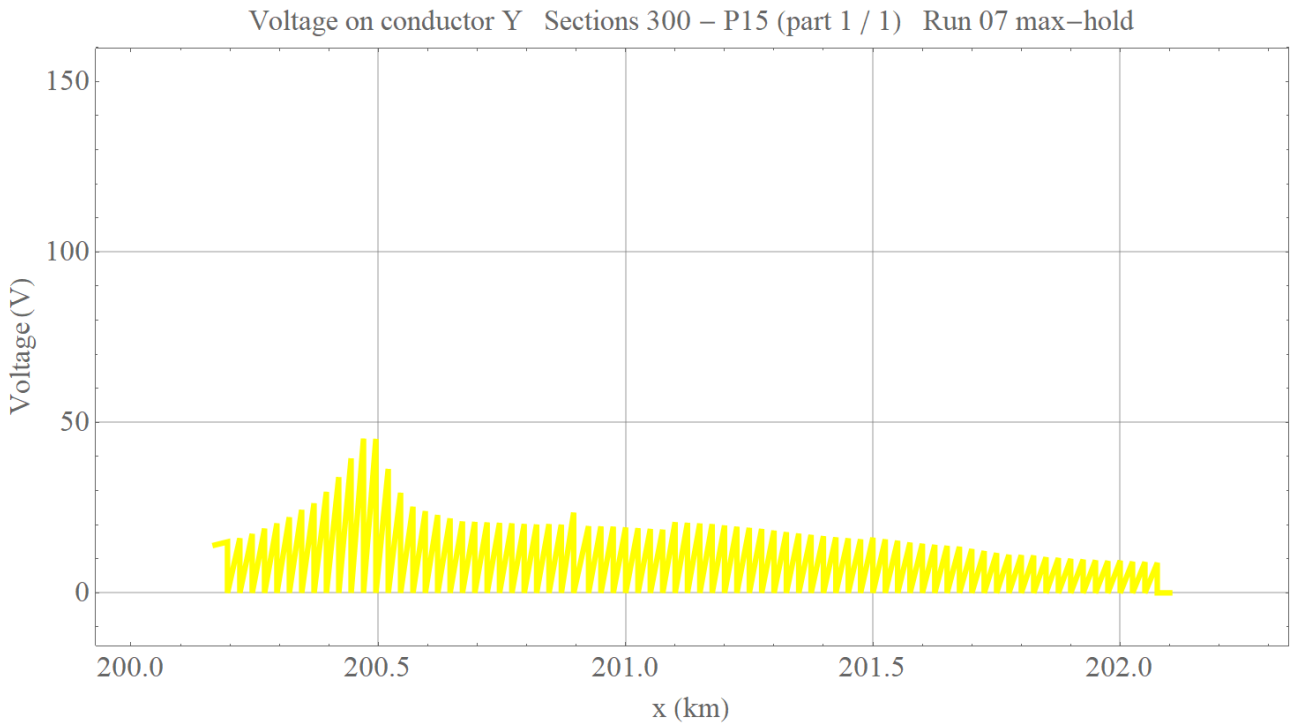
c. Kortsluiting (50 kA)



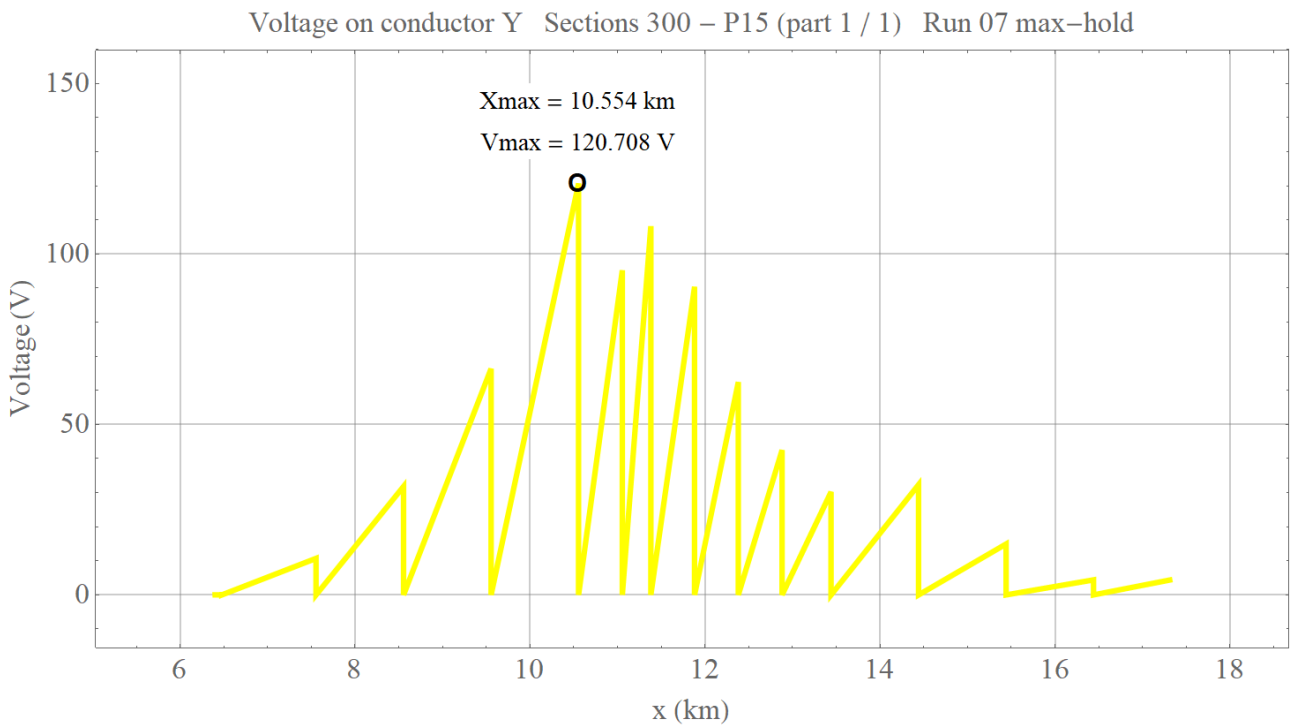
Afbeelding 51: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op opstelrein.



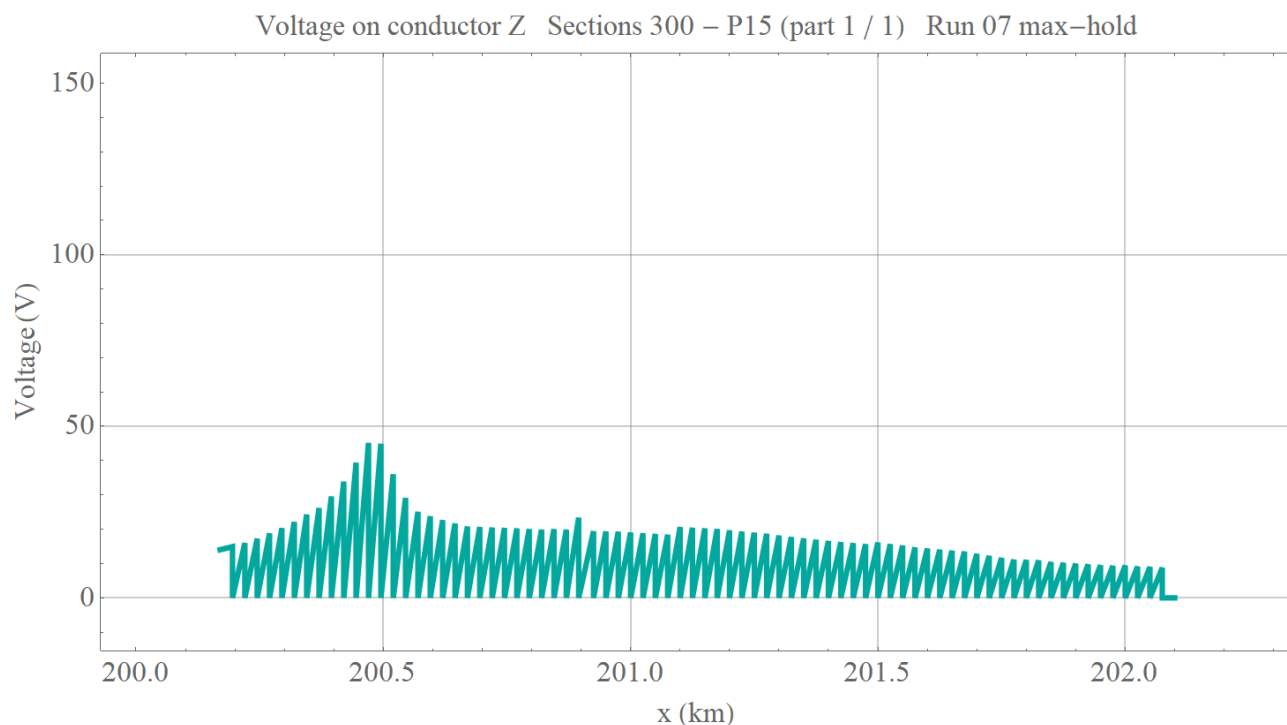
Afbeelding 52: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



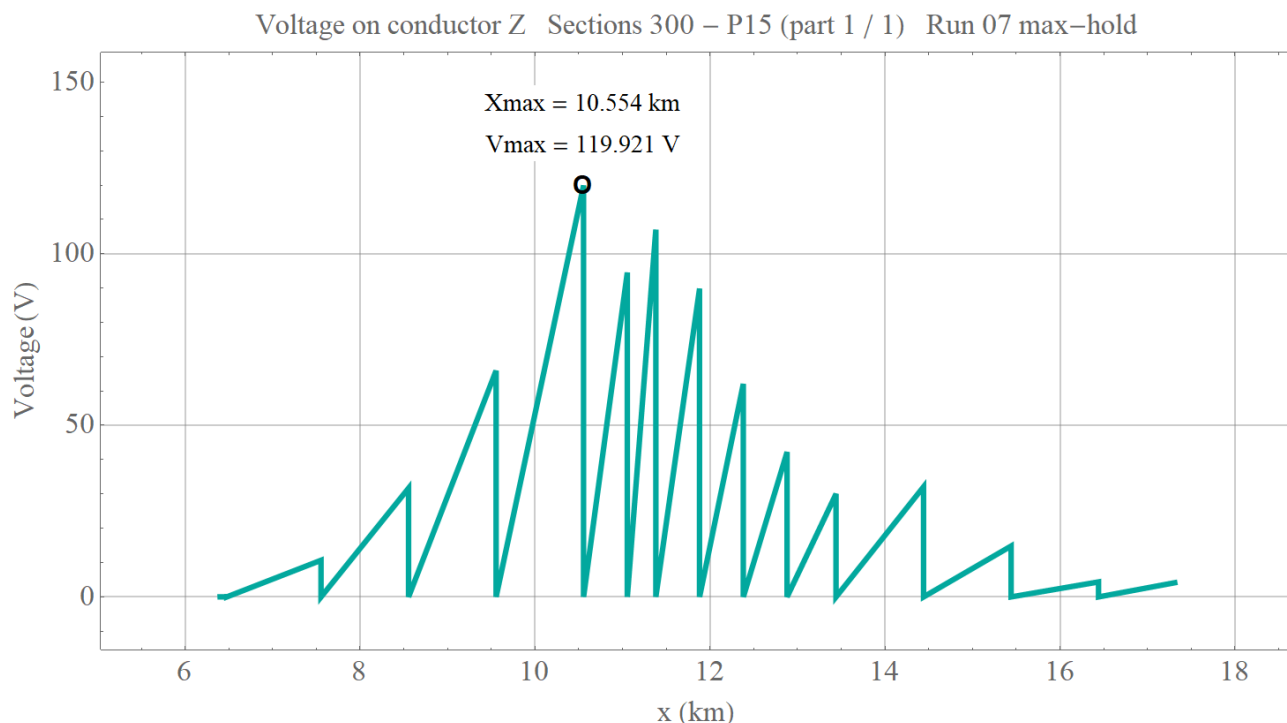
Afbeelding 53: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op opstelsterrein.



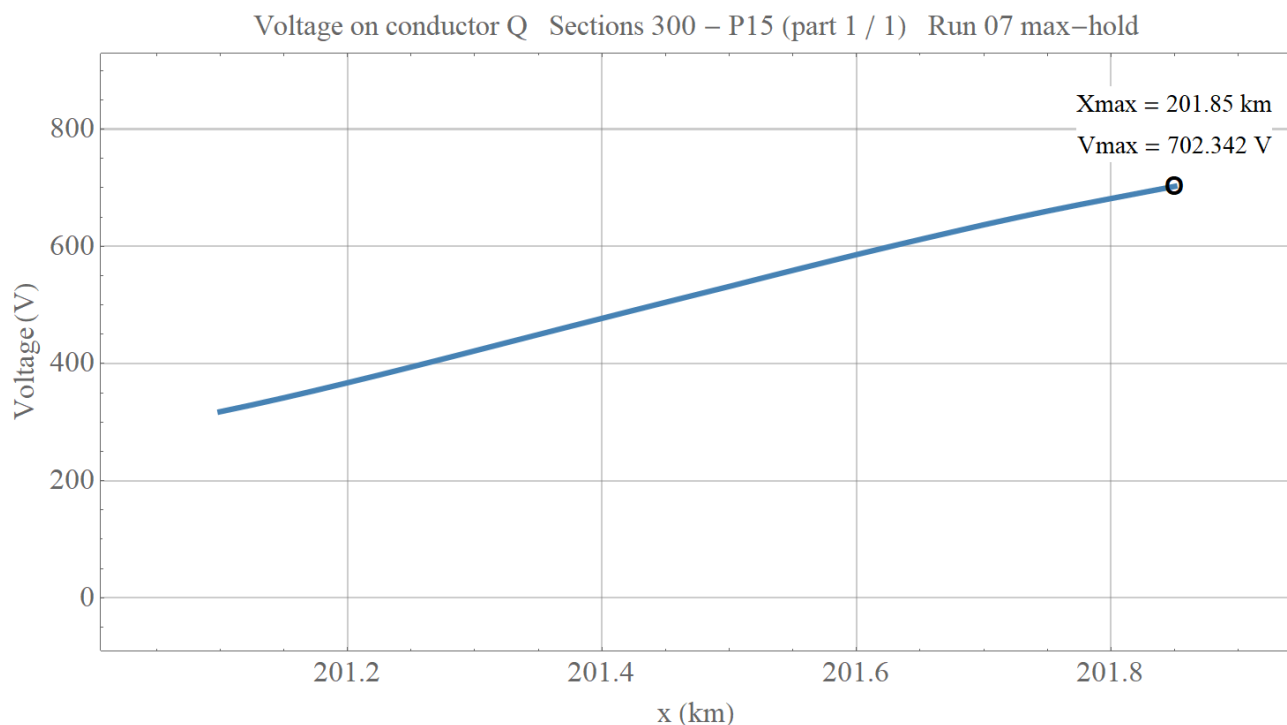
Afbeelding 54: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



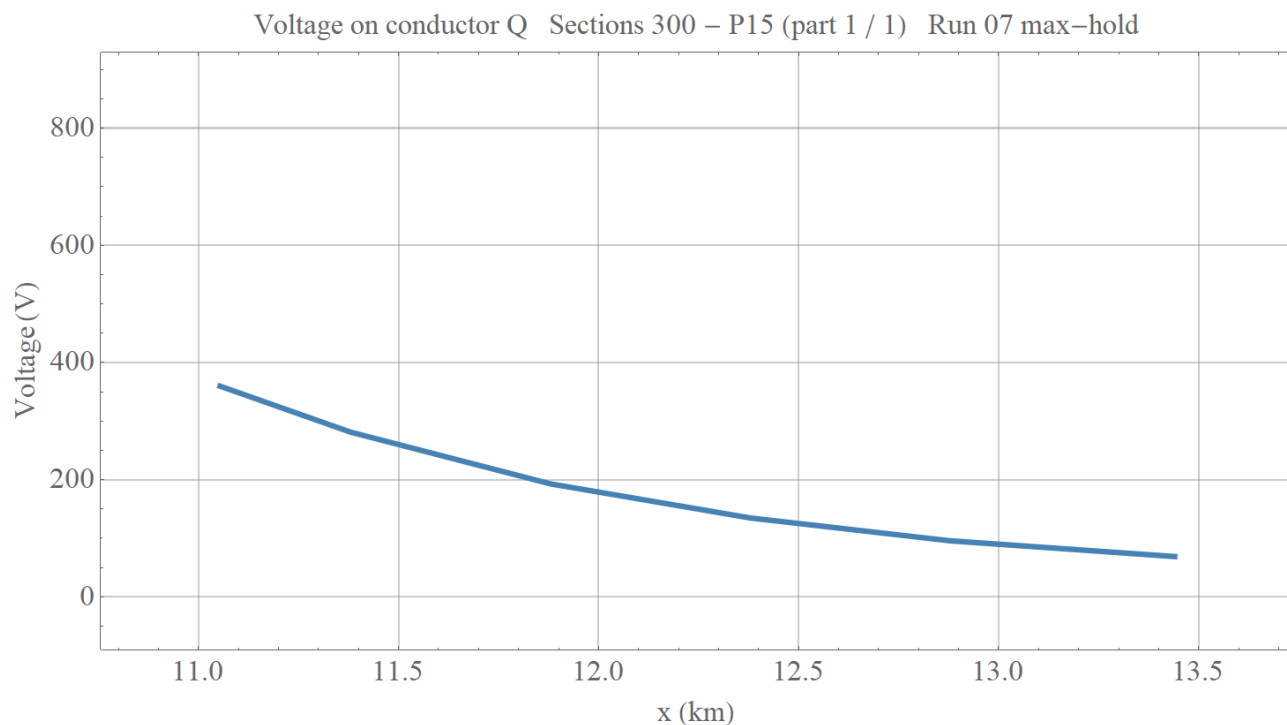
Afbeelding 55: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op opstelrein.



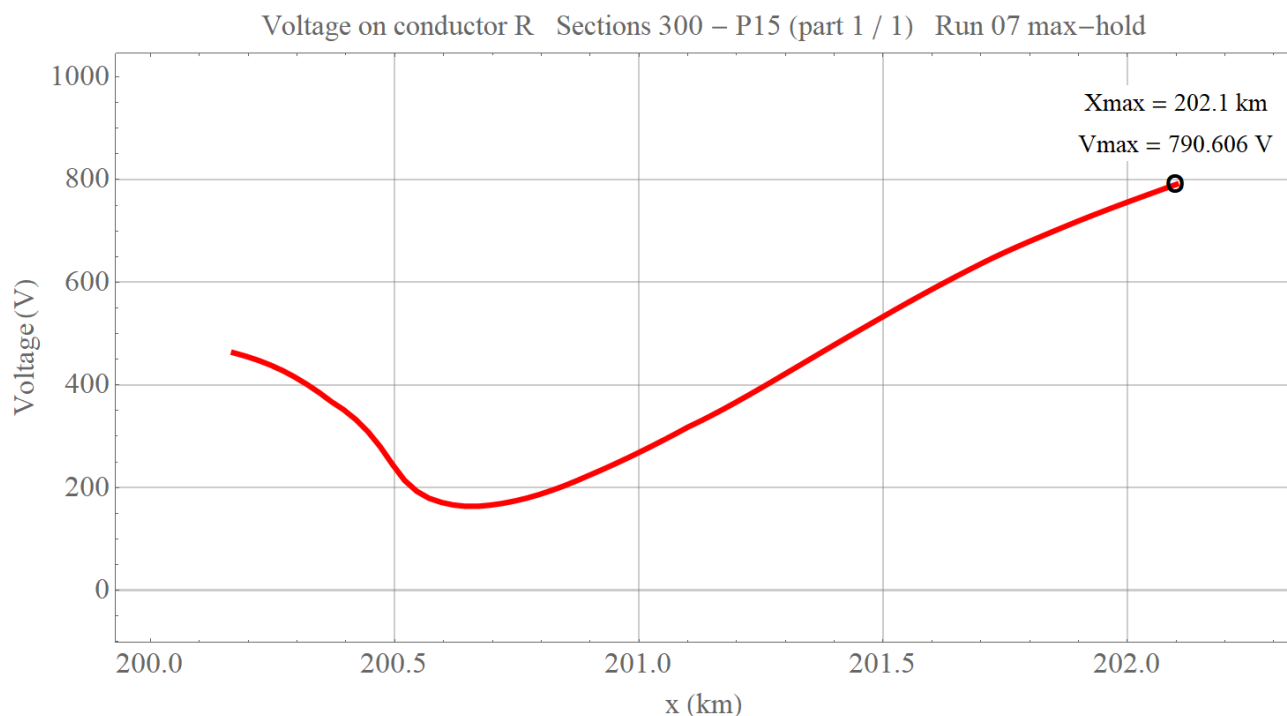
Afbeelding 56: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



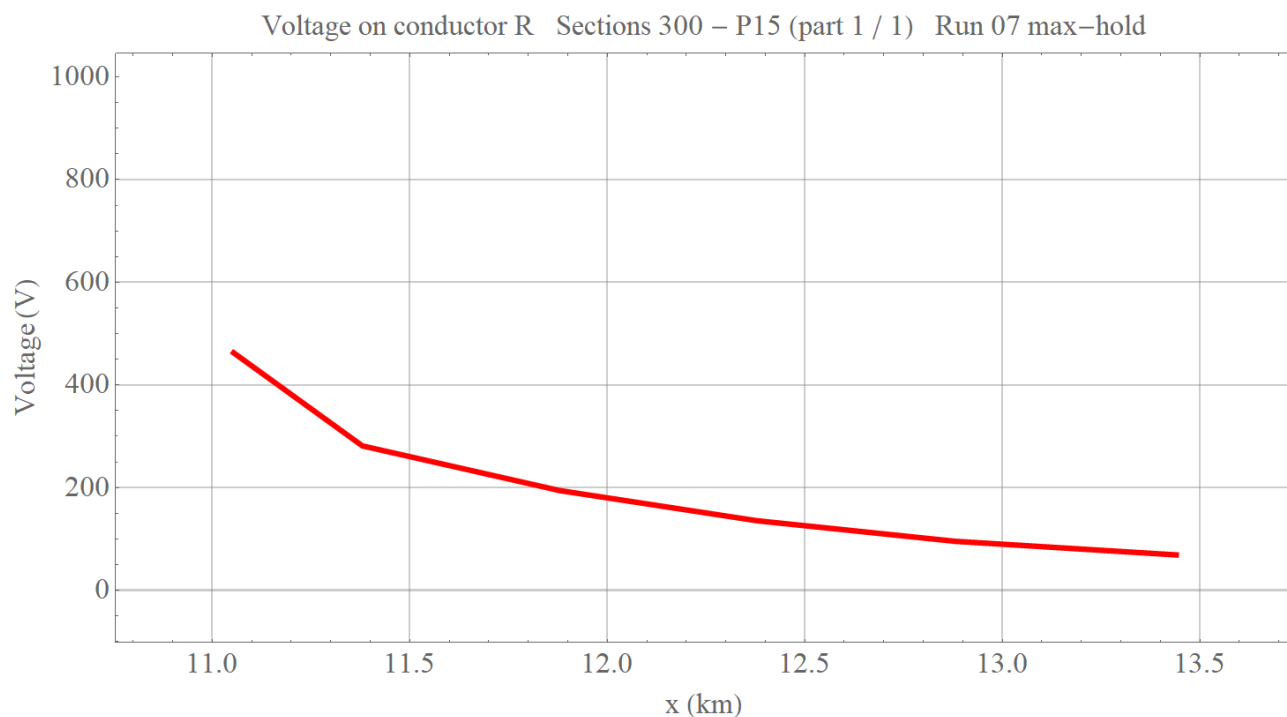
Afbeelding 57: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelterrain.



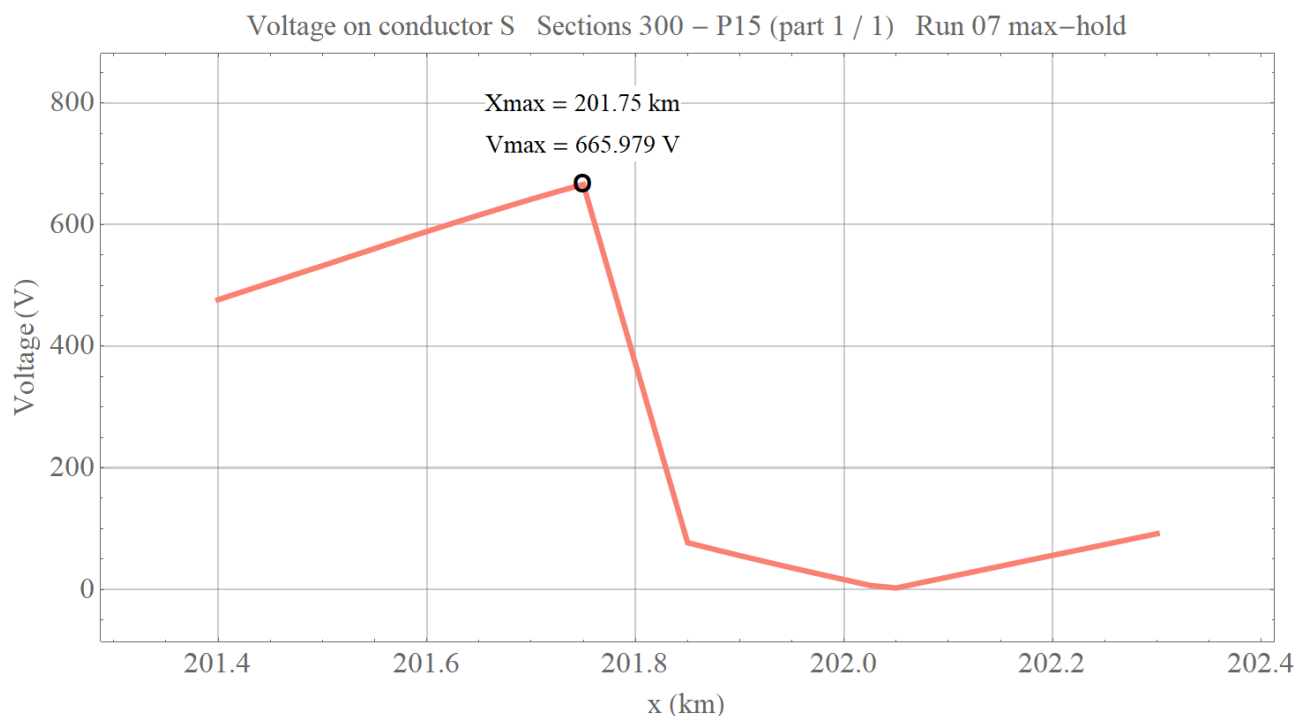
Afbeelding 58: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



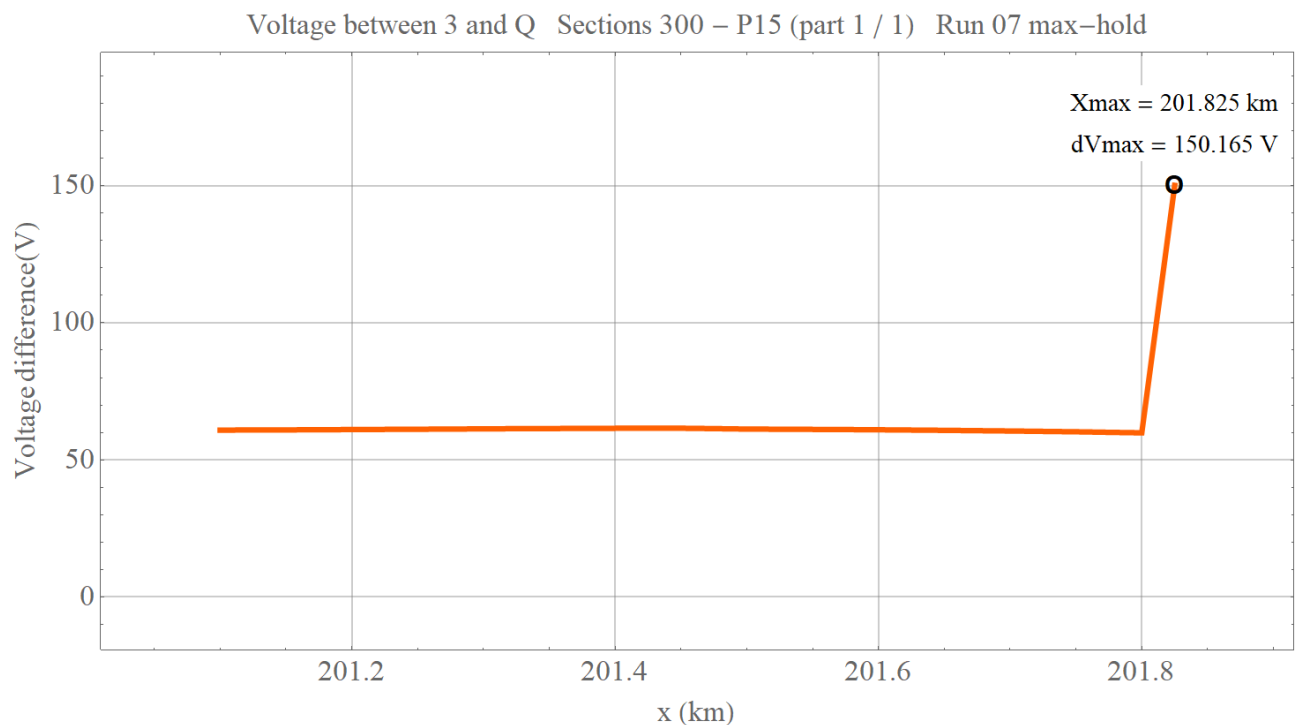
Afbeelding 59: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 2 (geleider R) op opstelsterrein.



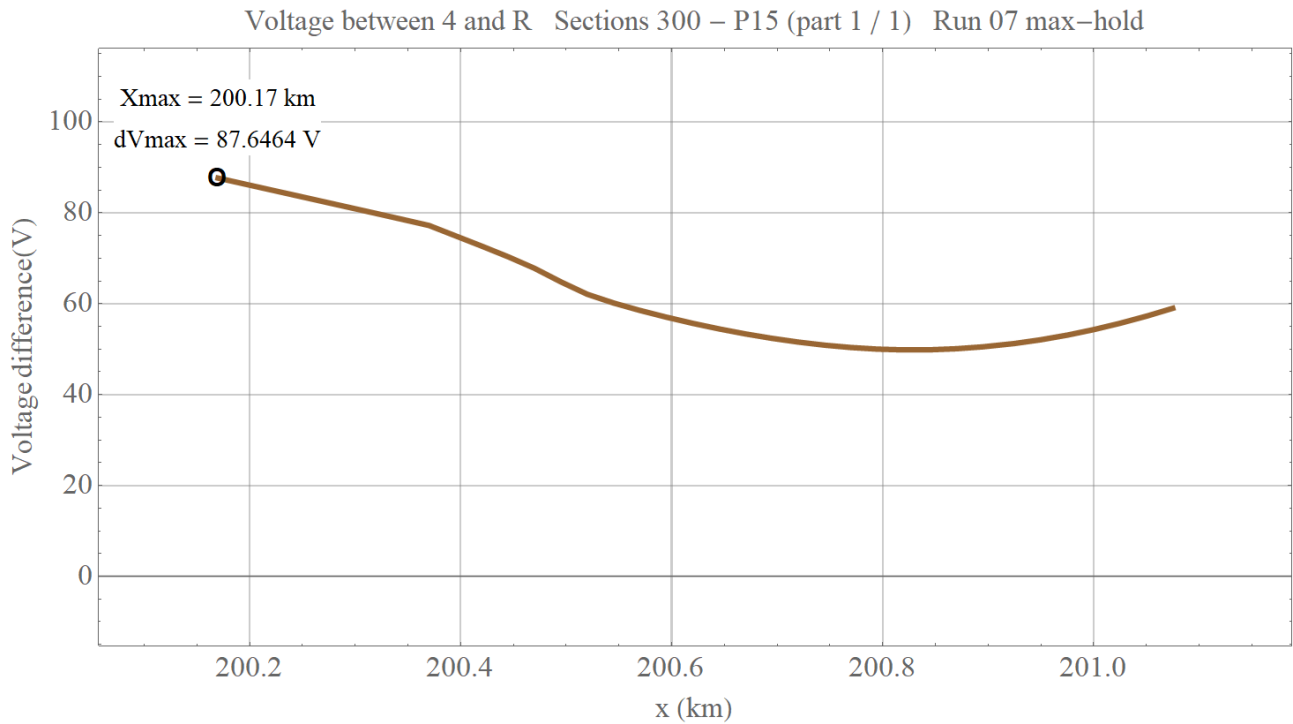
Afbeelding 60: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



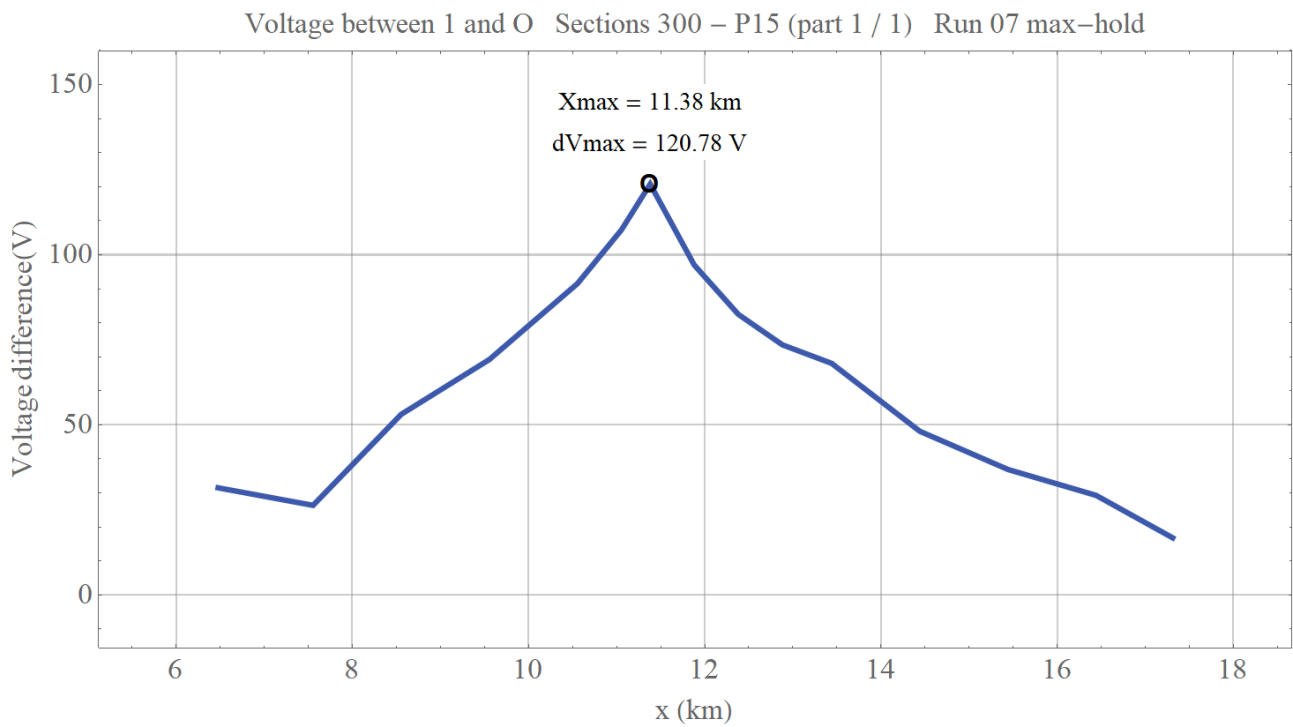
Afbeelding 61: Maximaal optredende spanning voor spoor dieselementplacement (geleider S) op opstelterrain.



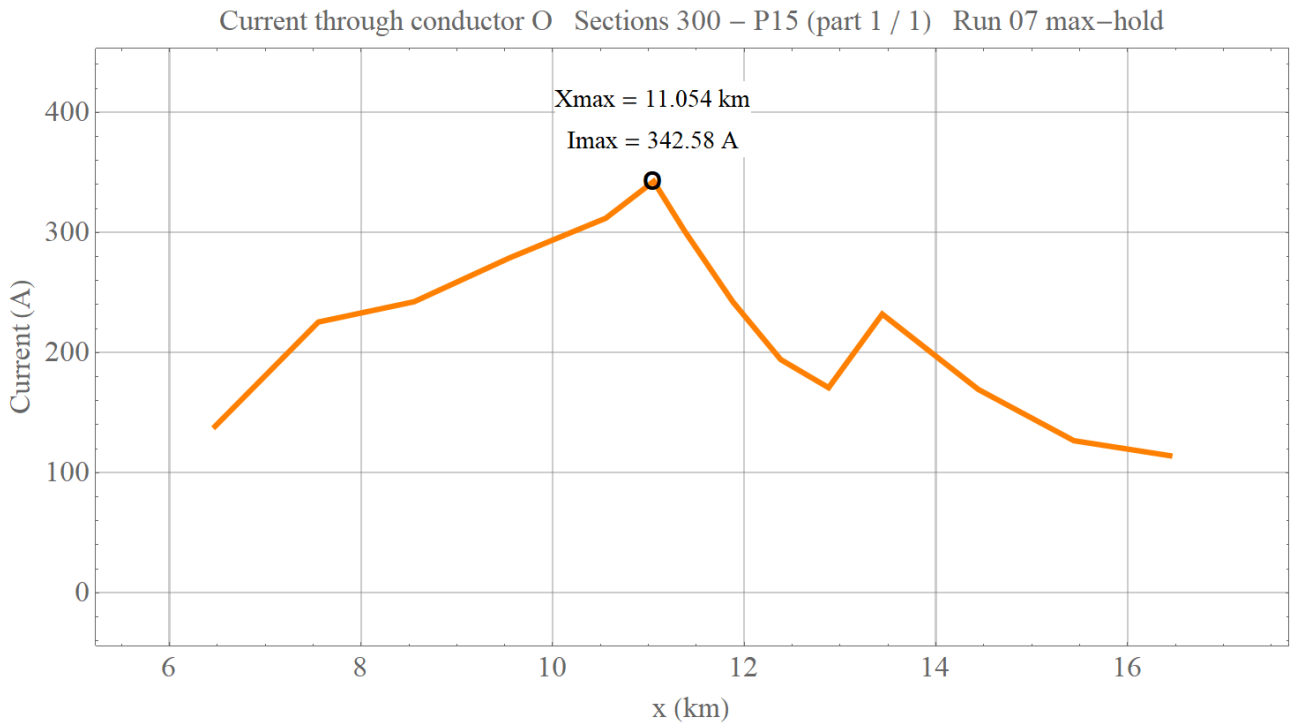
Afbeelding 62: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoorelementplacement 1 (geleider 3 en Q) op opstelterrain.



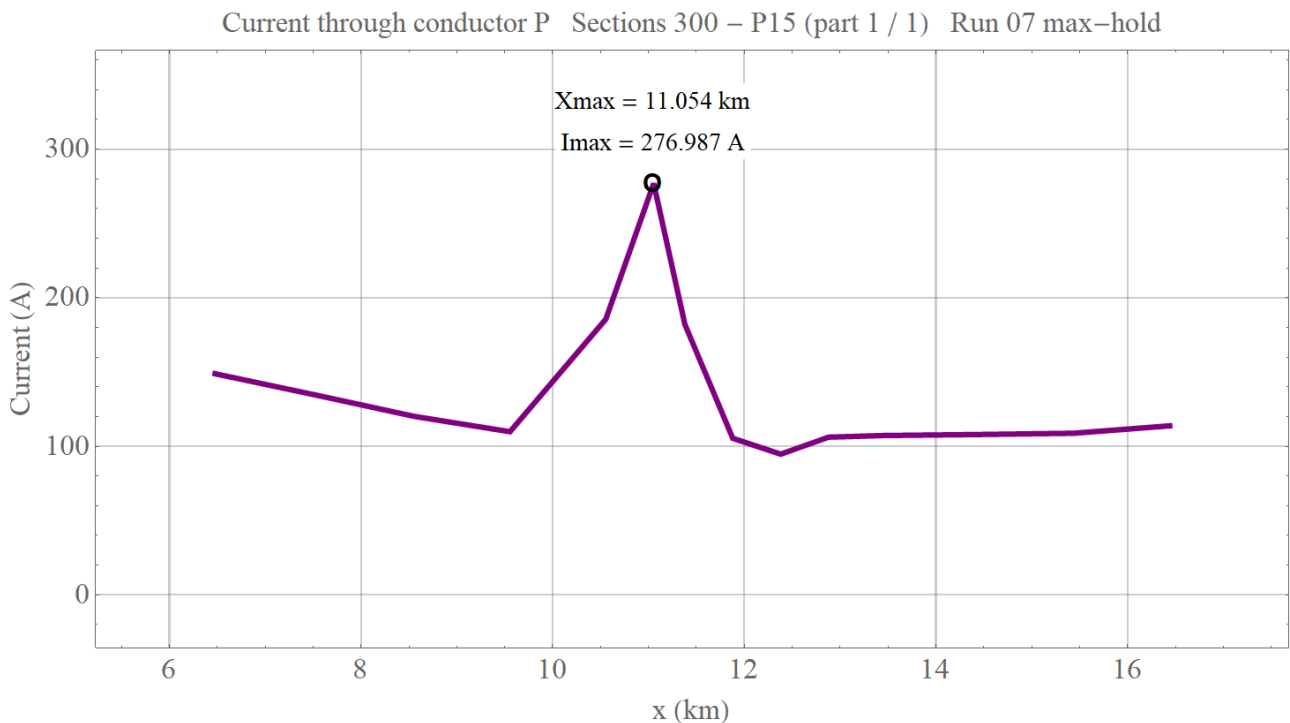
Afbeelding 63: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spooreplacement 2 (geleider 4 en R) op opstelrein.



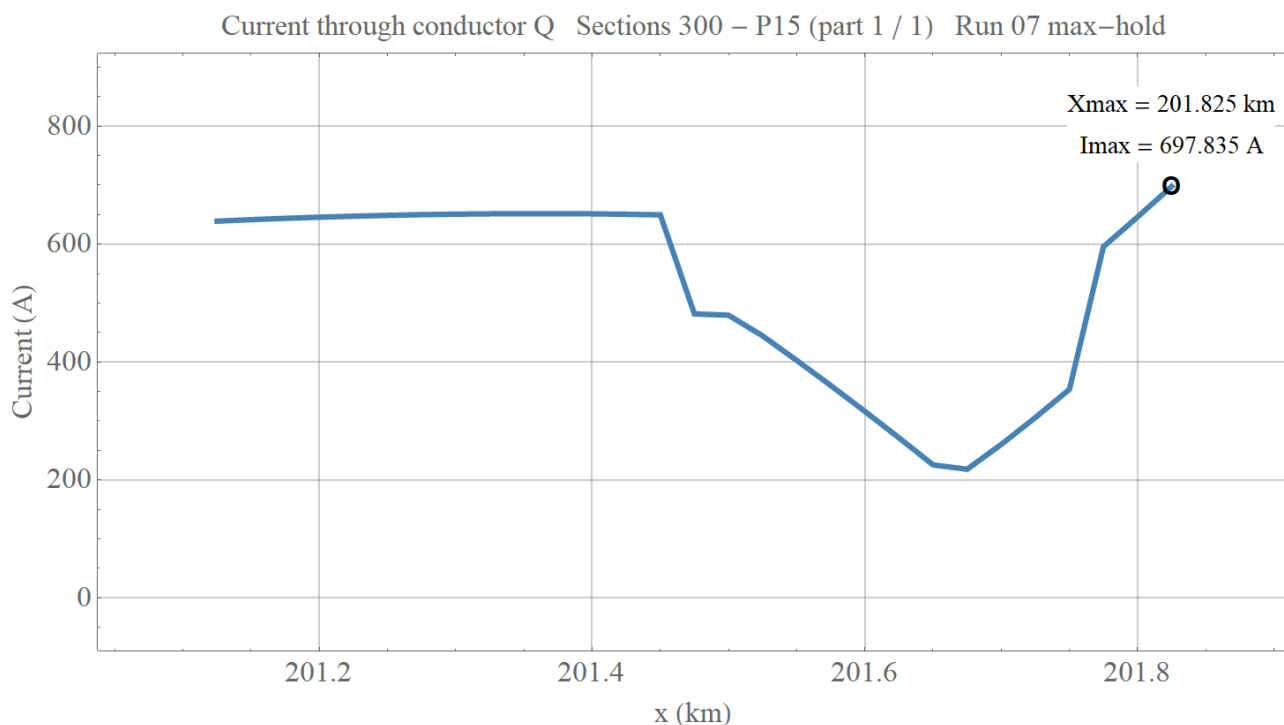
Afbeelding 64: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoor (geleider 1 en O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



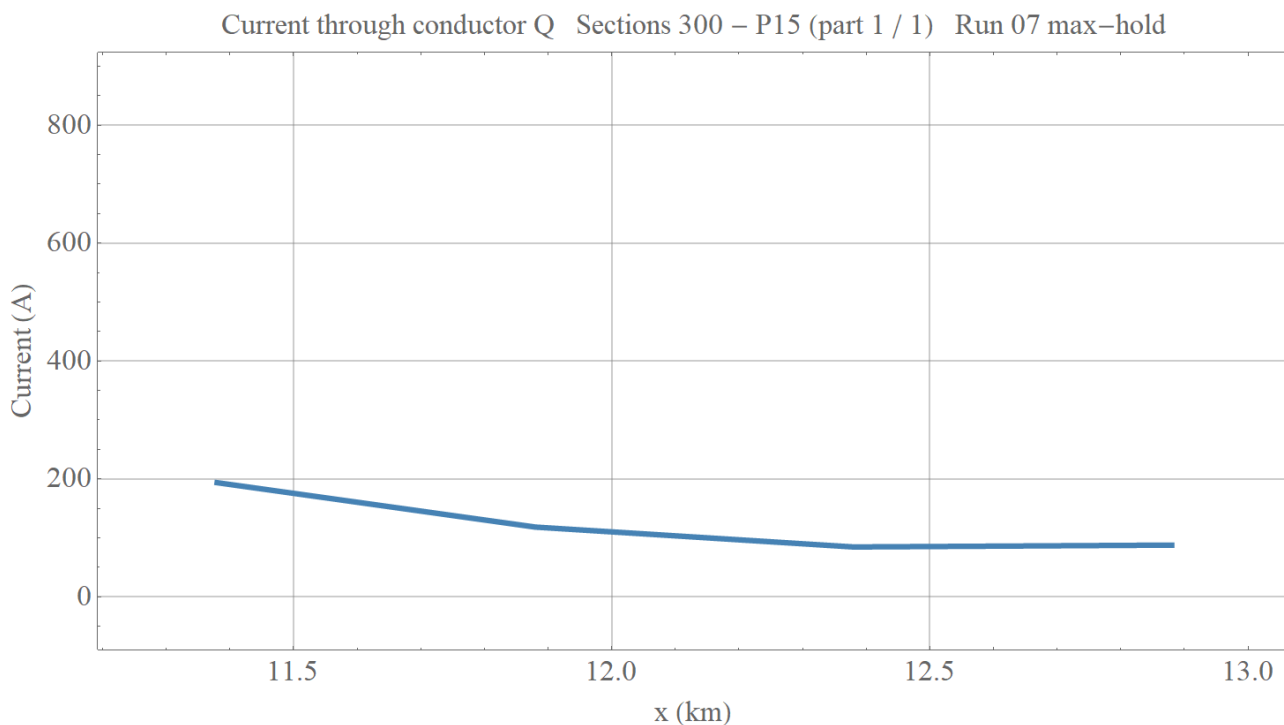
Afbeelding 65: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



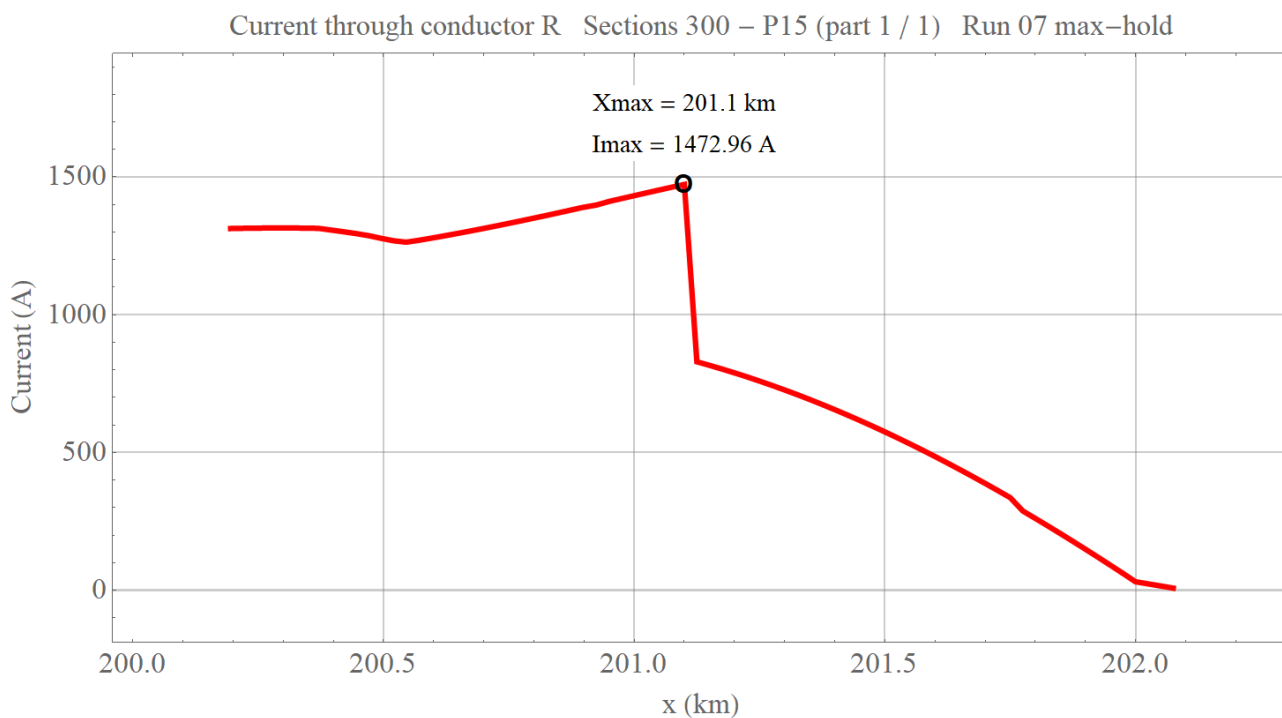
Afbeelding 66: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider P) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



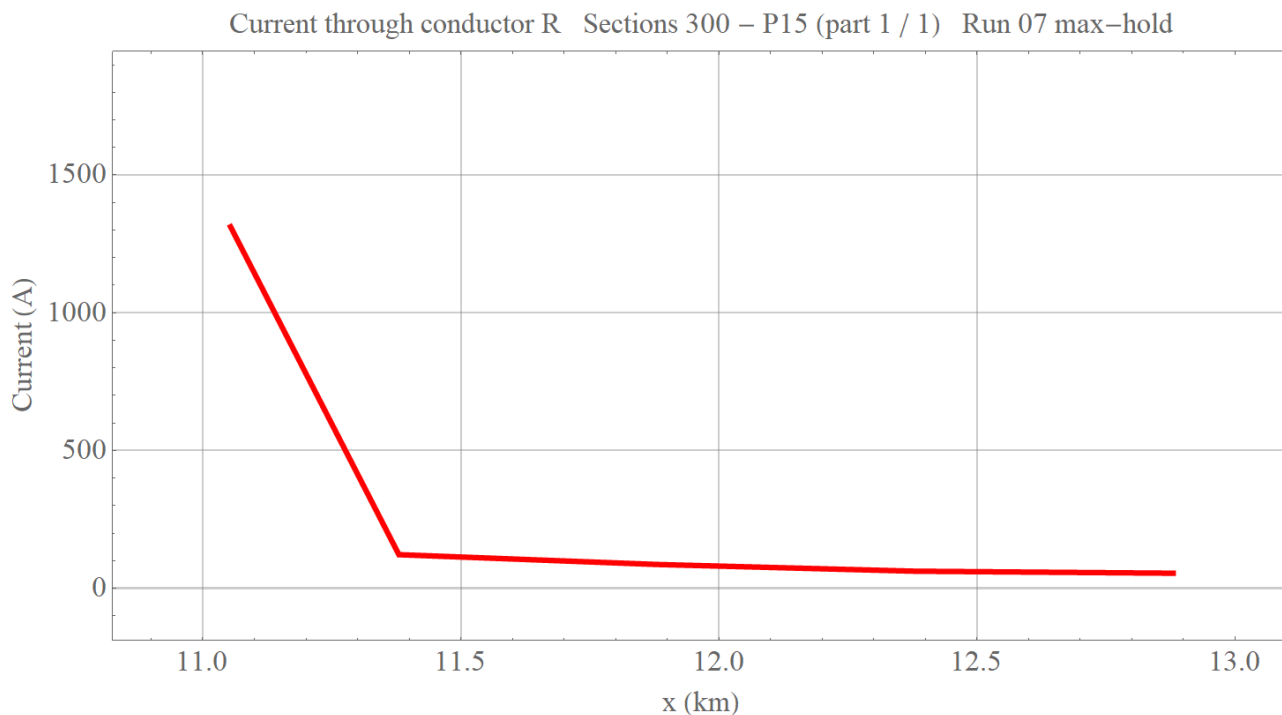
Afbeelding 67: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



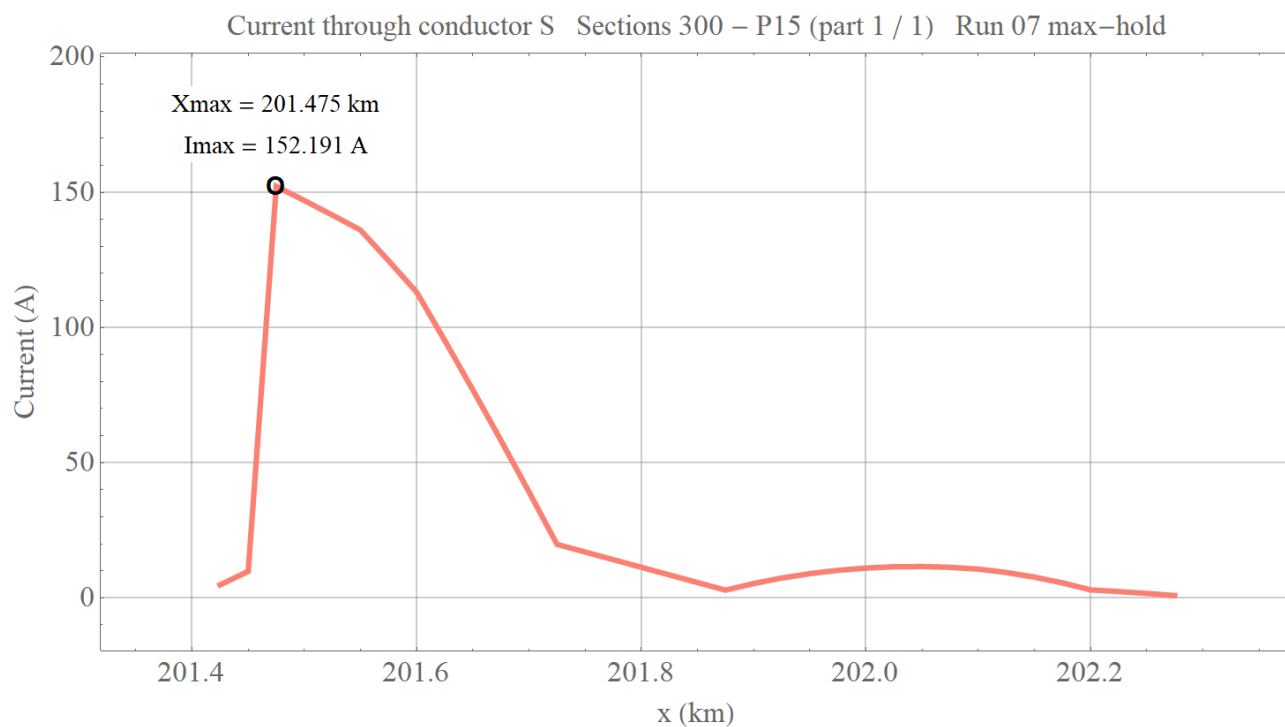
Afbeelding 68: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



Afbeelding 69: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.



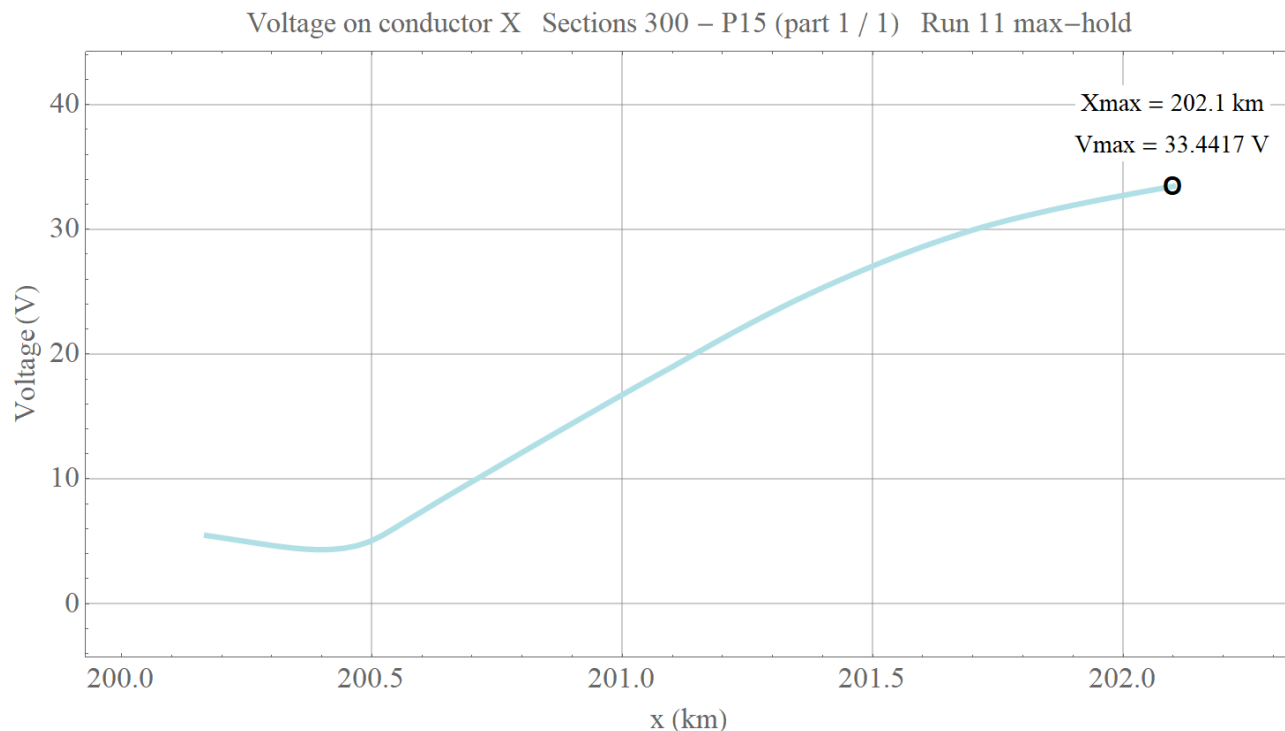
Afbeelding 70: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



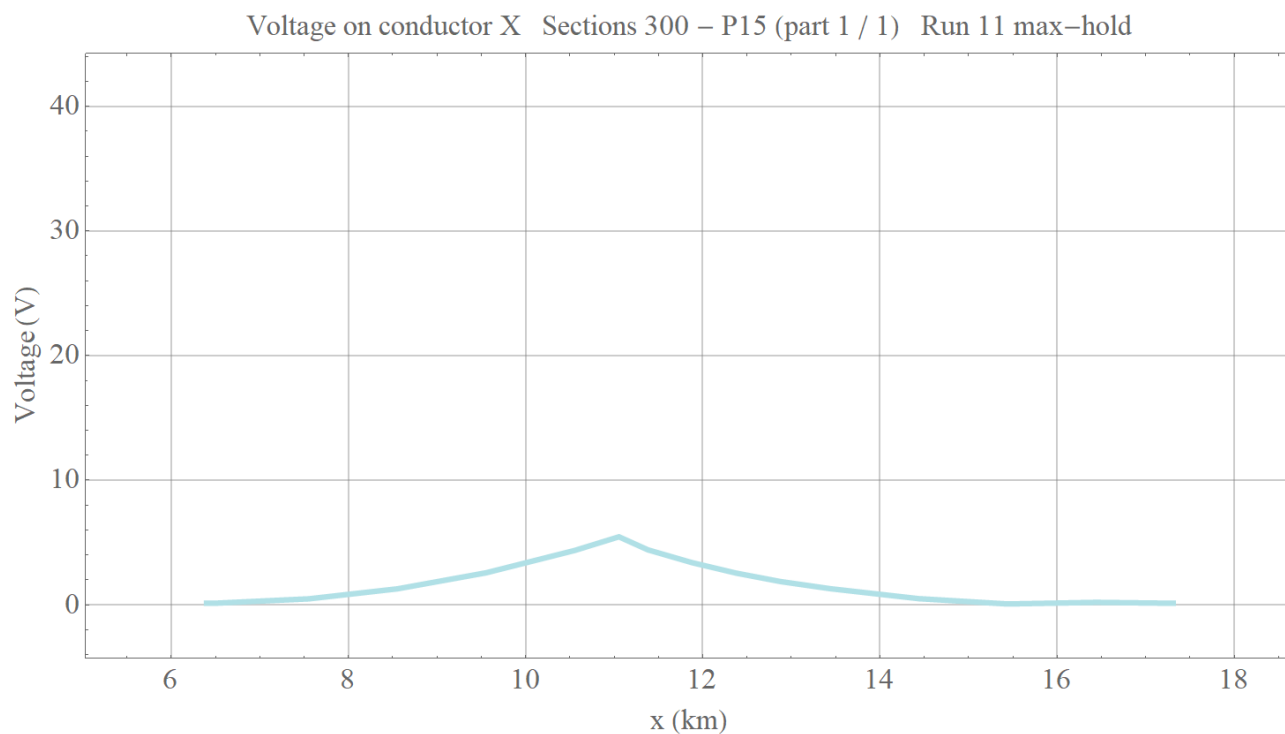
Afbeelding 71: Maximaal optredende stroom door spoor dieselemlacement (geleider S) op opstelrein.

9.2 ProRail 10 Ωkm

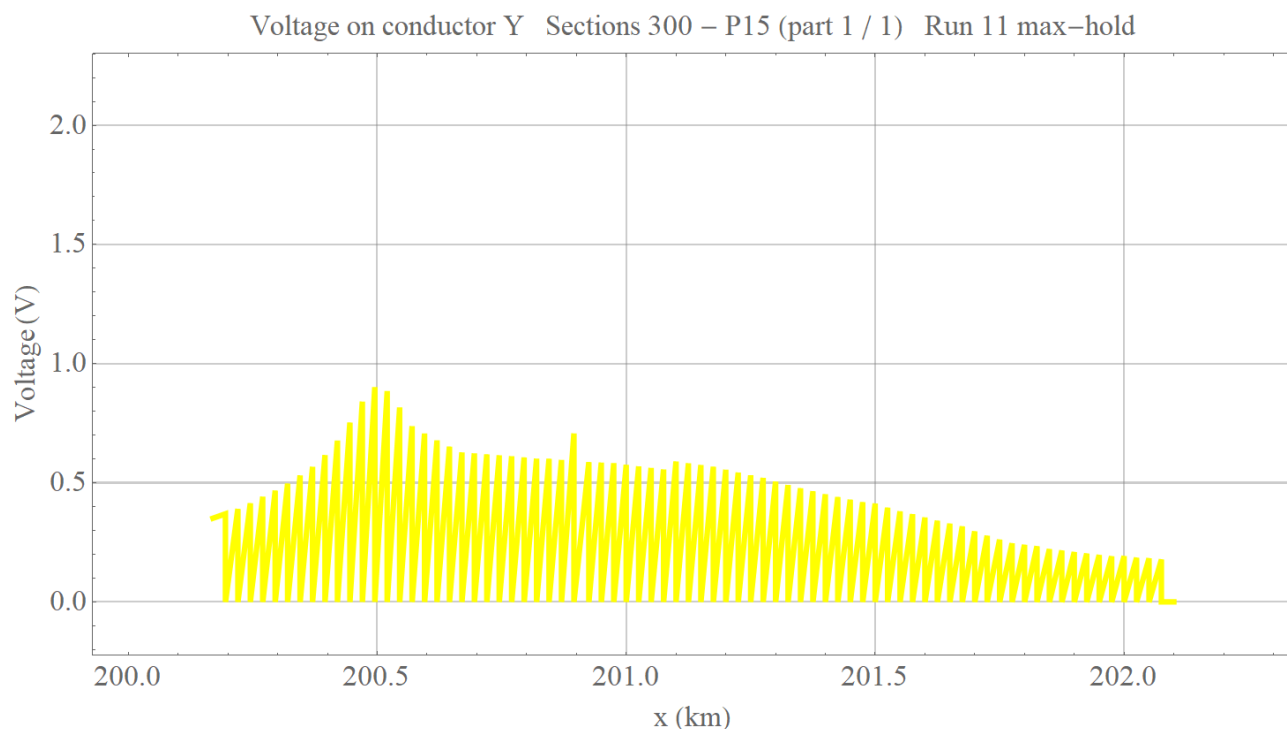
a. Normaal bedrijf (10% asymmetrie)



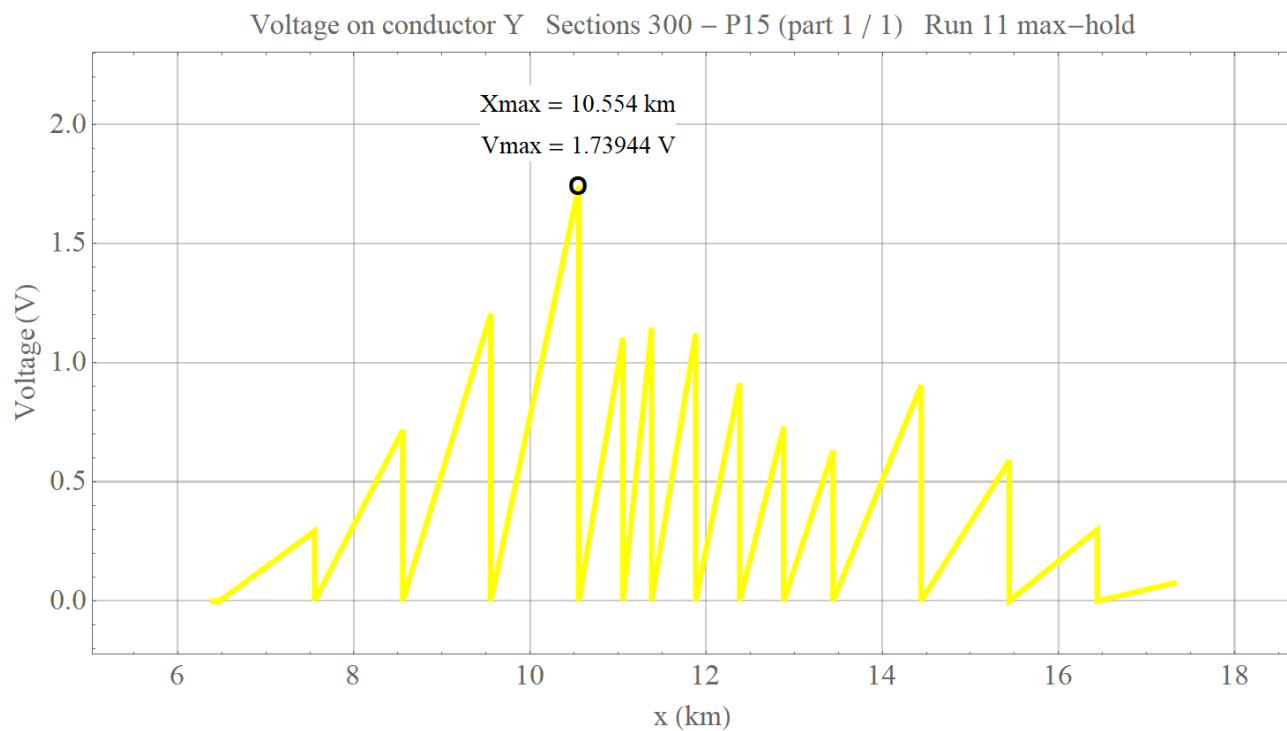
Afbeelding 72: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op opstelsterrein.



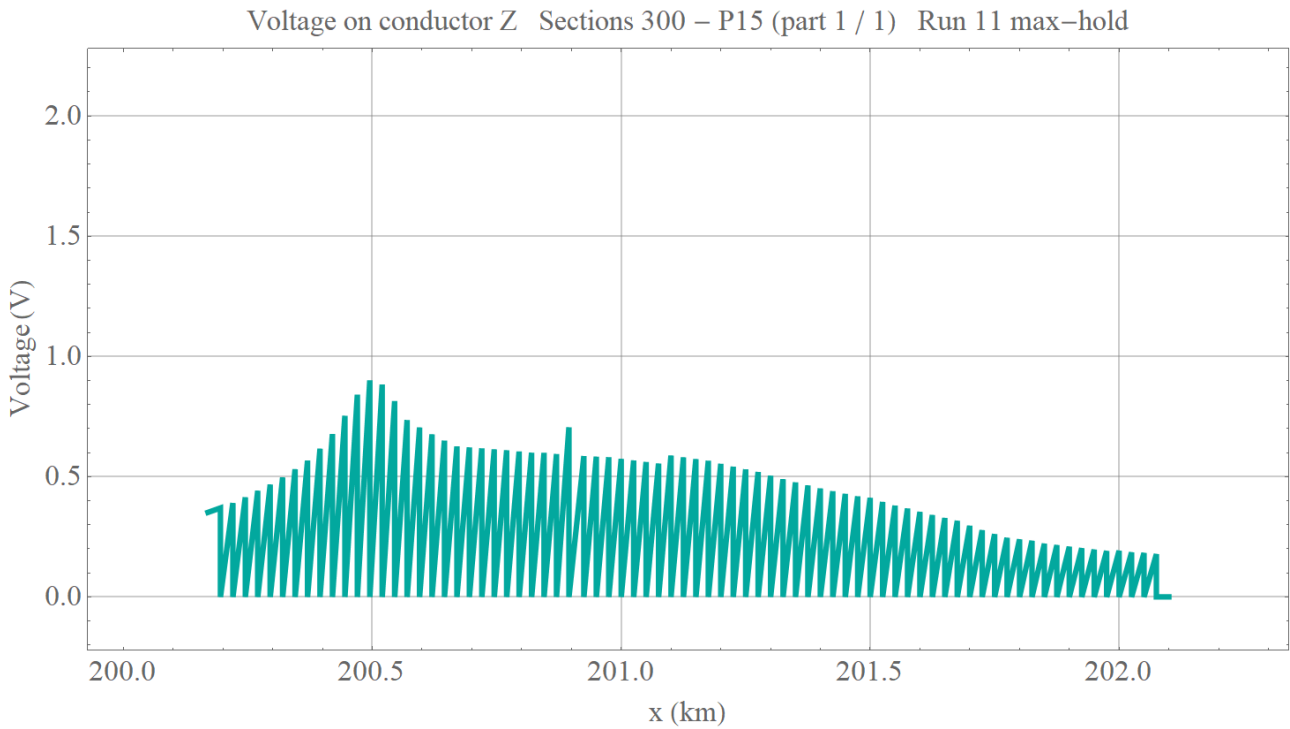
Afbeelding 73: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



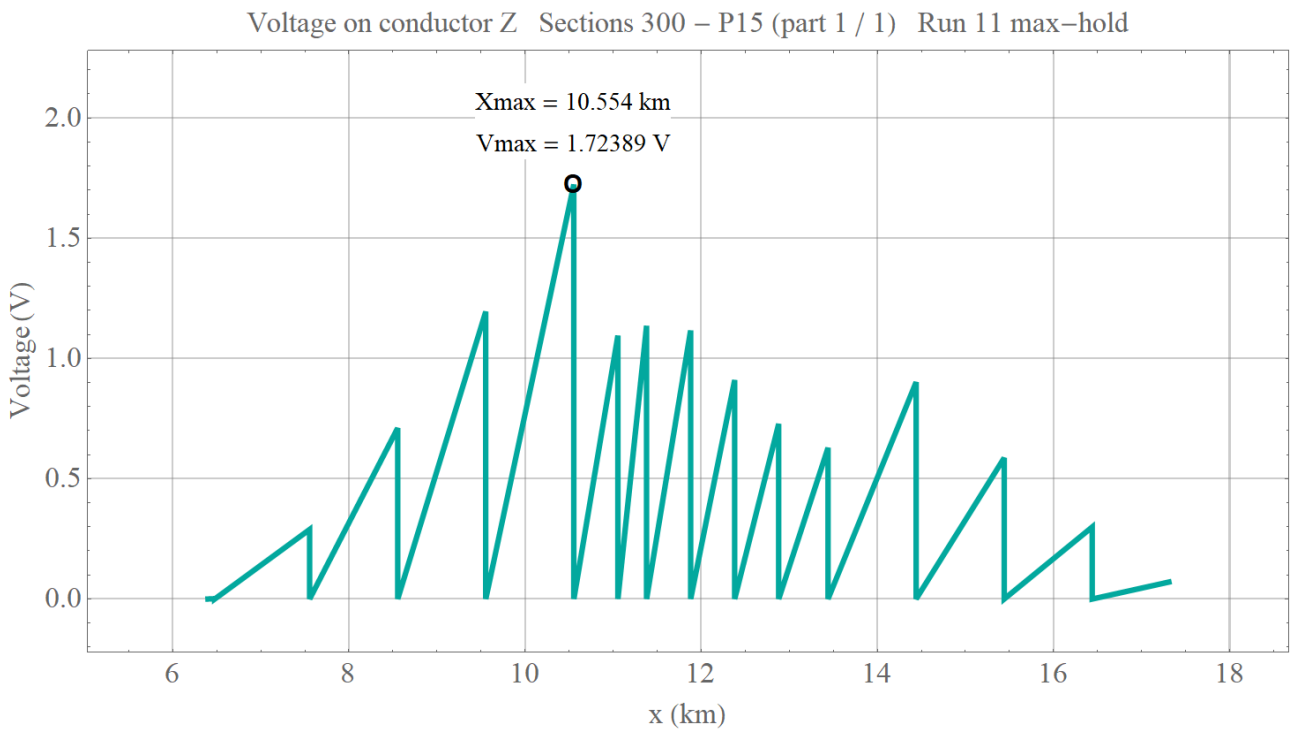
Afbeelding 74: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op opstelrein.



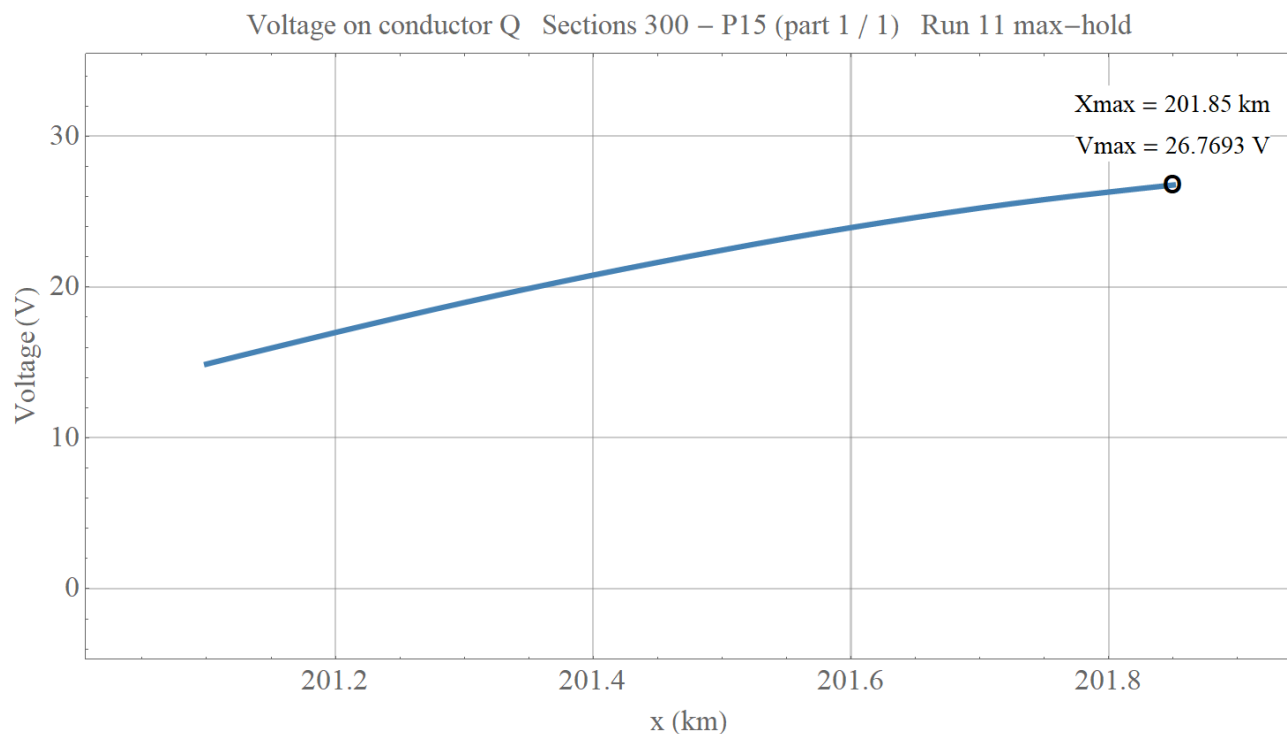
Afbeelding 75: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



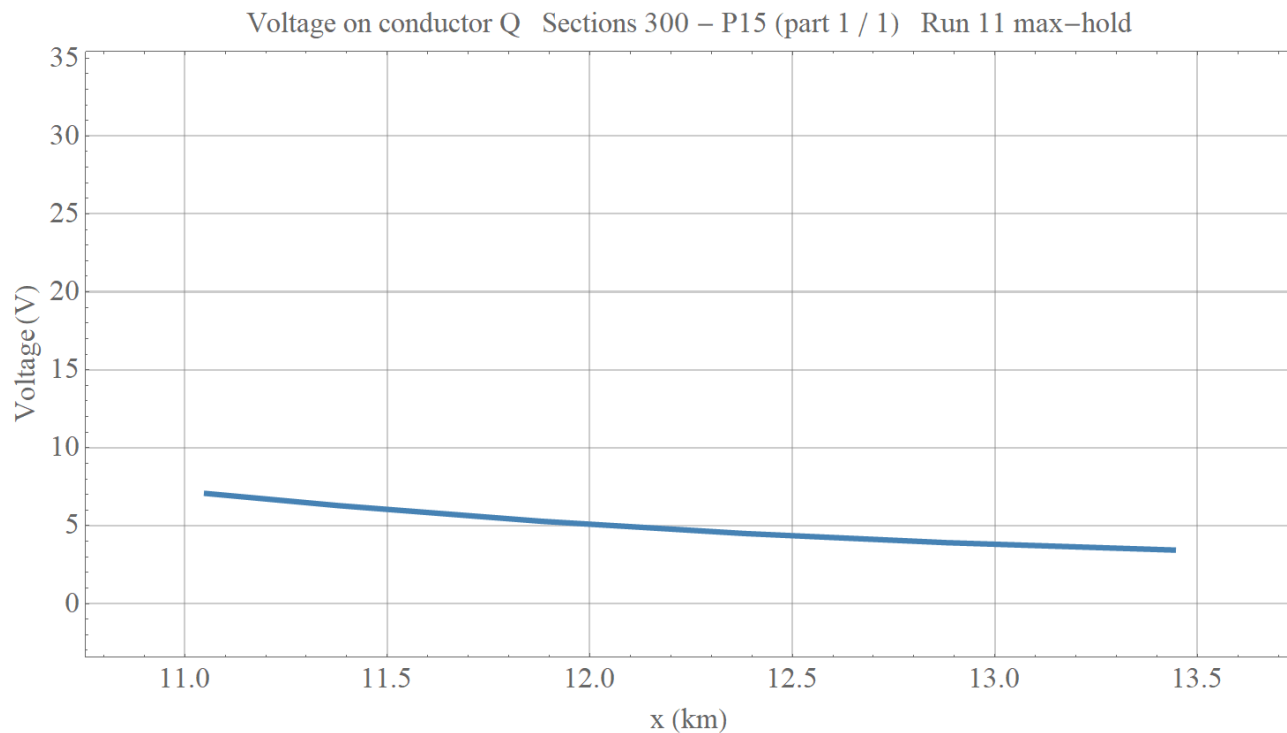
Afbeelding 76: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op opstelsterrein.



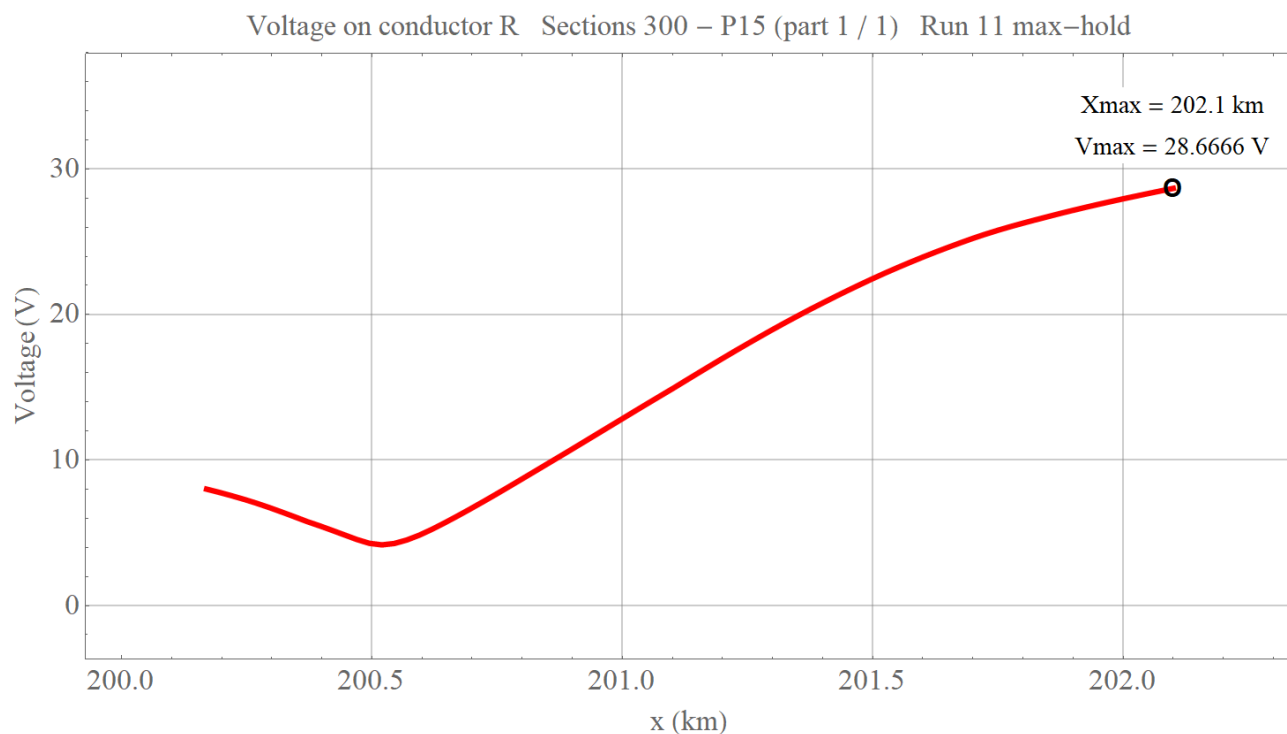
Afbeelding 77: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



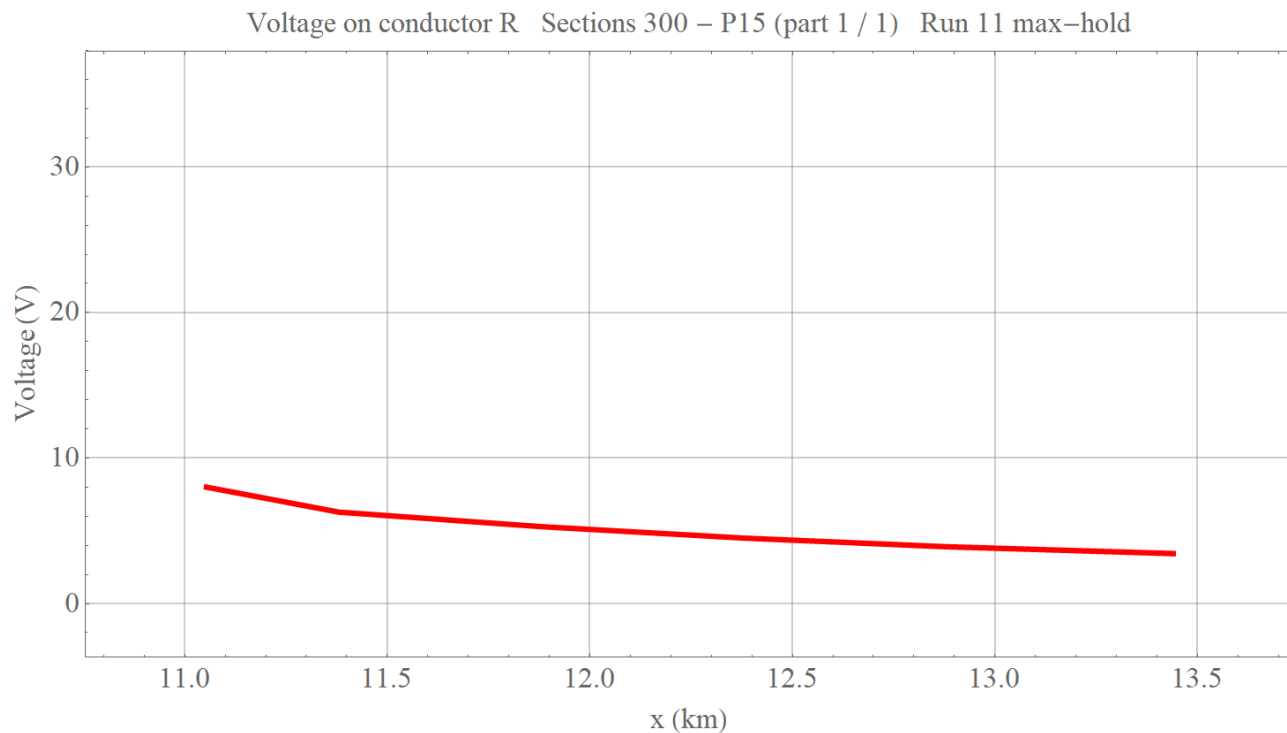
Afbeelding 78: Maximaal optredende spanning voor sporeplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



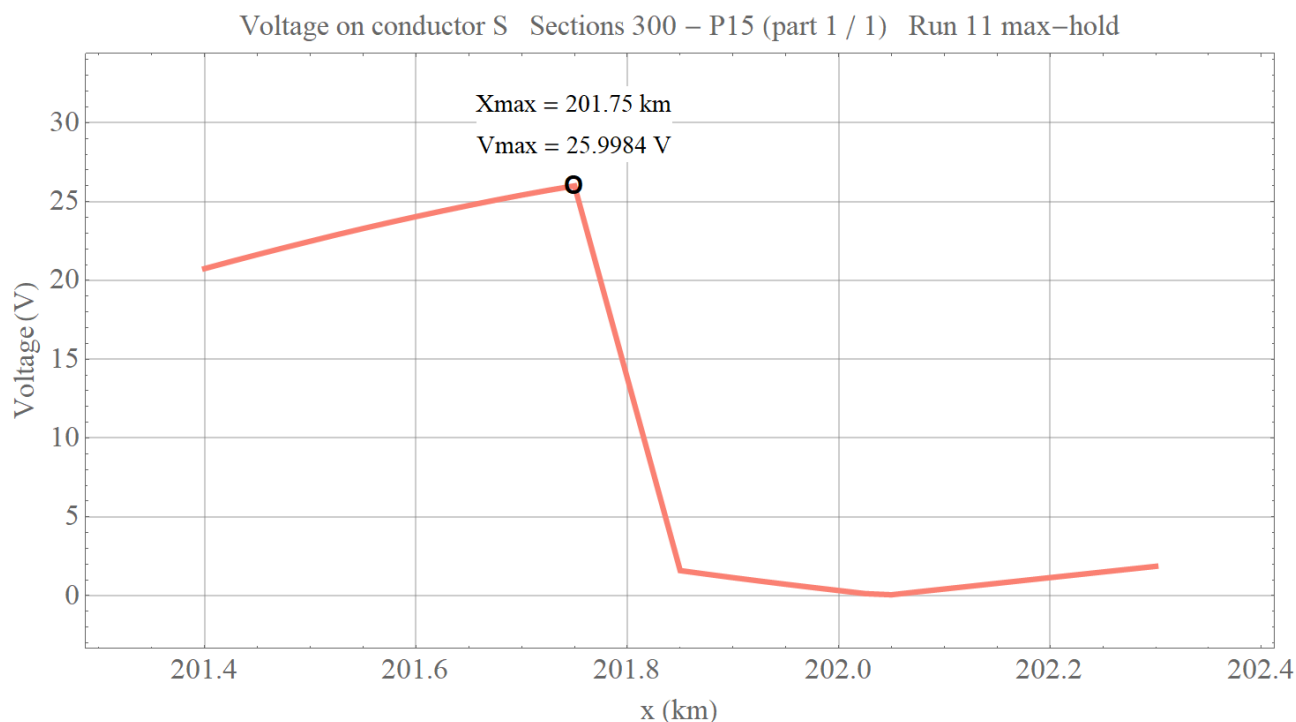
Afbeelding 79: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



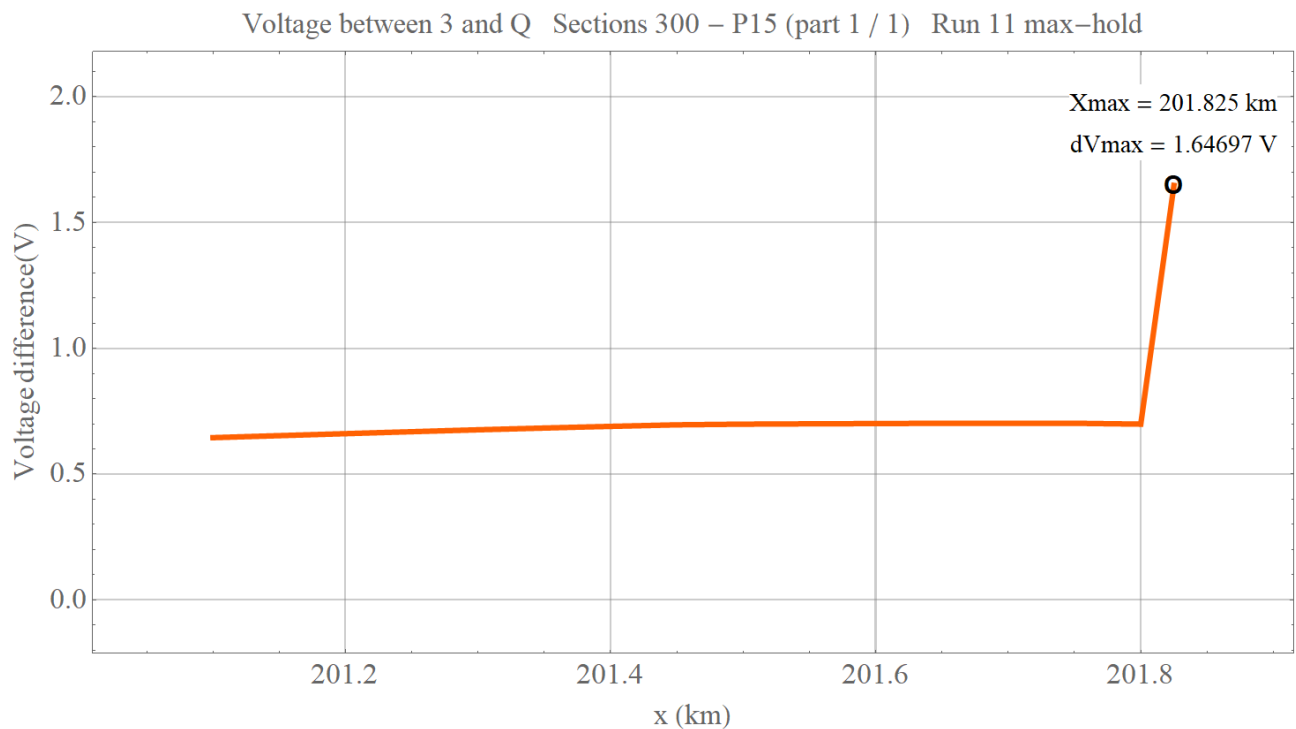
Afbeelding 80: Maximaal optredende spanning voor sporeplacement 2 (geleider R) op opstelrelin.



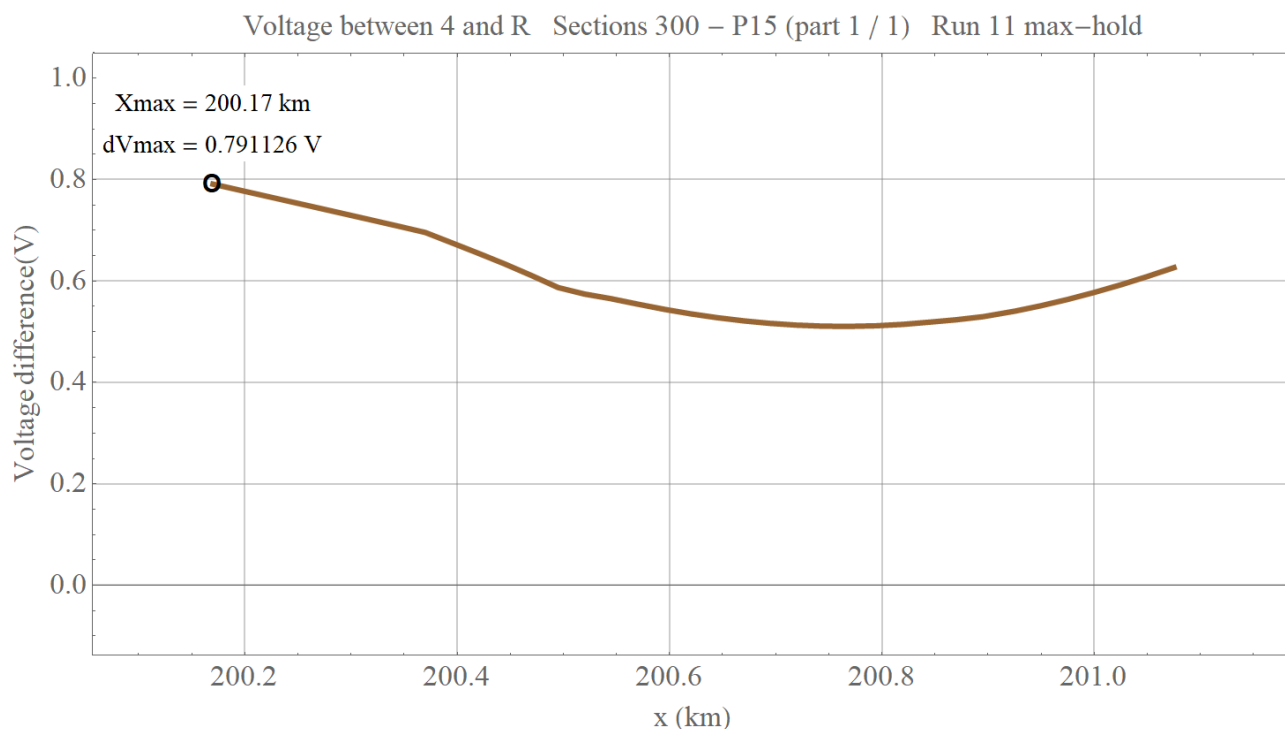
Afbeelding 81: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



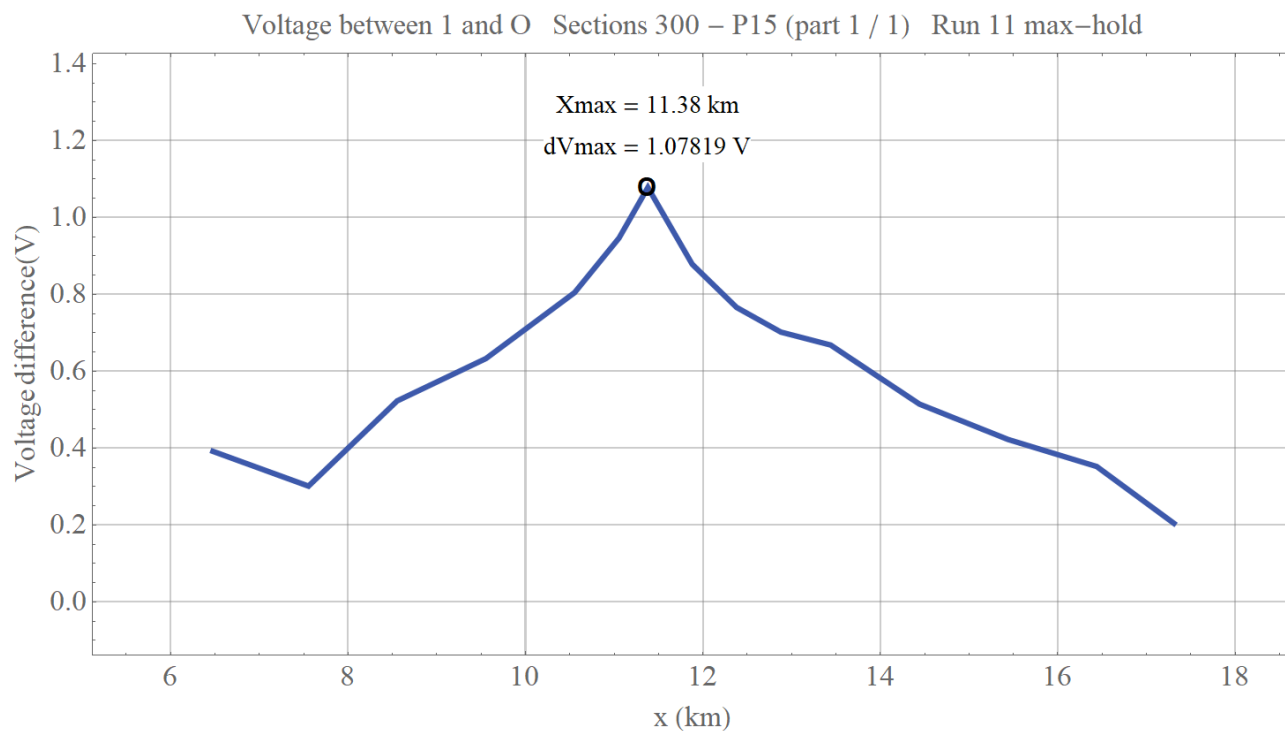
Afbeelding 82: Maximaal optredende spanning voor spoor dieseleplacement (geleider S) op opstelrein.



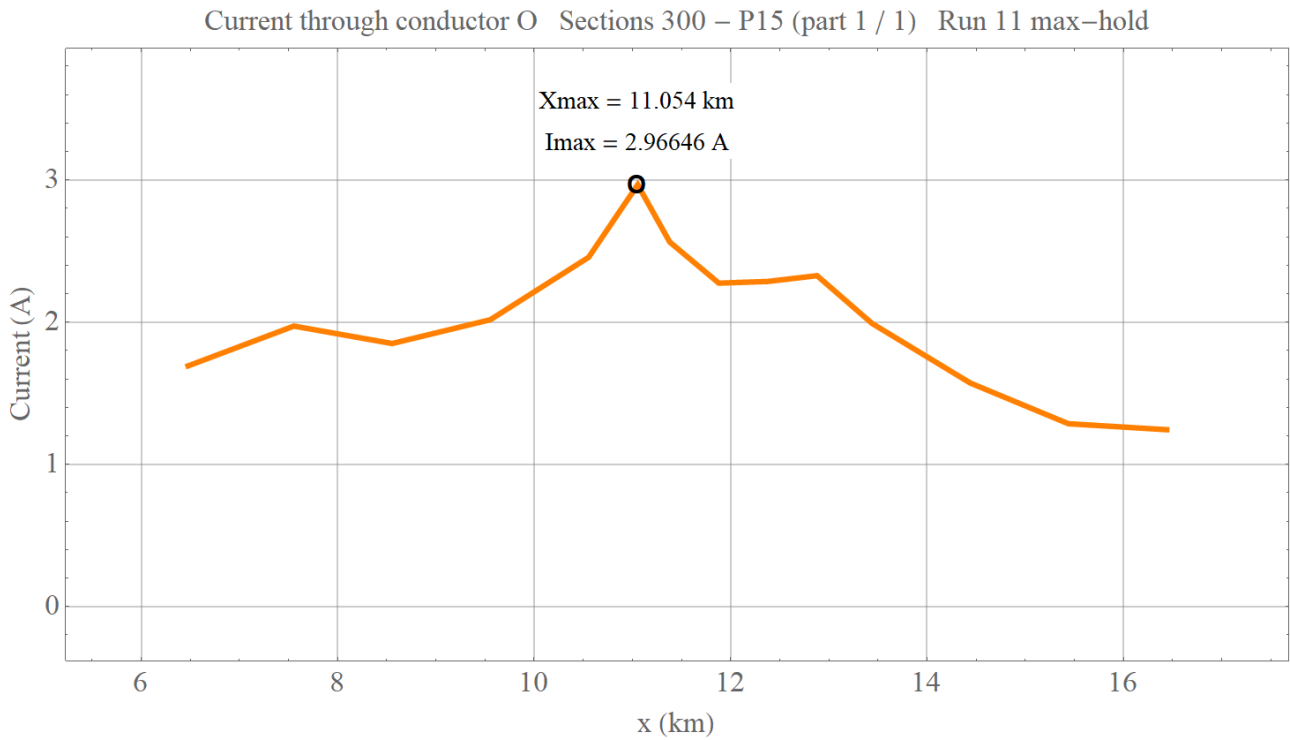
Afbeelding 83: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spooreplacement 1 (geleider 3 en Q) op opstelrein.



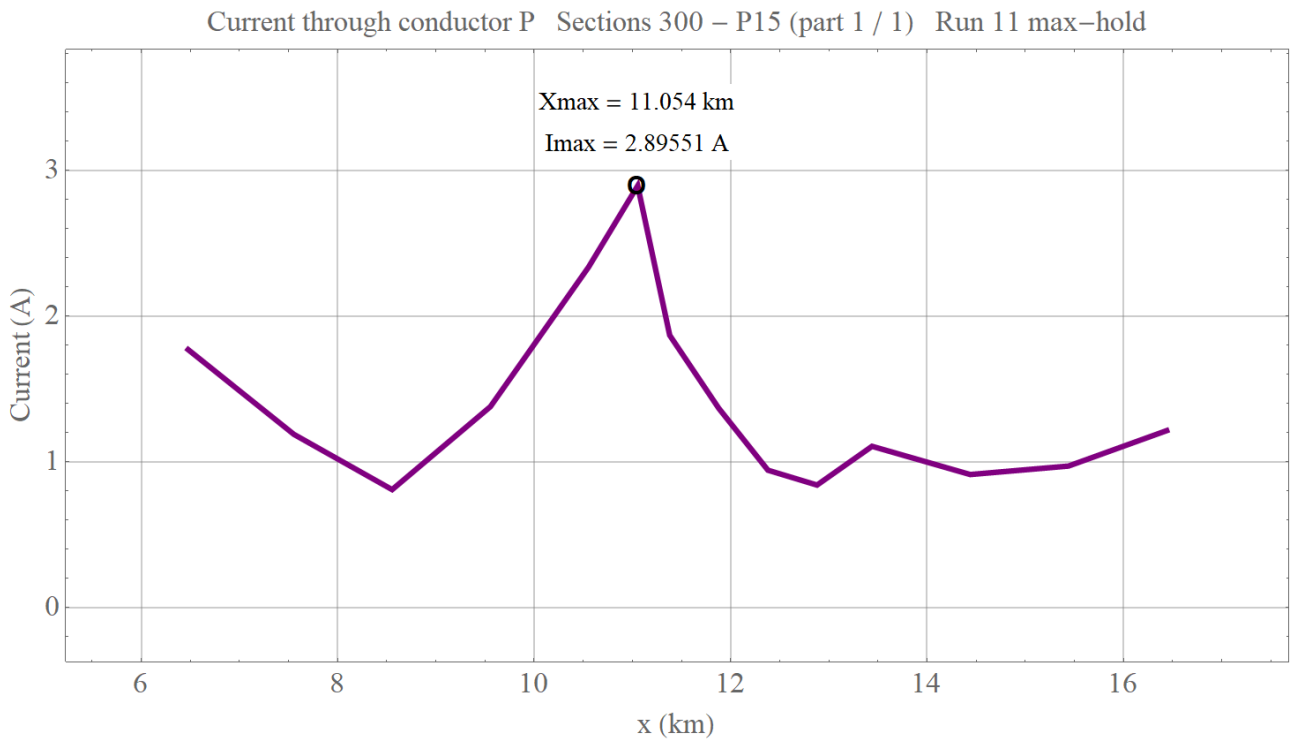
Afbeelding 84: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spooreplacement 2 (geleider 4 en R) op opstelrelin.



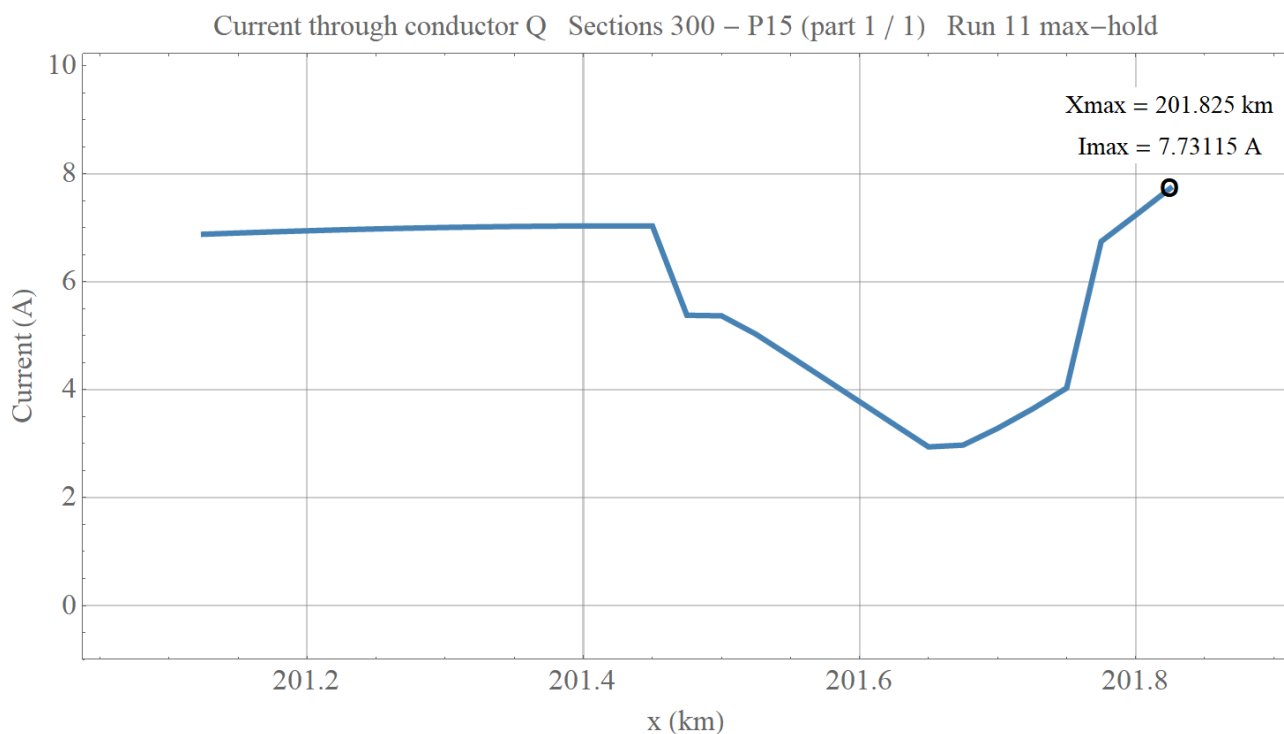
Afbeelding 85: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoor (geleider 1 en O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



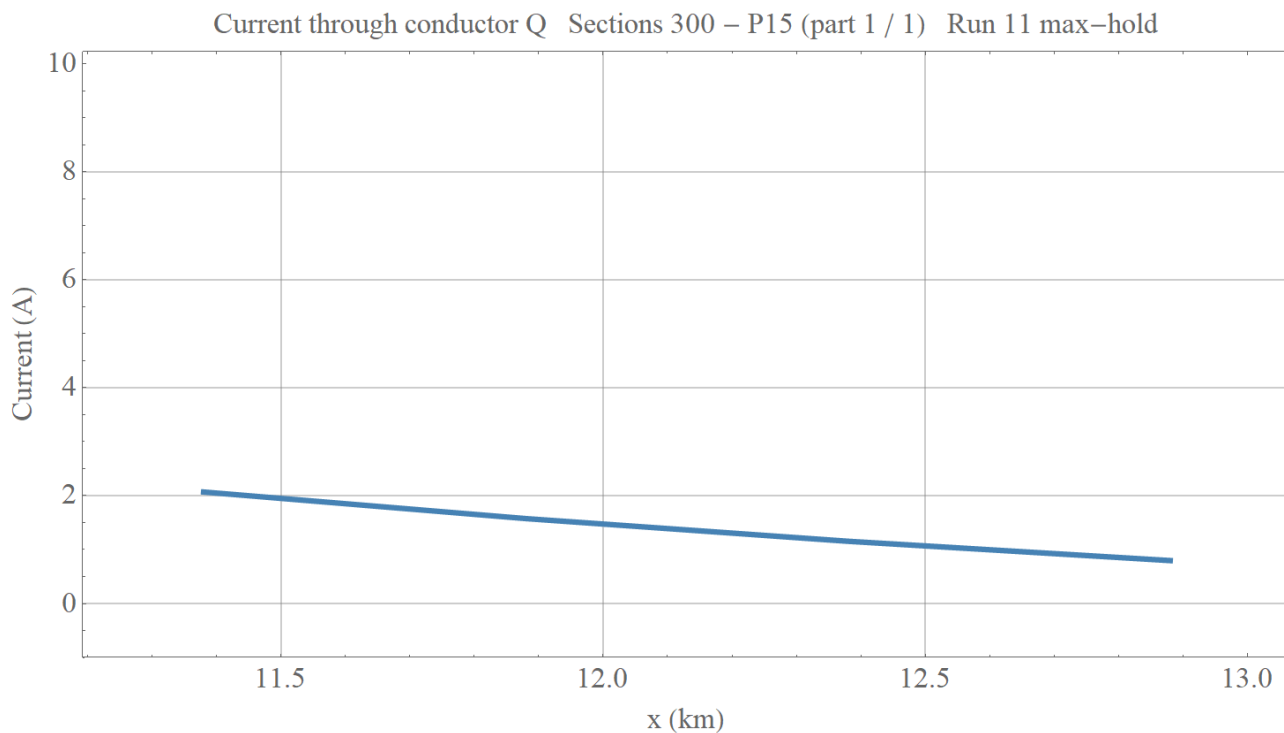
Afbeelding 86: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



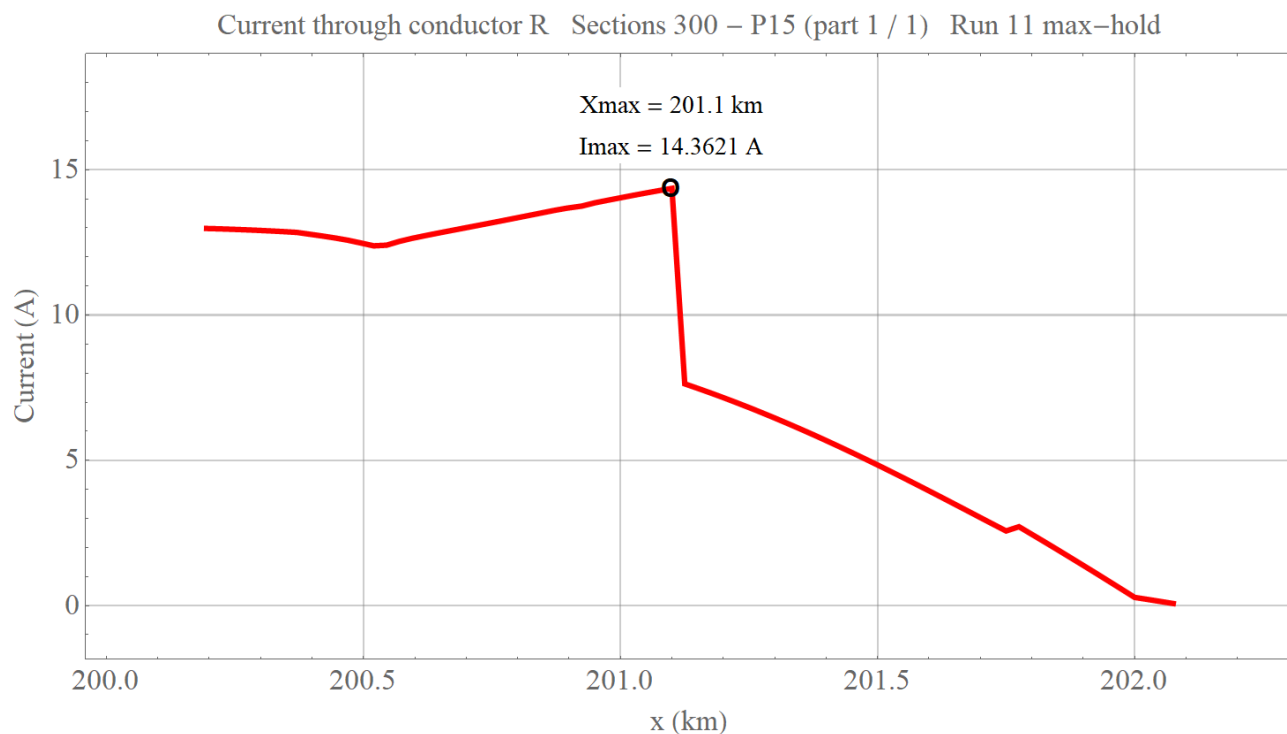
Afbeelding 87: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider P) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



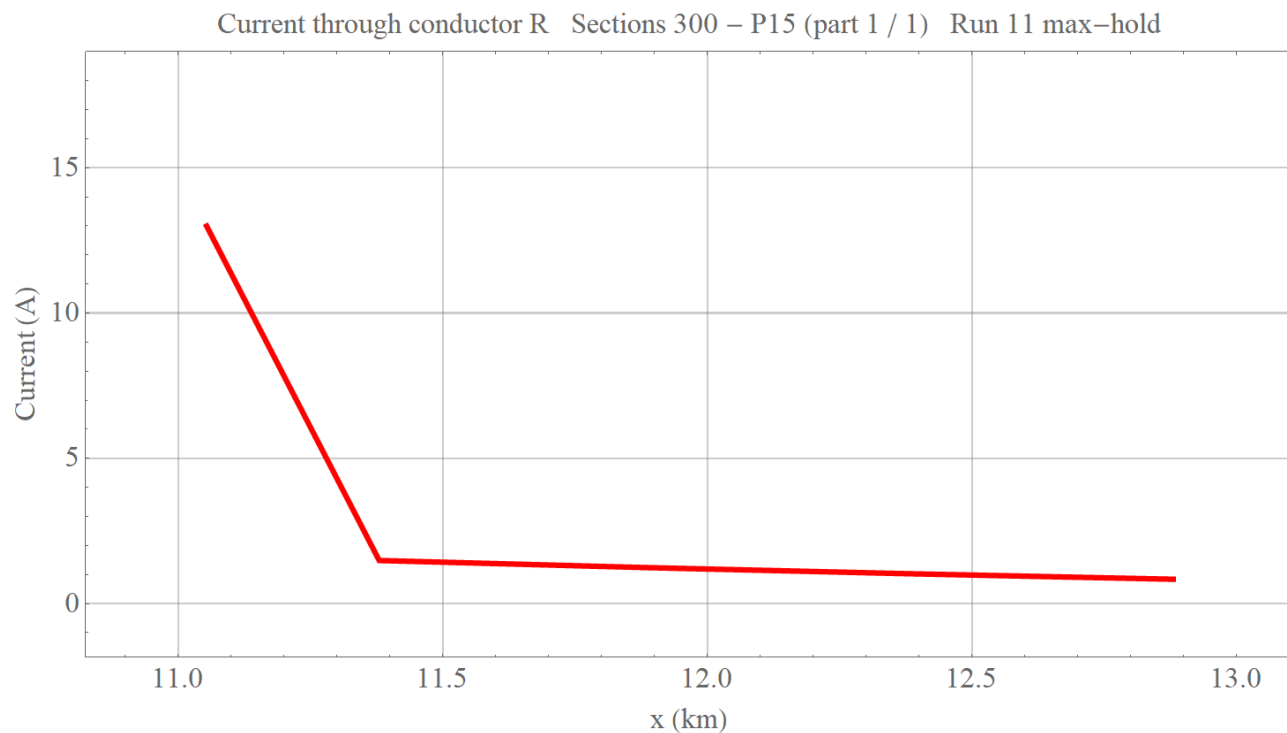
Afbeelding 88: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelterrein.



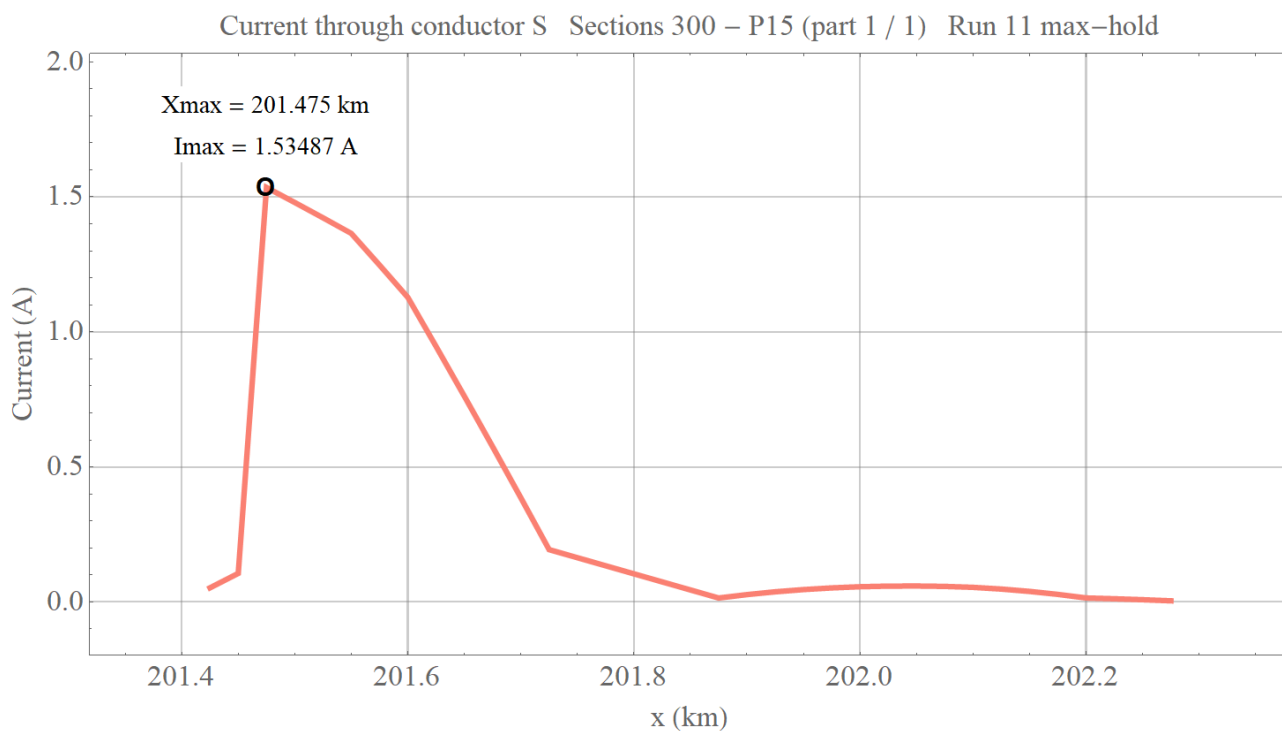
Afbeelding 89: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



Afbeelding 90: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.

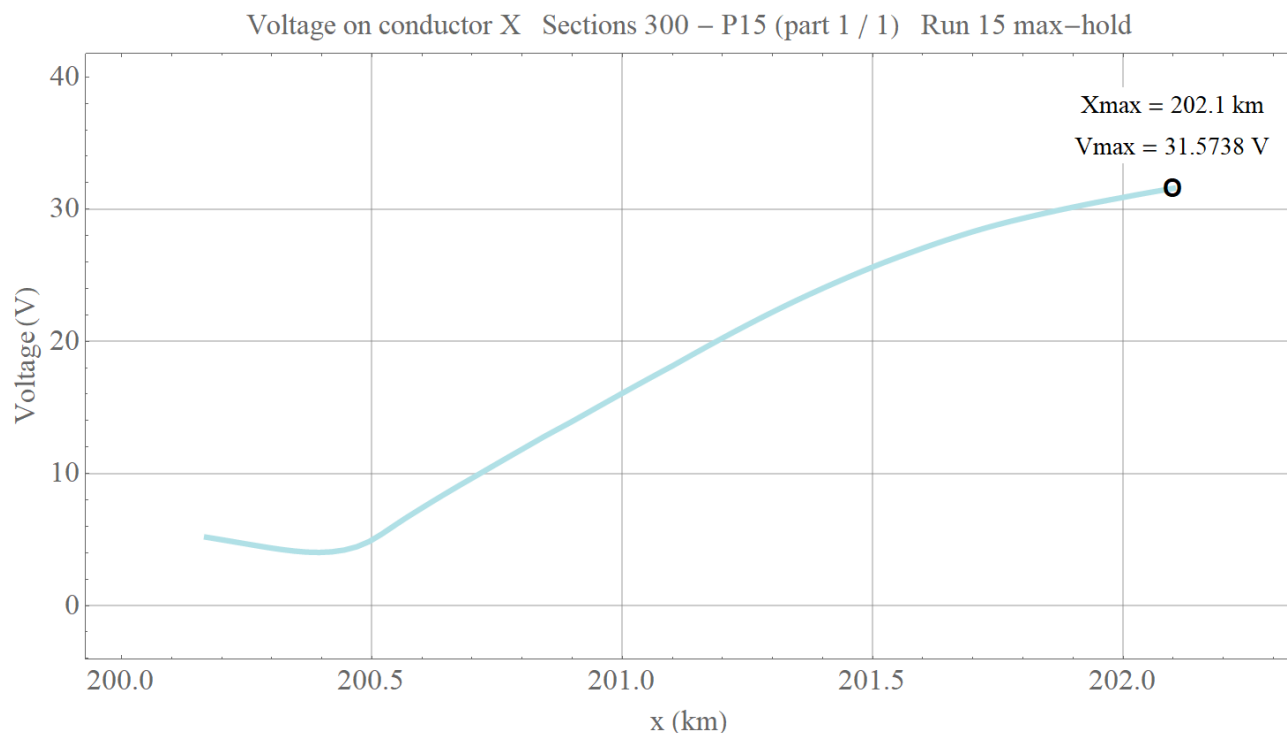


Afbeelding 91: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.

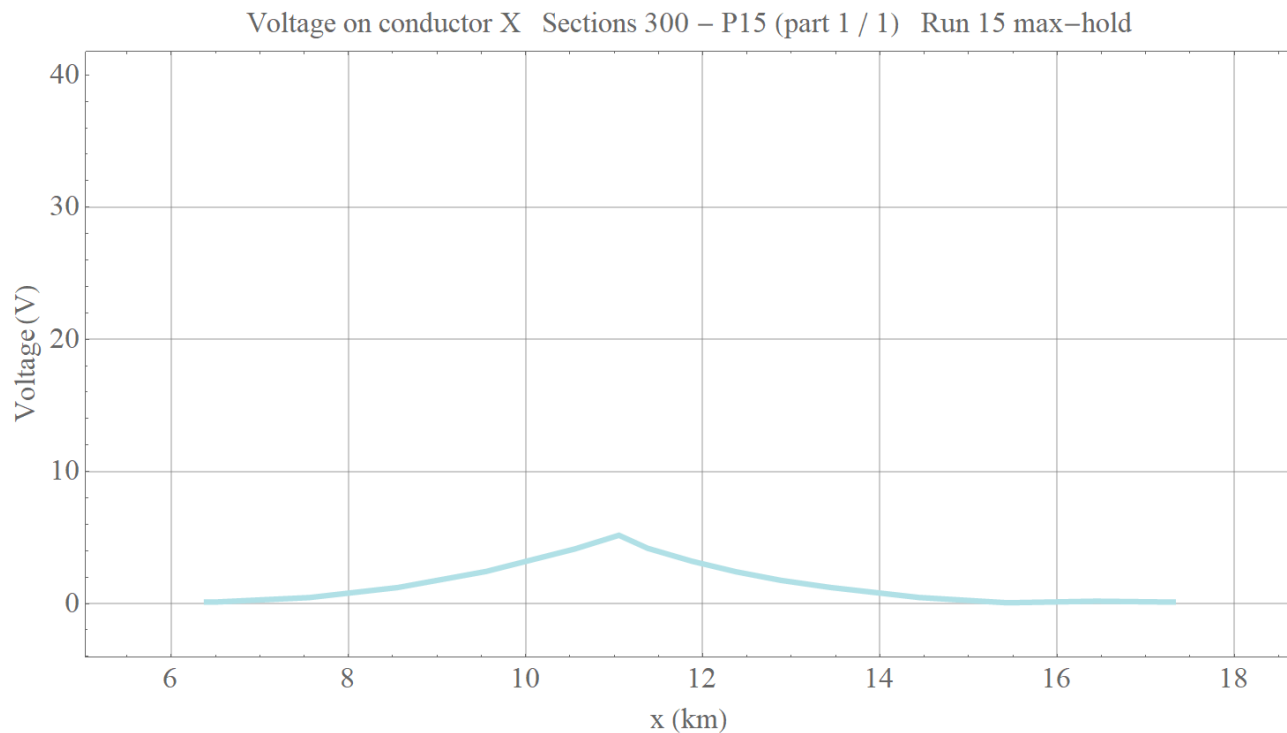


Afbeelding 92: Maximaal optredende stroom door spoor dieselemlacement (geleider S) op opstelrein.

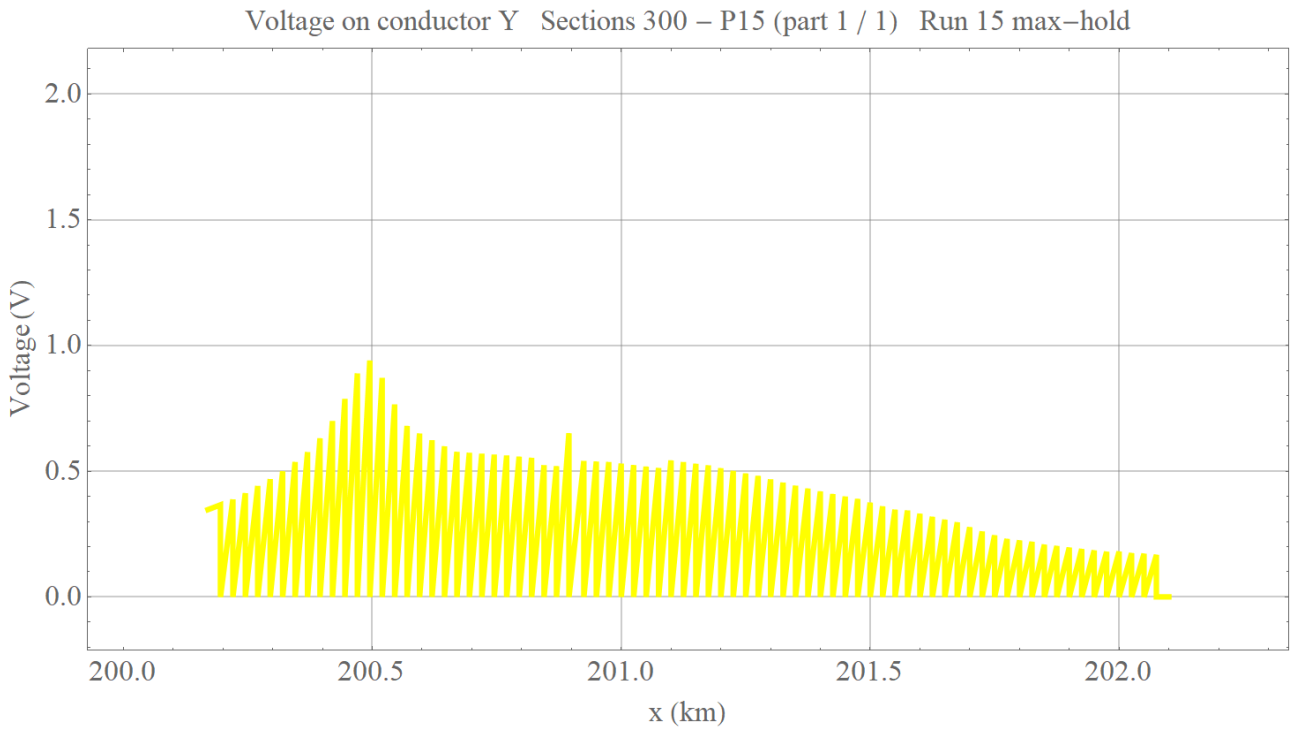
b. Onderhoud (10% asymmetrie)



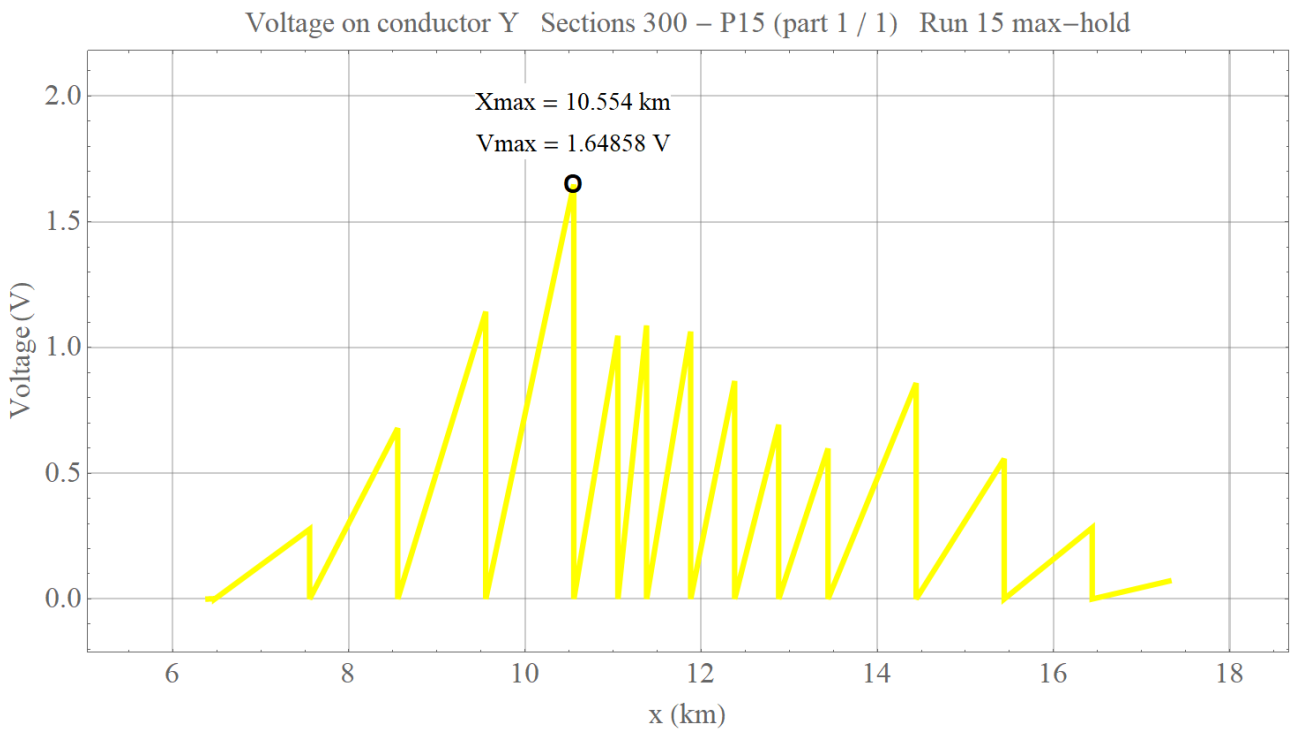
Afbeelding 93: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op opstelsterrein.



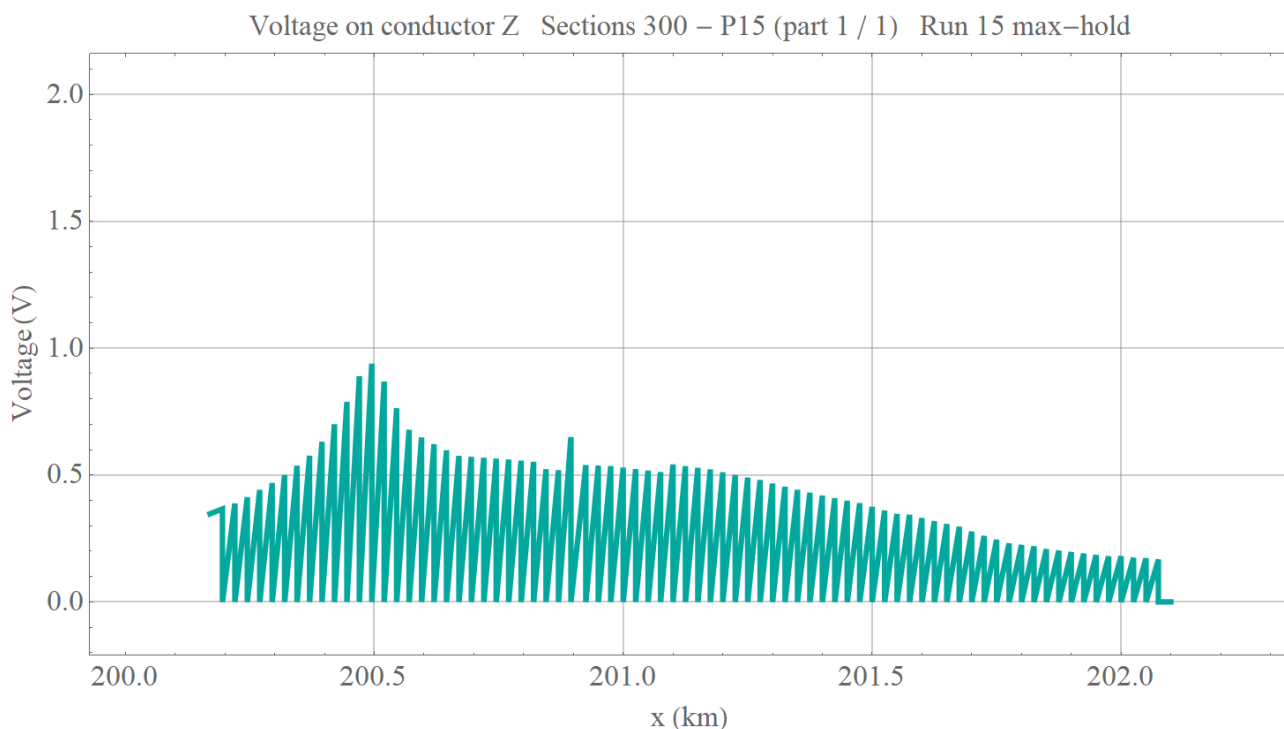
Afbeelding 94: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



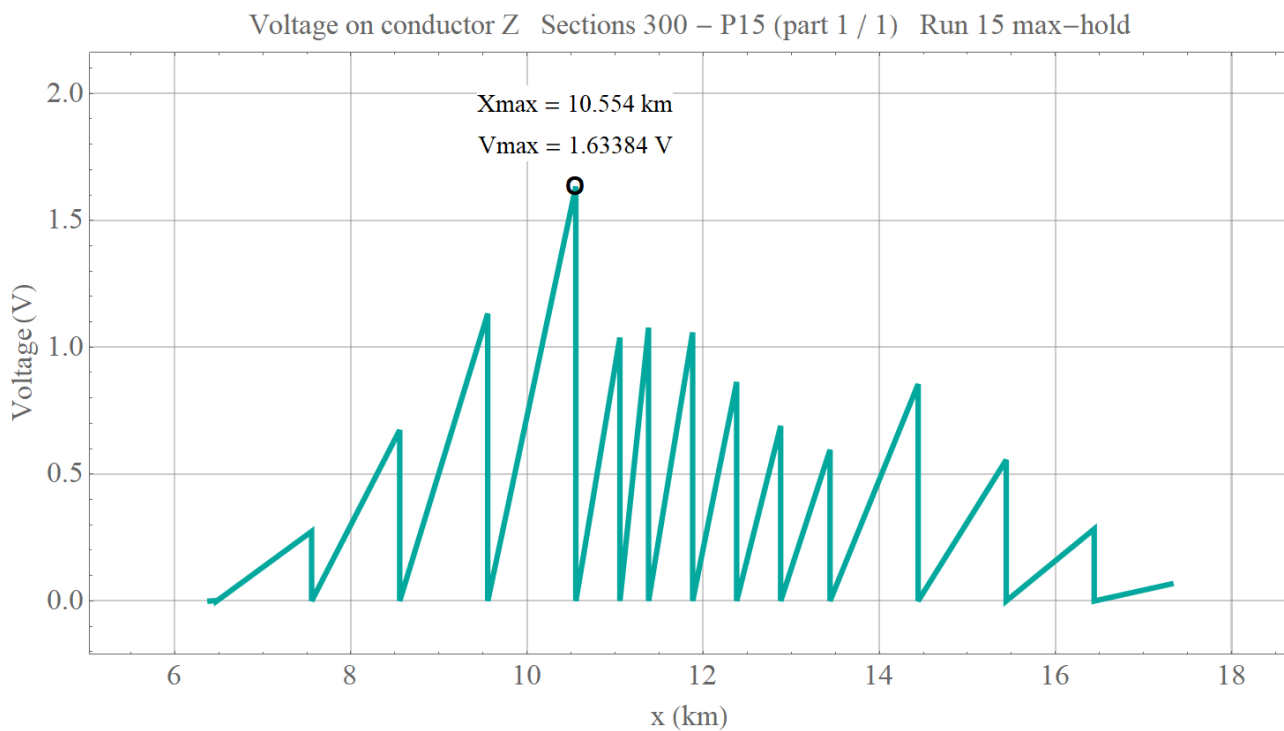
Afbeelding 95: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op opstelterrain.



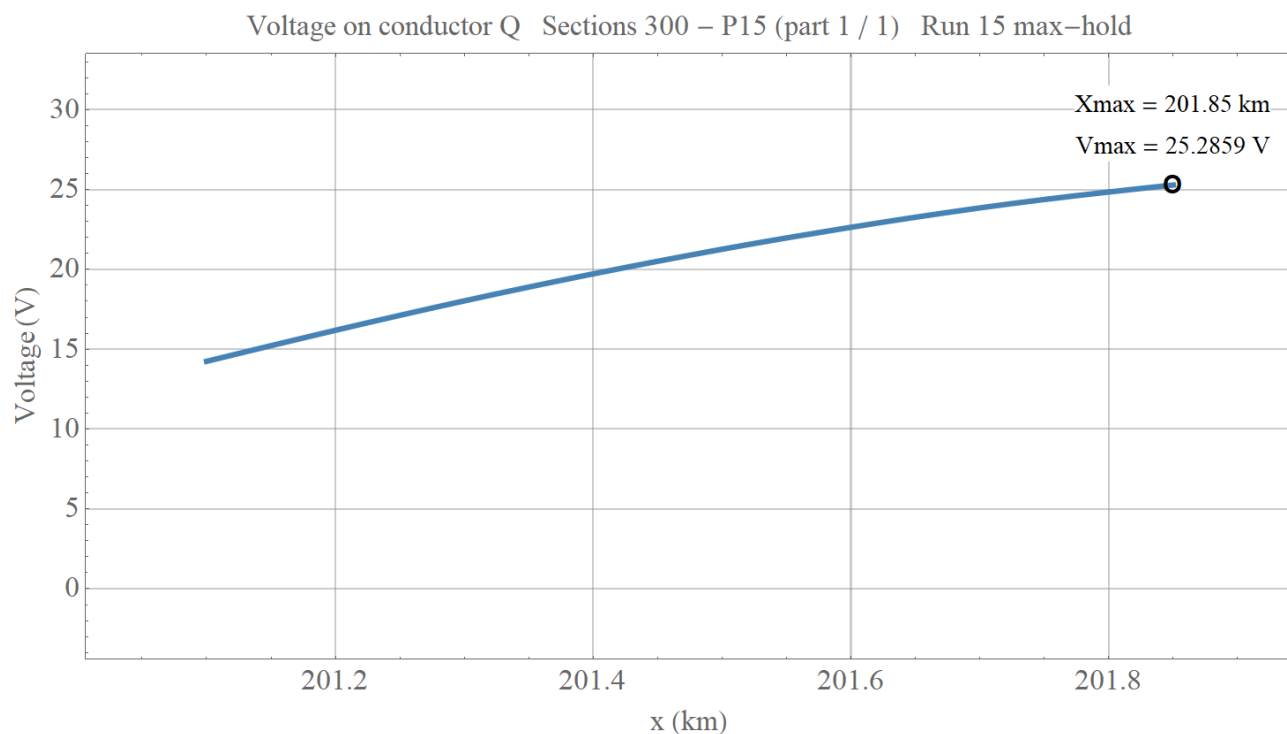
Afbeelding 96: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



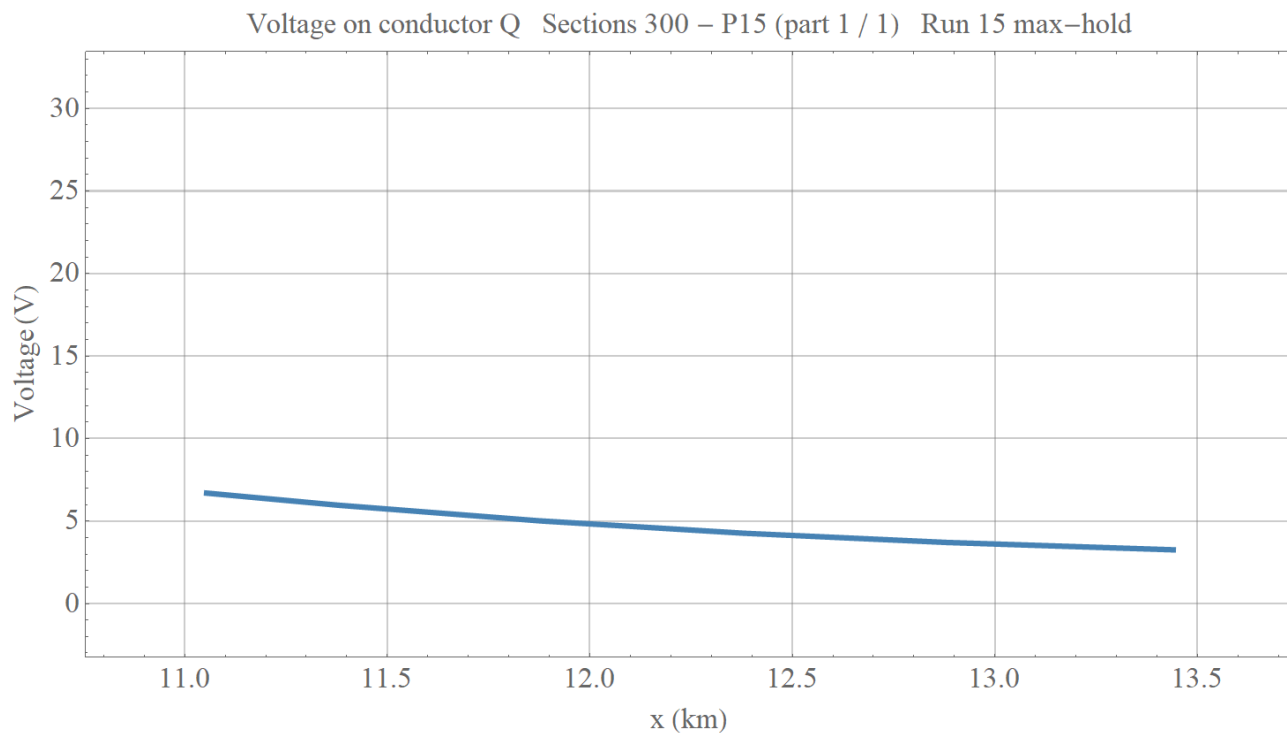
Afbeelding 97: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op opstelsterrein.



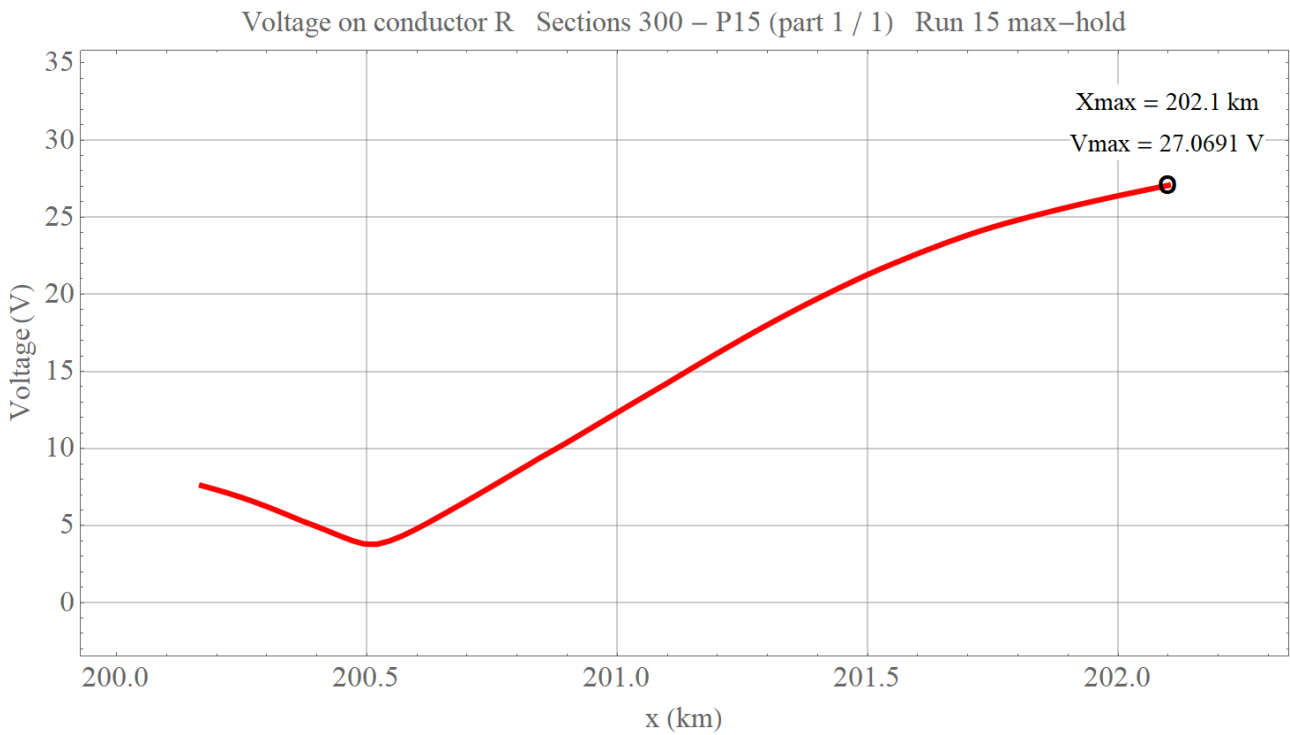
Afbeelding 98: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



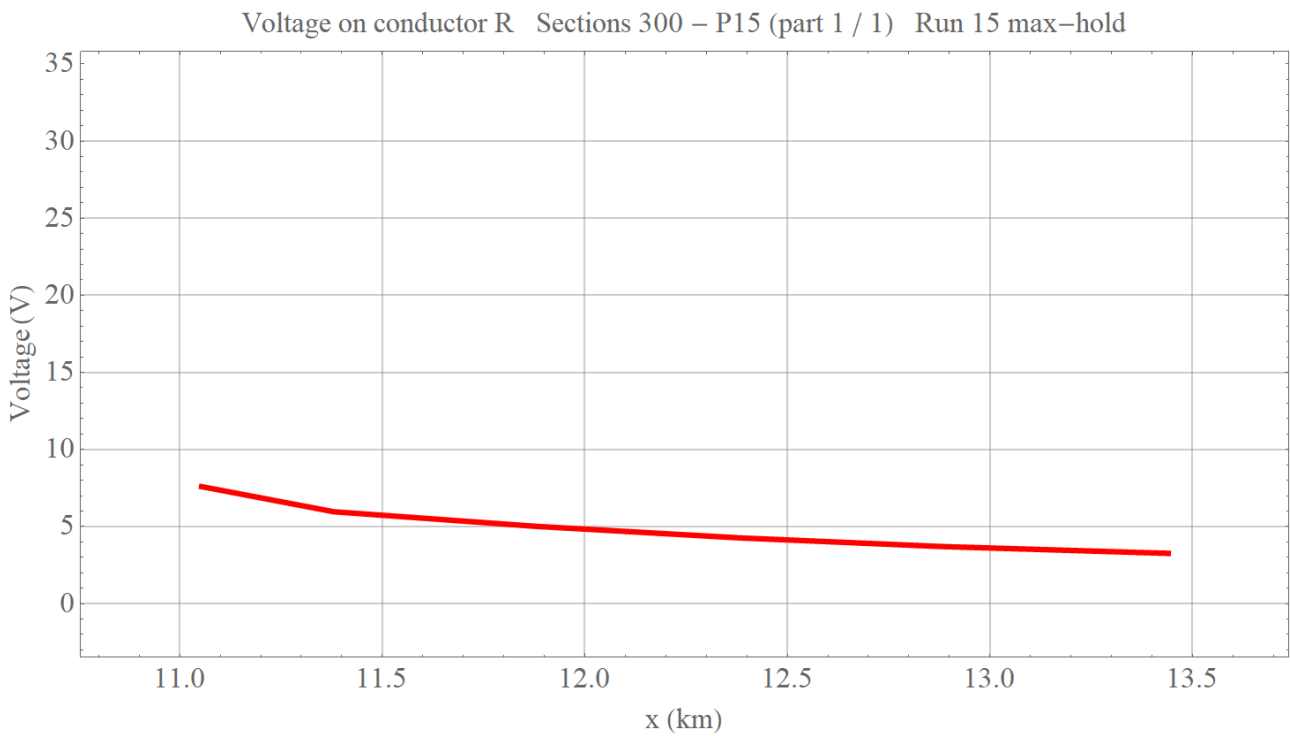
Afbeelding 99: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



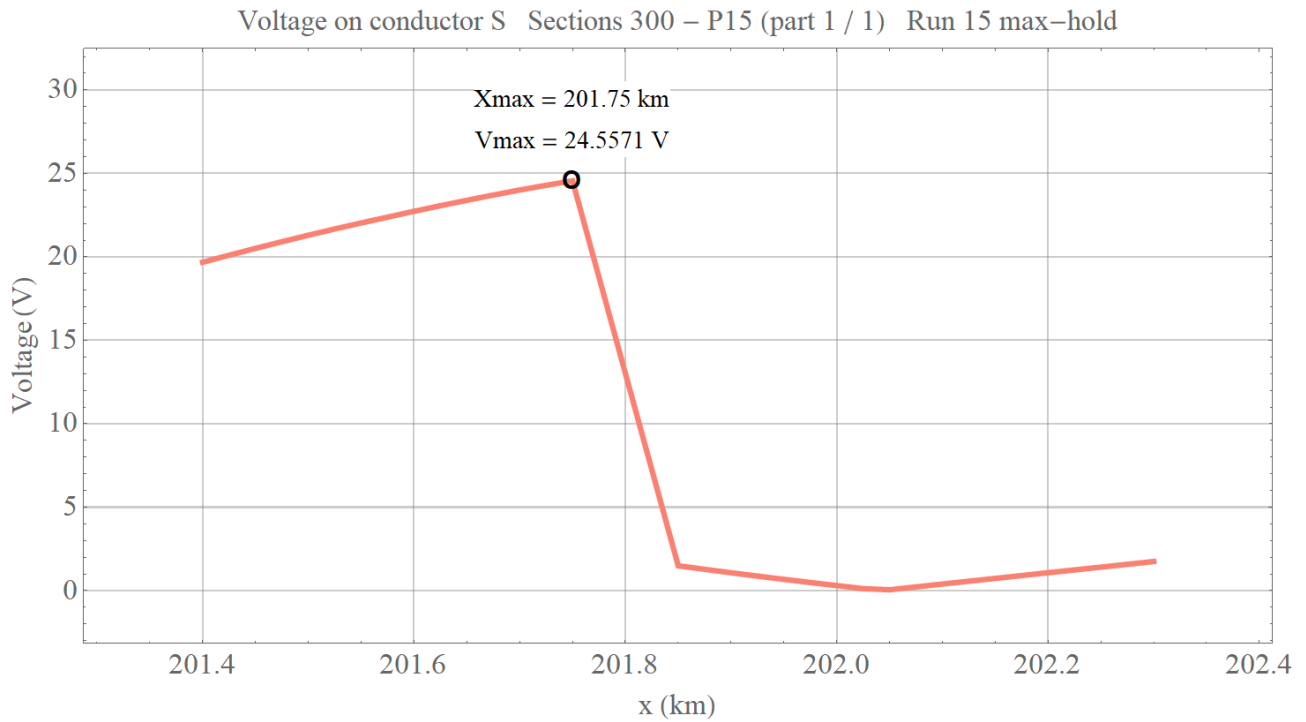
Afbeelding 100: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



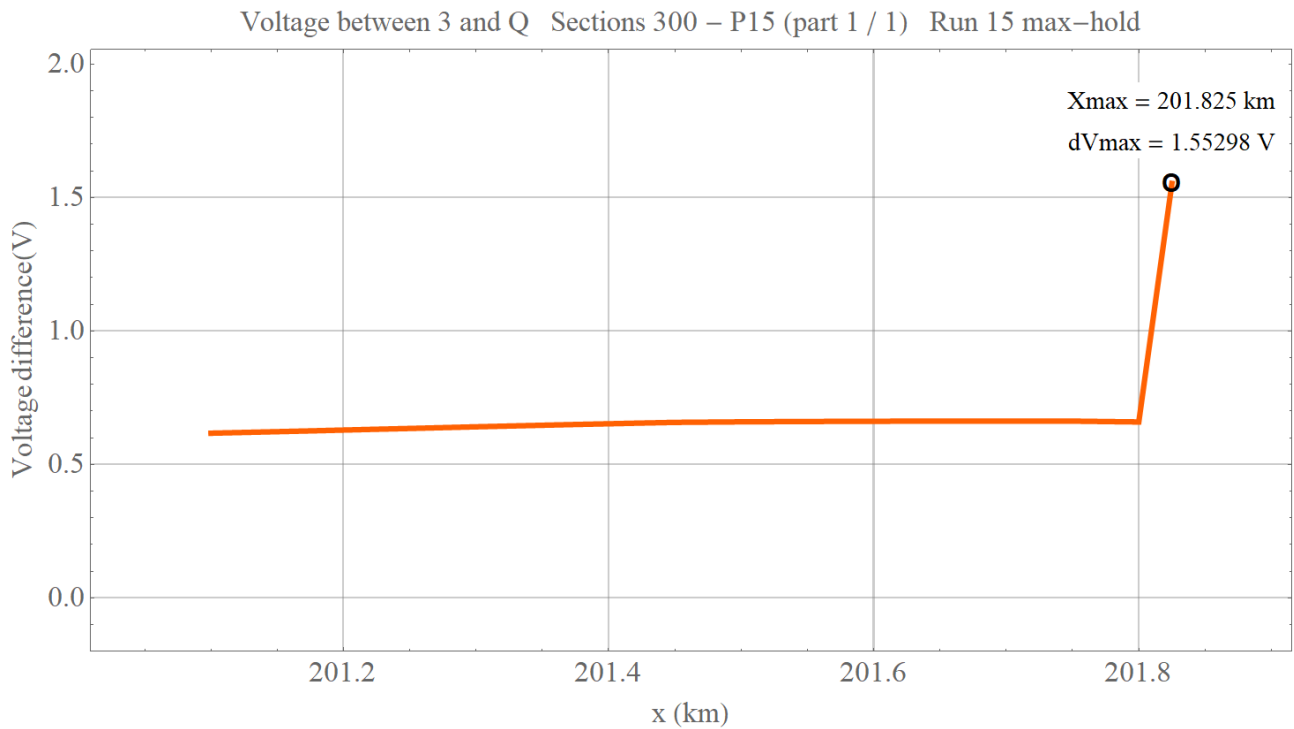
Afbeelding 101: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.



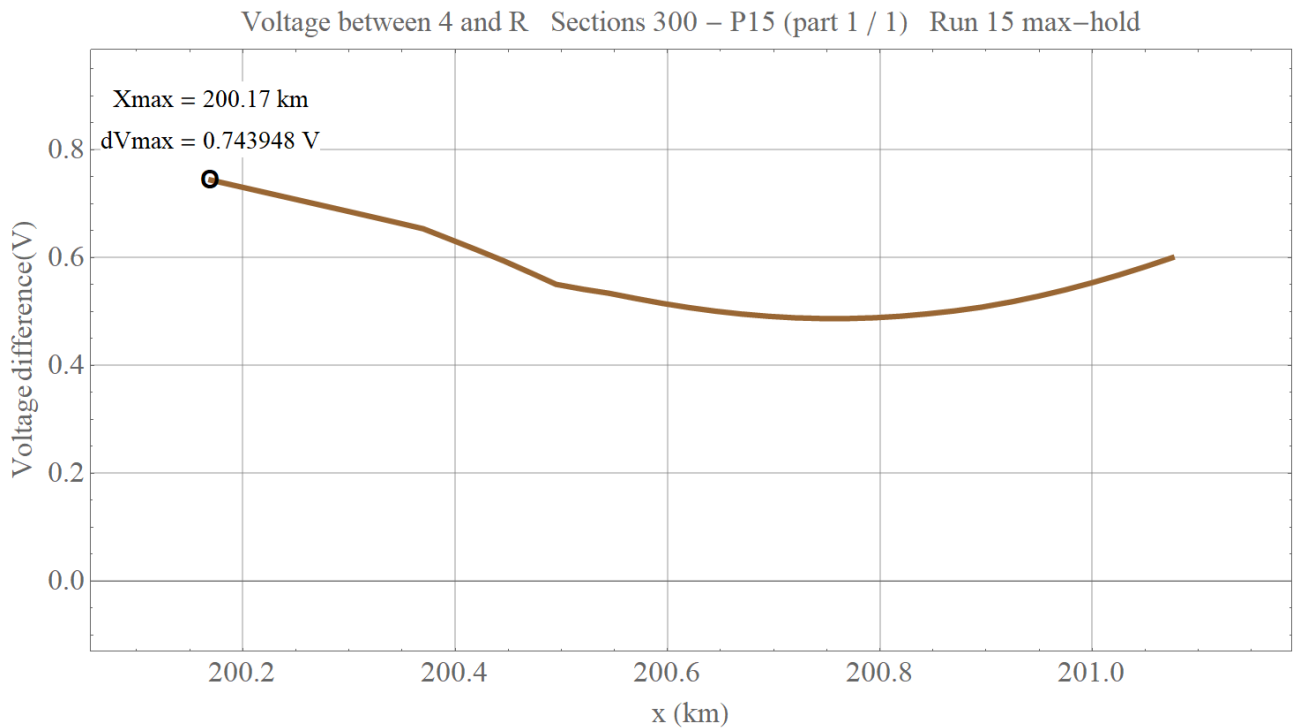
Afbeelding 102: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



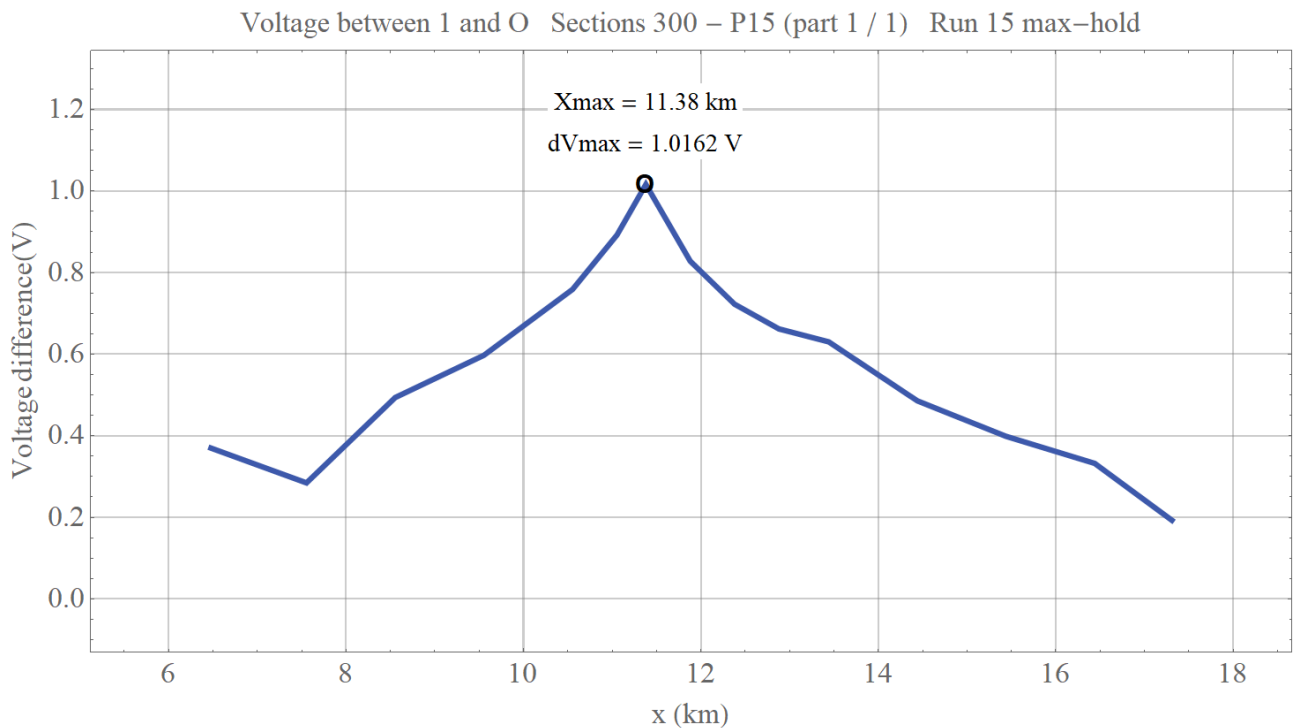
Afbeelding 103: Maximaal optredende spanning voor spoor dieselementplacement (geleider S) op opstelsterrein.



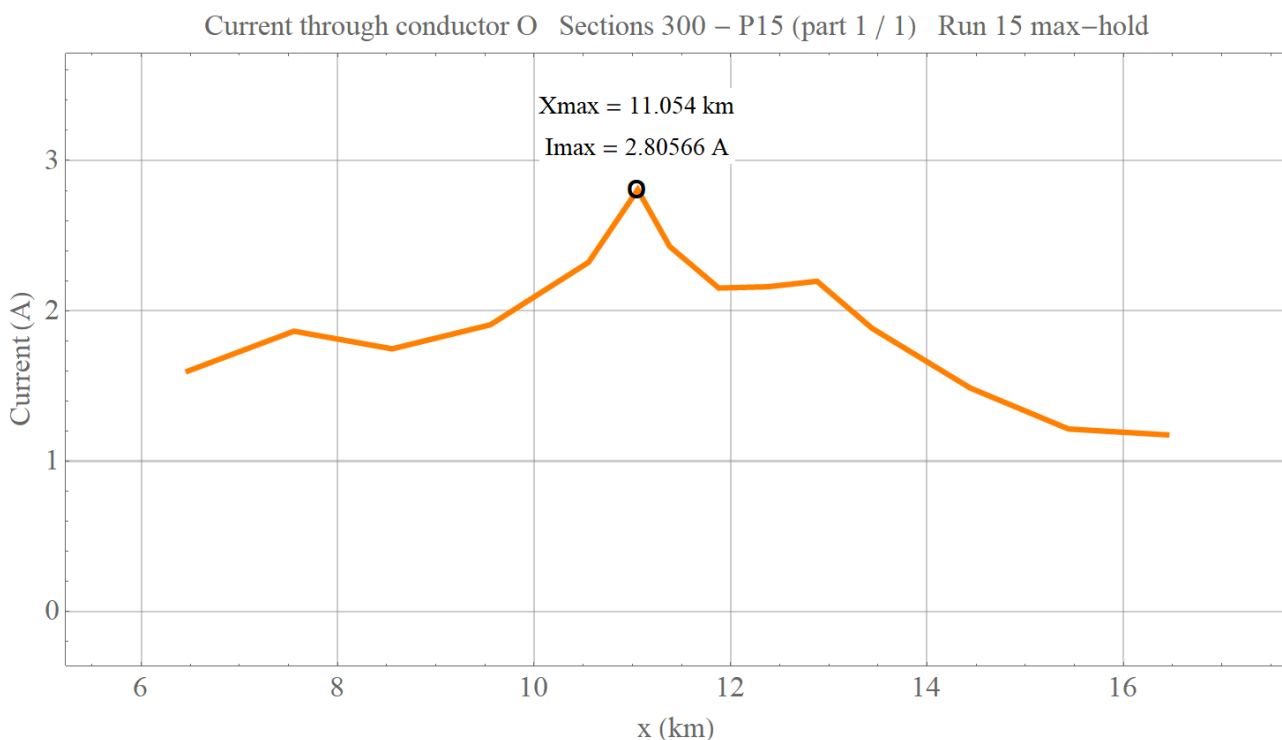
Afbeelding 104: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoorelementplacement 1 (geleider 3 en Q) op opstelsterrein.



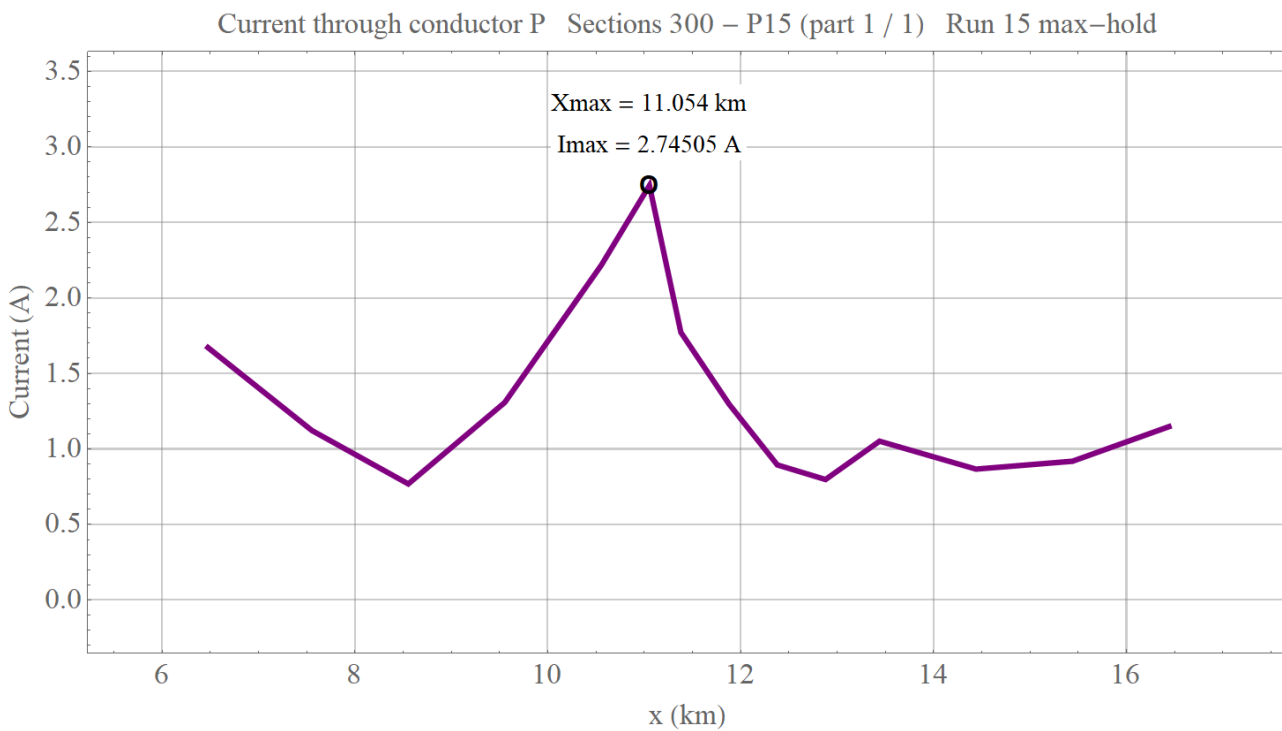
Afbeelding 105: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en sporeplacement 2 (geleider 4 en R) op opstelrein.



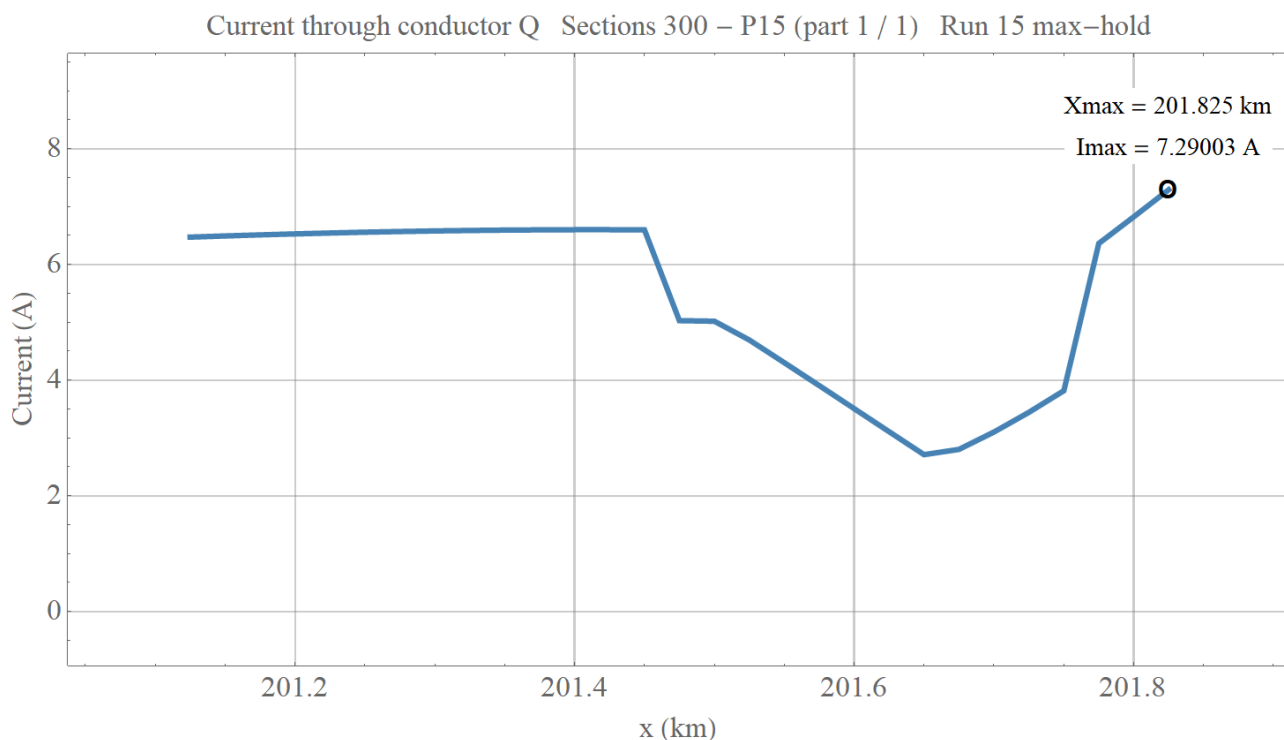
Afbeelding 106: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoor (geleider 1 en O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



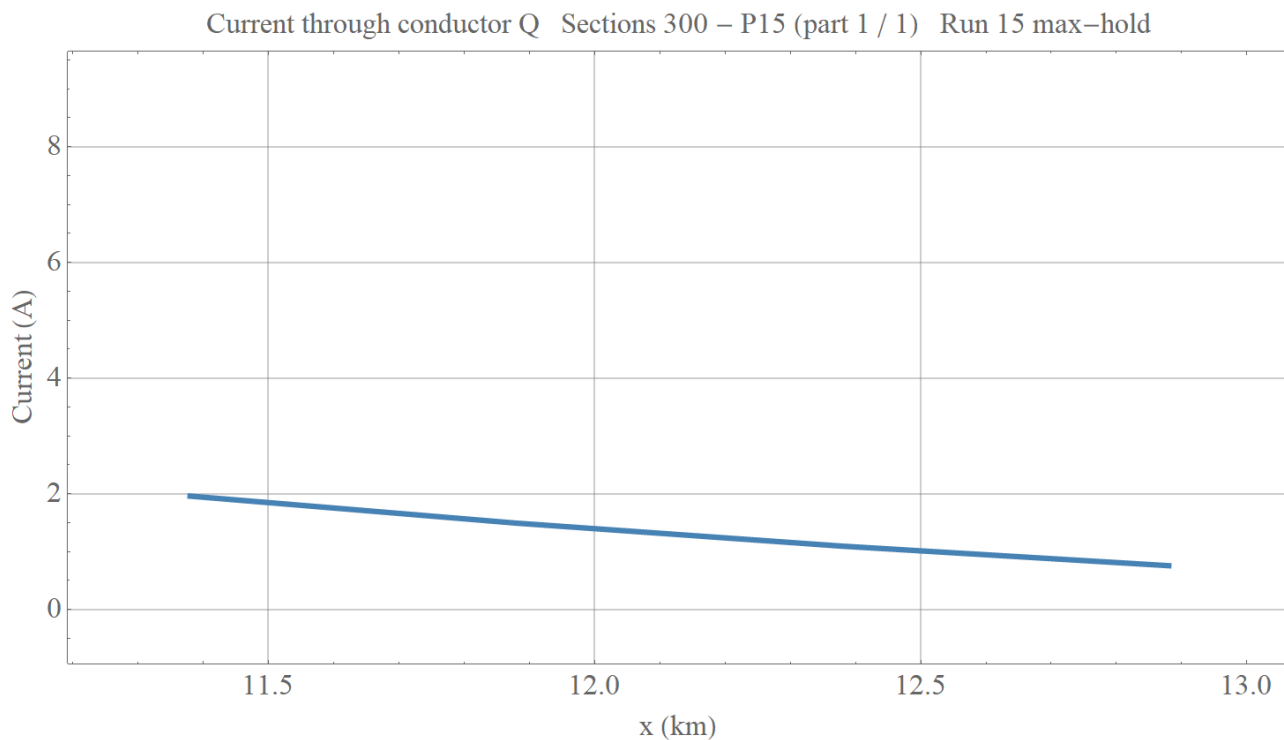
Afbeelding 107: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



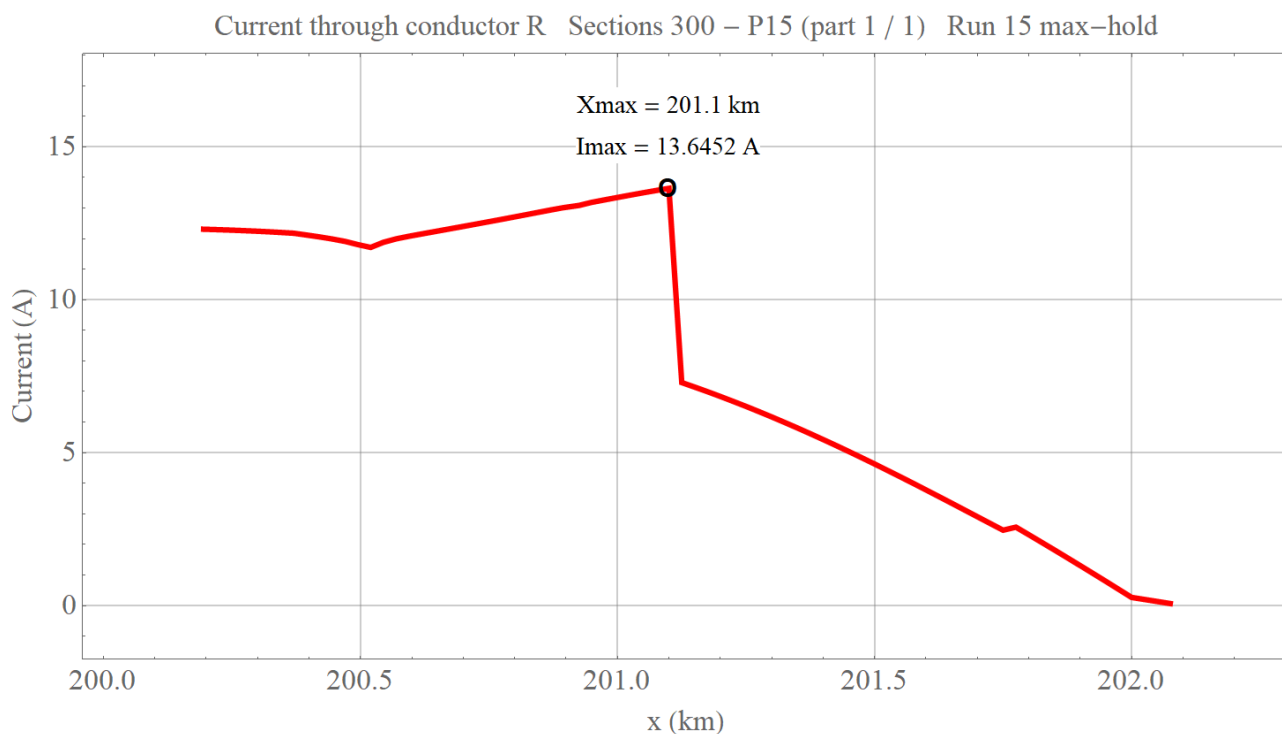
Afbeelding 108: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider P) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



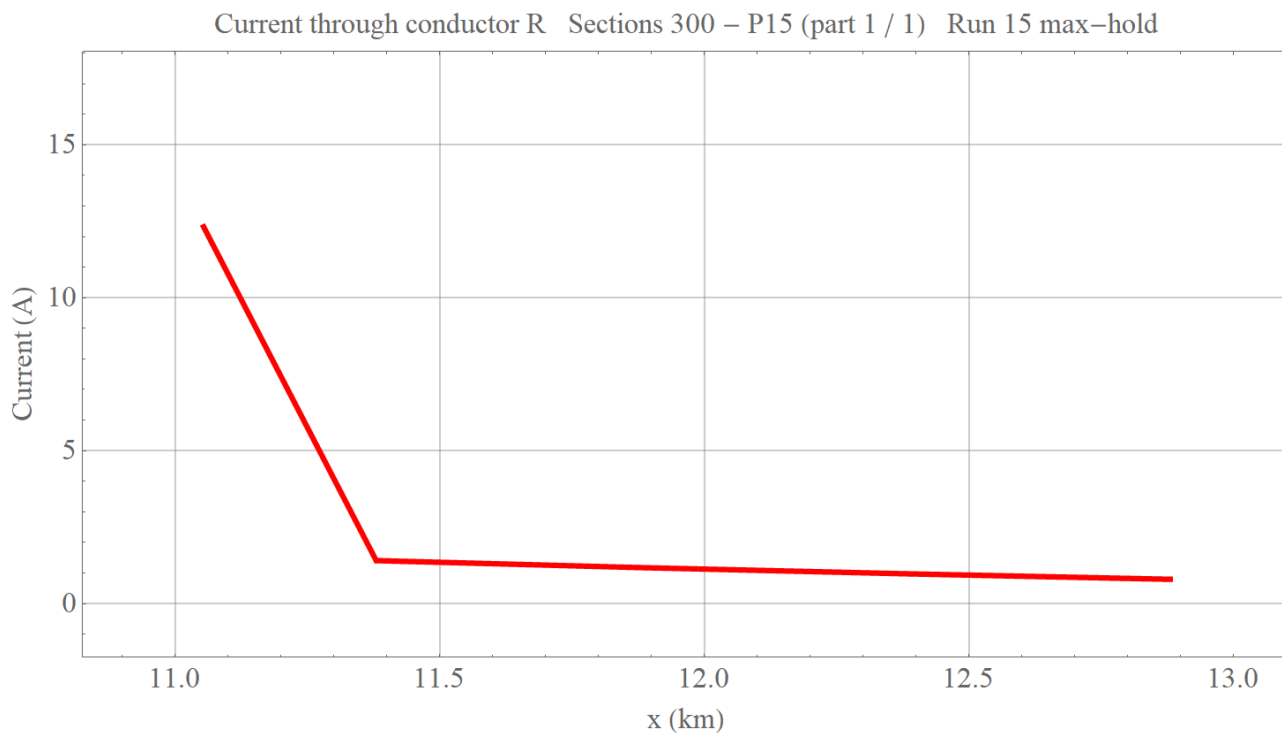
Afbeelding 109: Maximaal optredende stroom door sporeplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



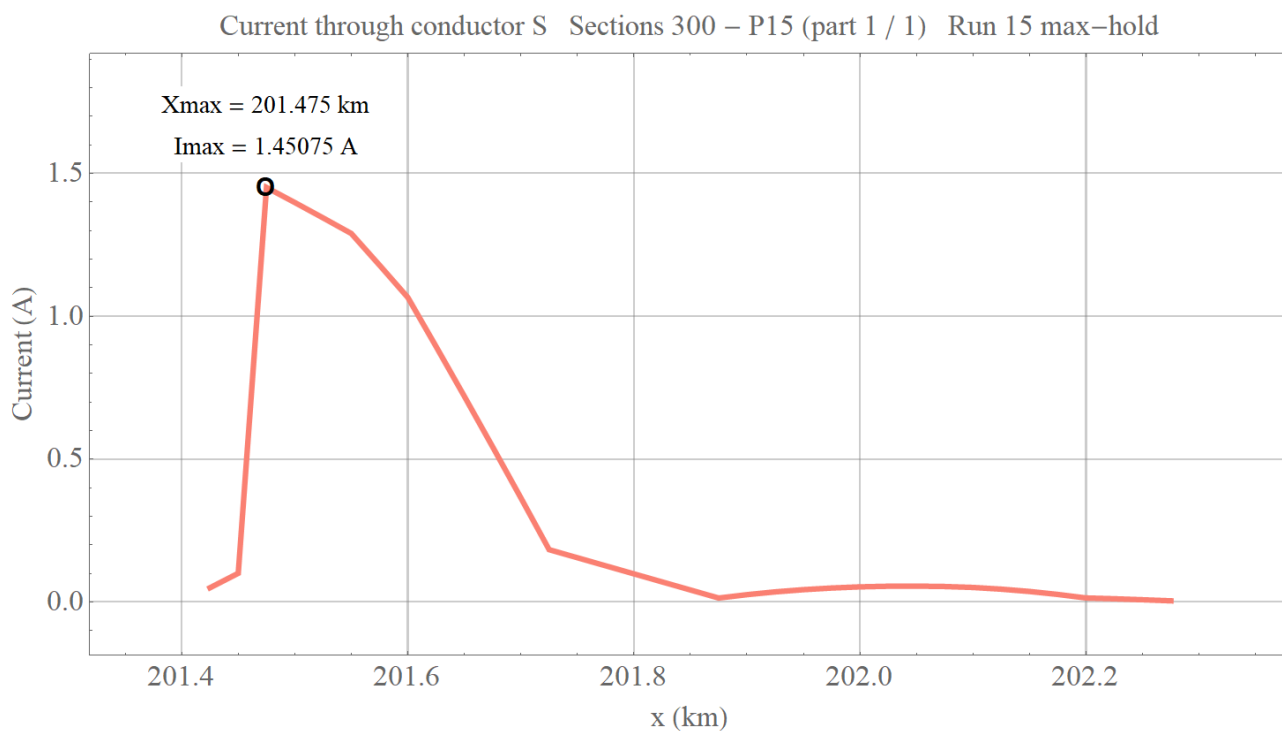
Afbeelding 110: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



Afbeelding 111: Maximaal optredende stroom door sporeplacement 2 (geleider R) op opstelrelin.

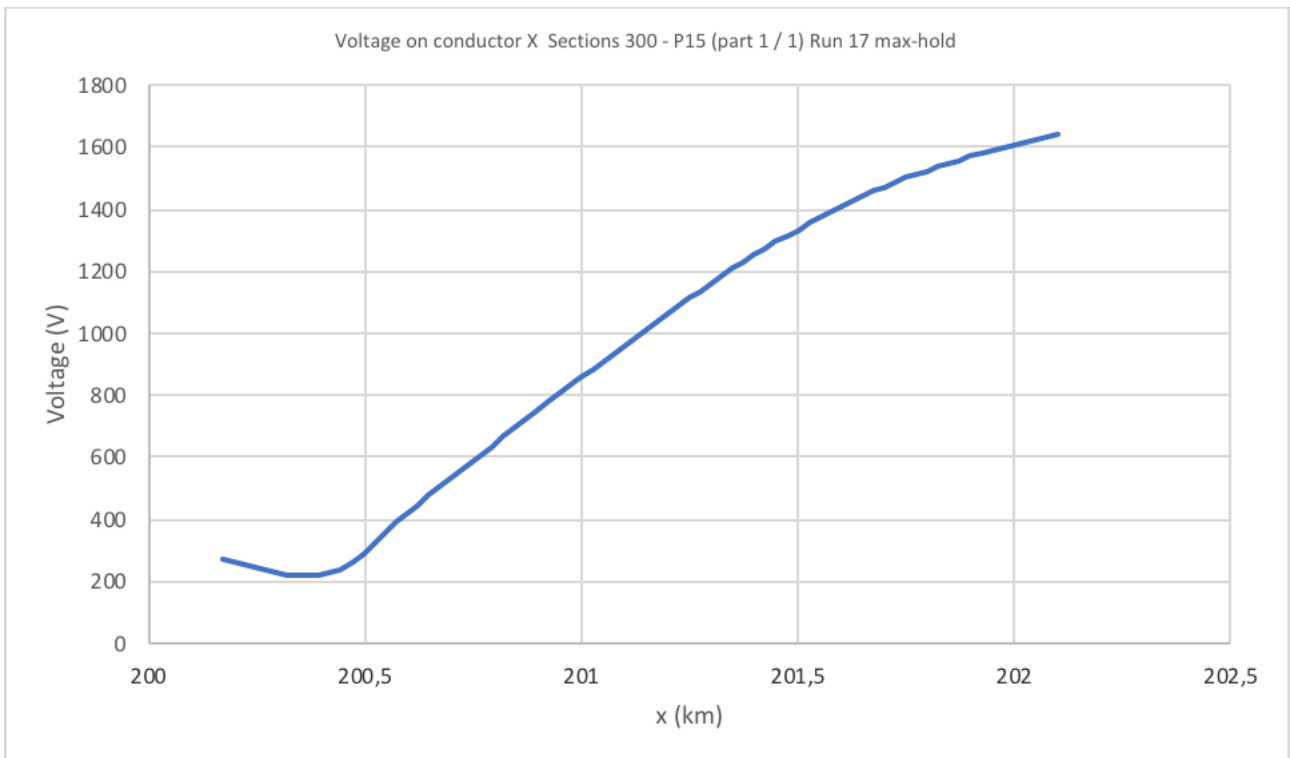


Afbeelding 112: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.

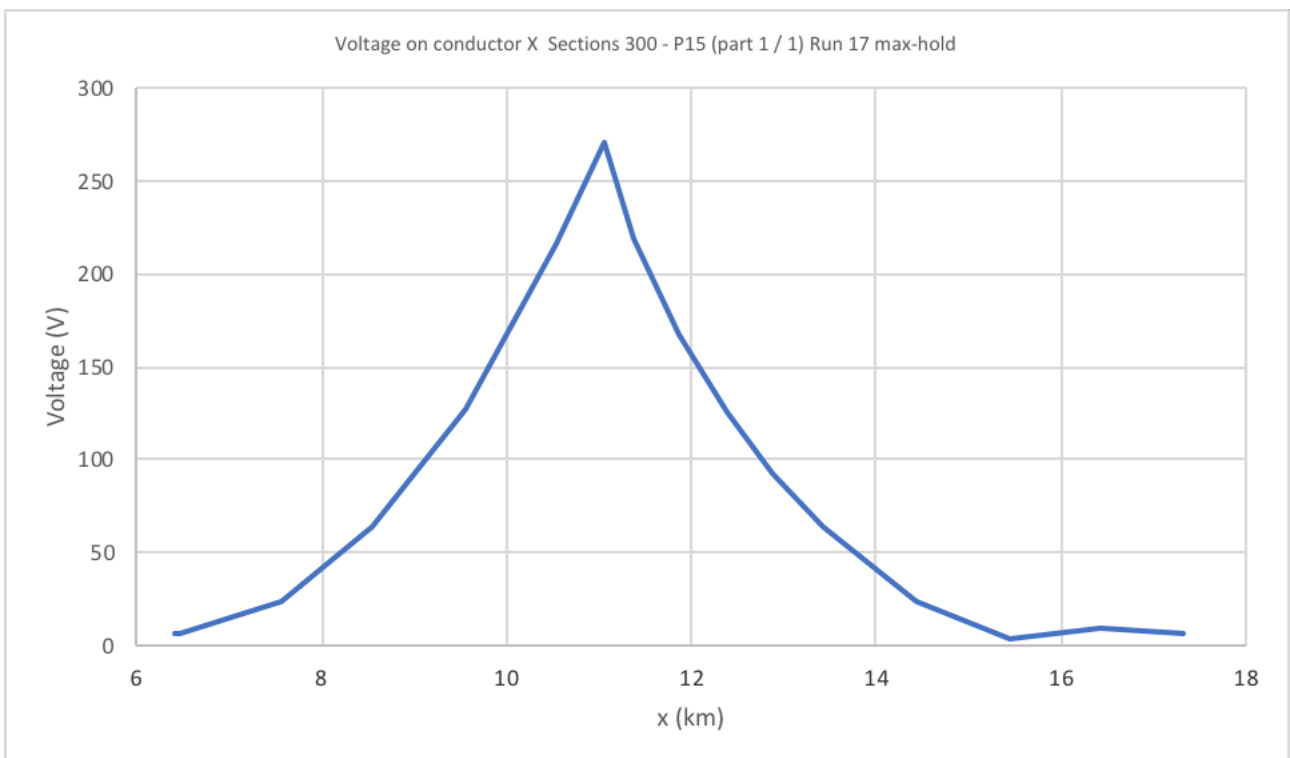


Afbeelding 113: Maximaal optredende stroom door spoor dieseleplacement (geleider S) op opstelrein.

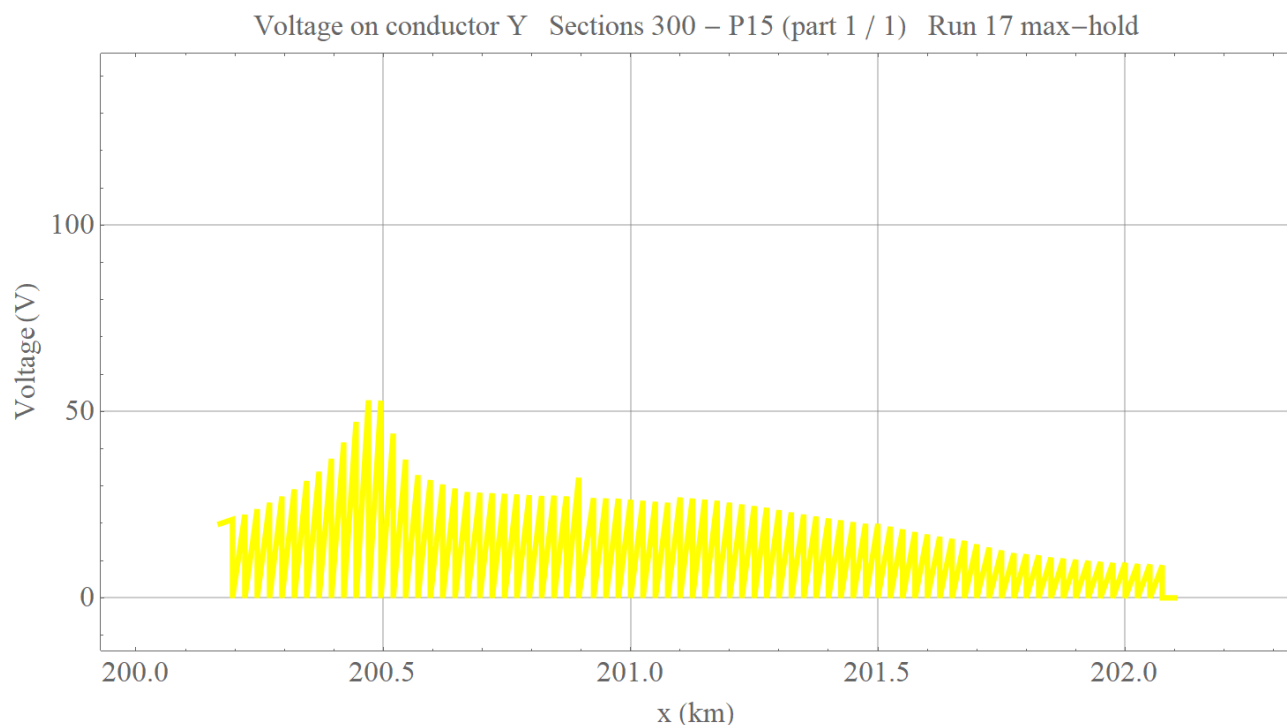
c. Kortsluiting (50 kA)



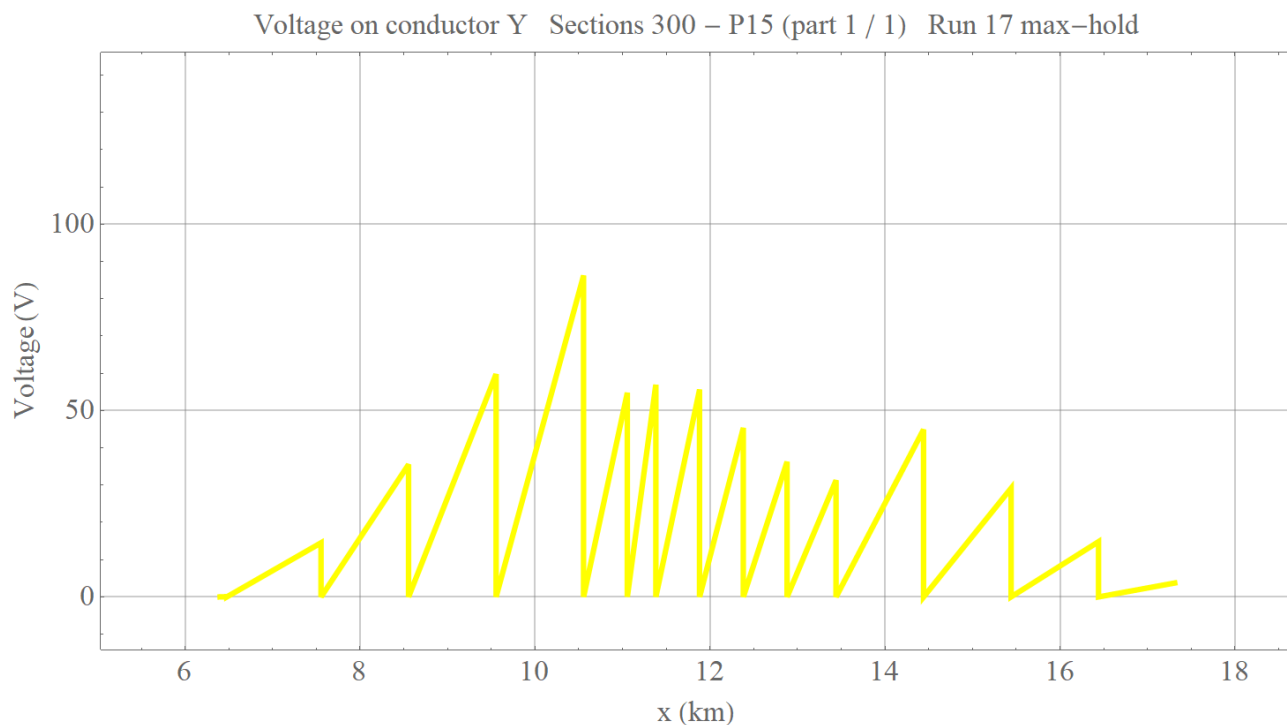
Afbeelding 114: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op opstelterrein.



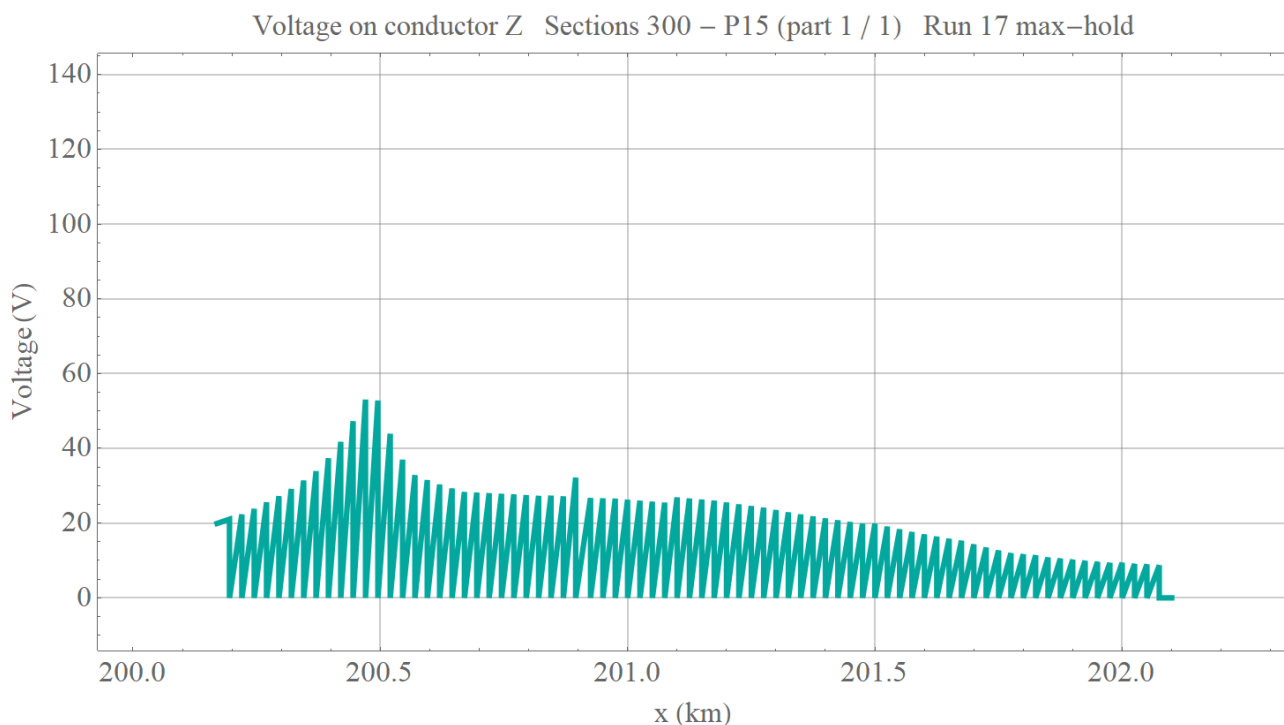
Afbeelding 115: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



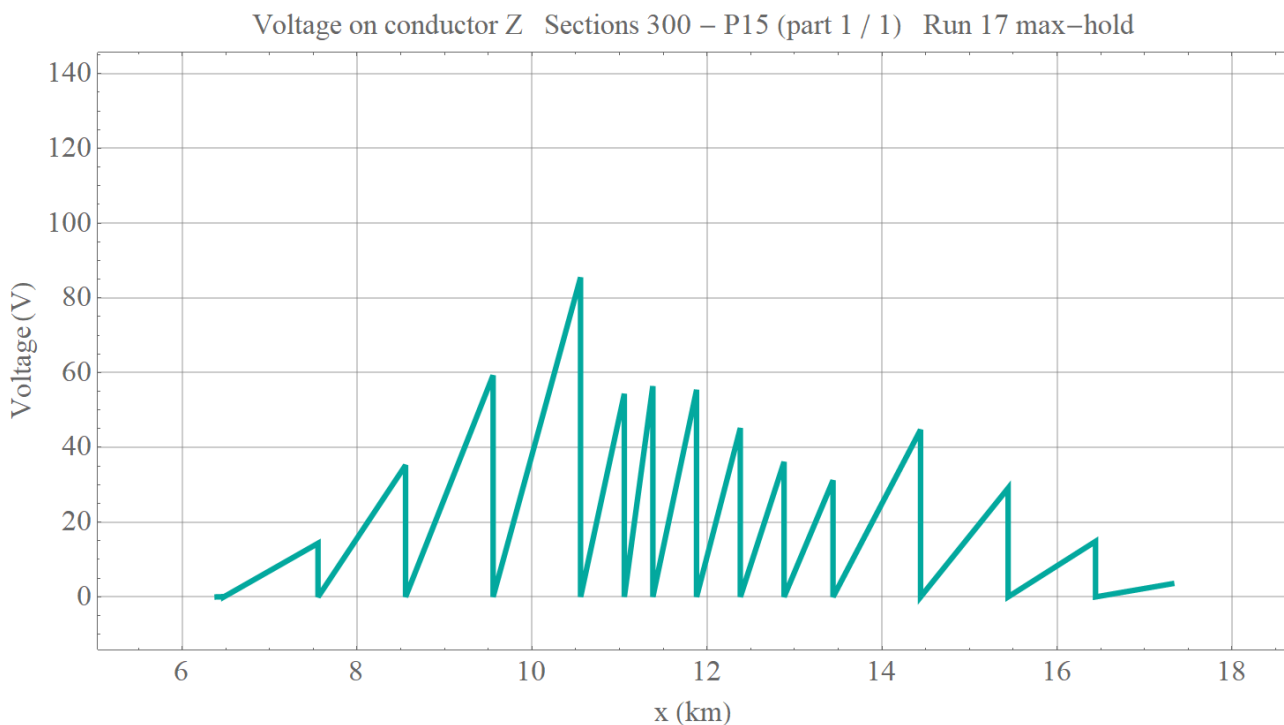
Afbeelding 116: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op opstelterrain.



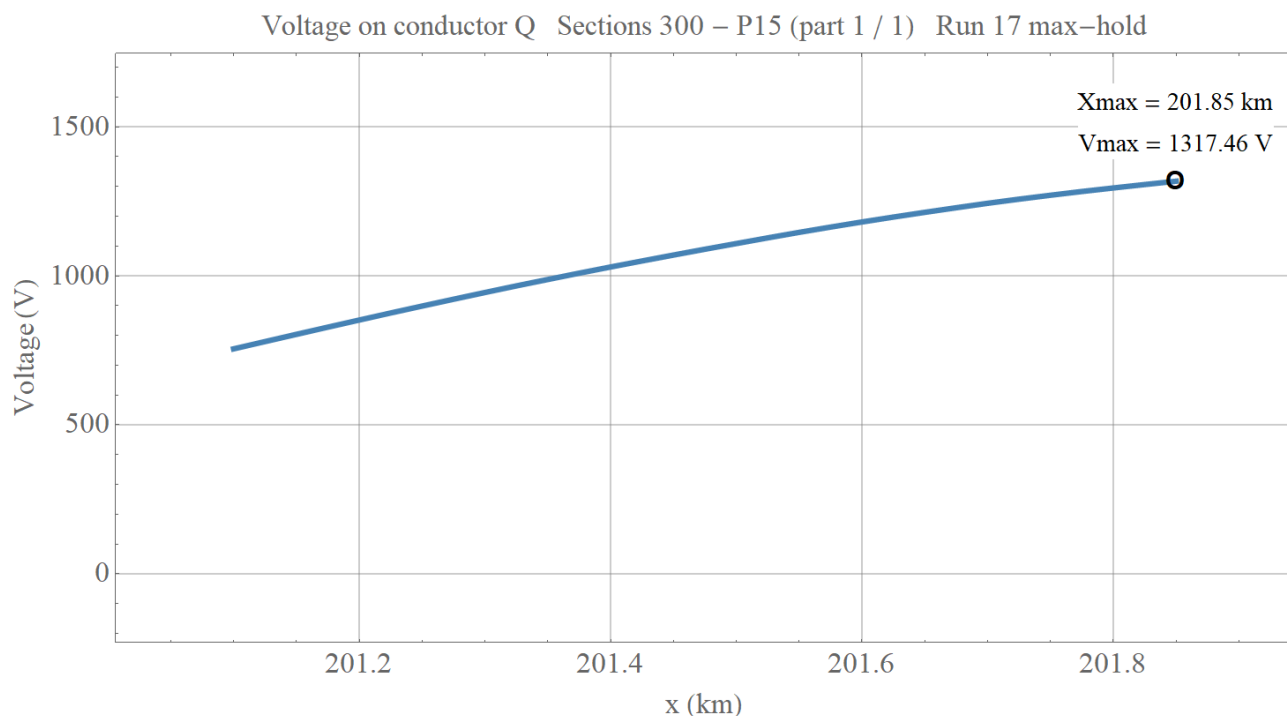
Afbeelding 117: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



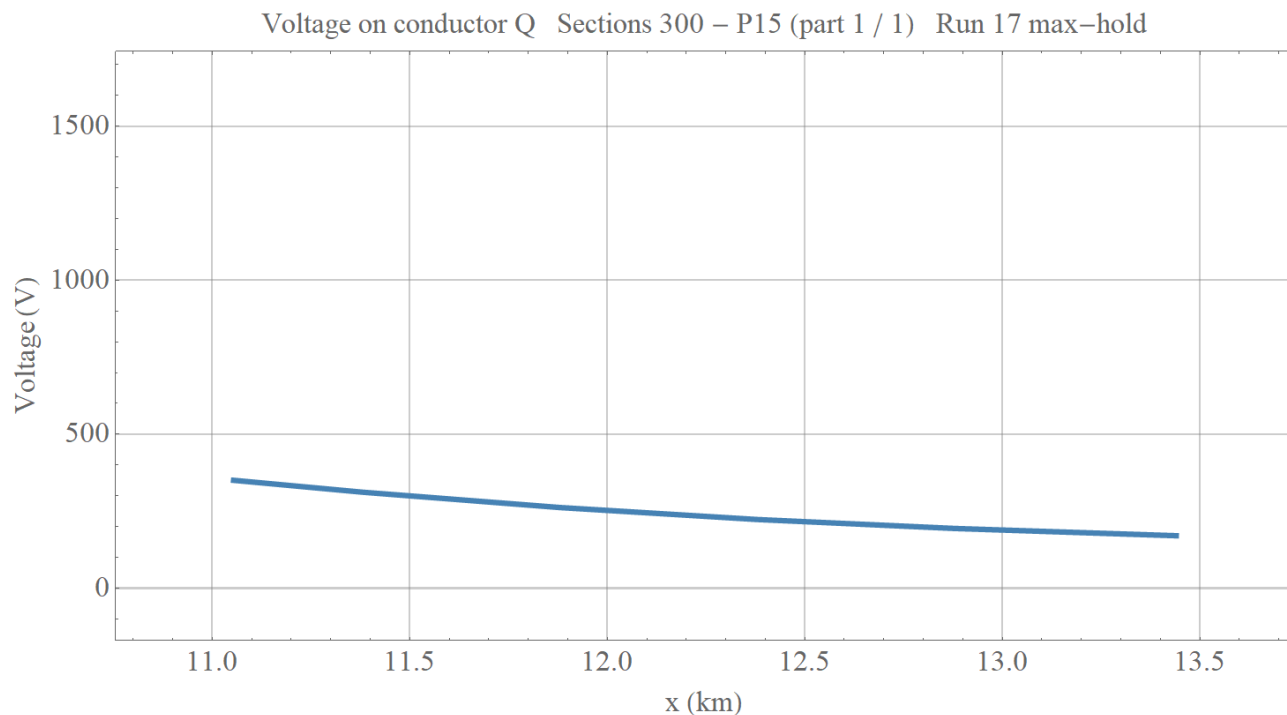
Afbeelding 118: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op opstelterrein.



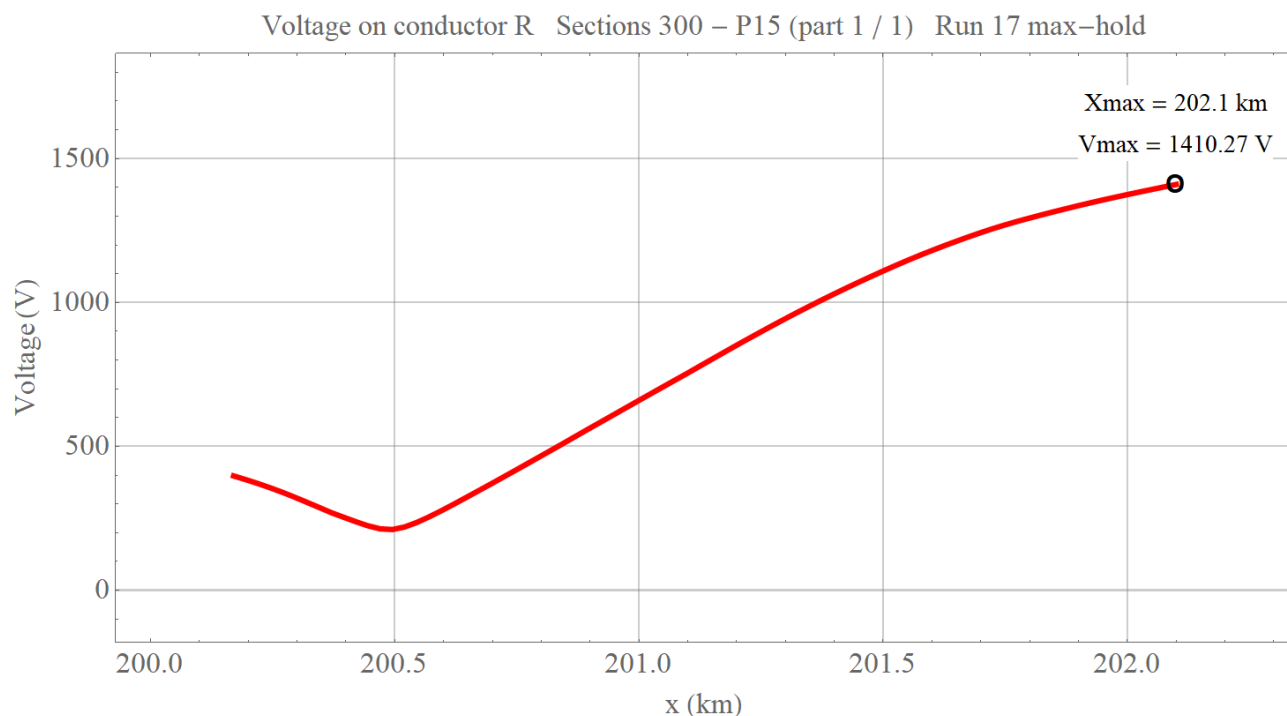
Afbeelding 119: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



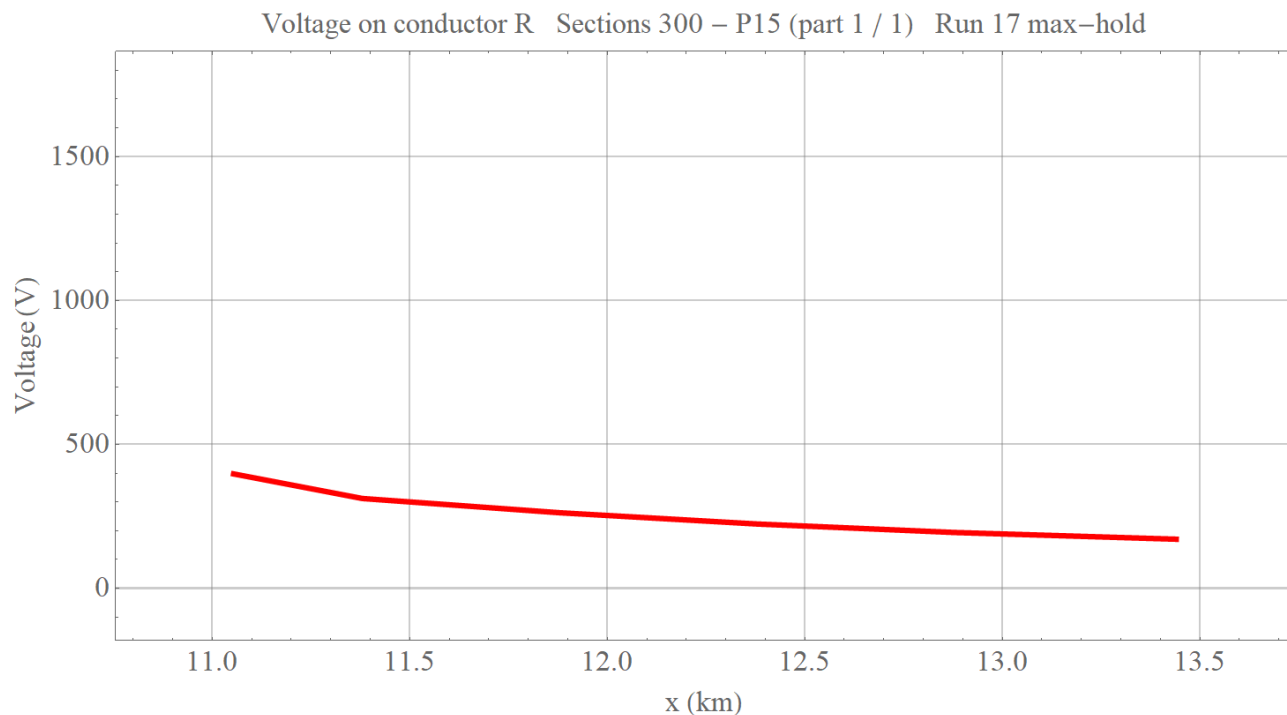
Afbeelding 120: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



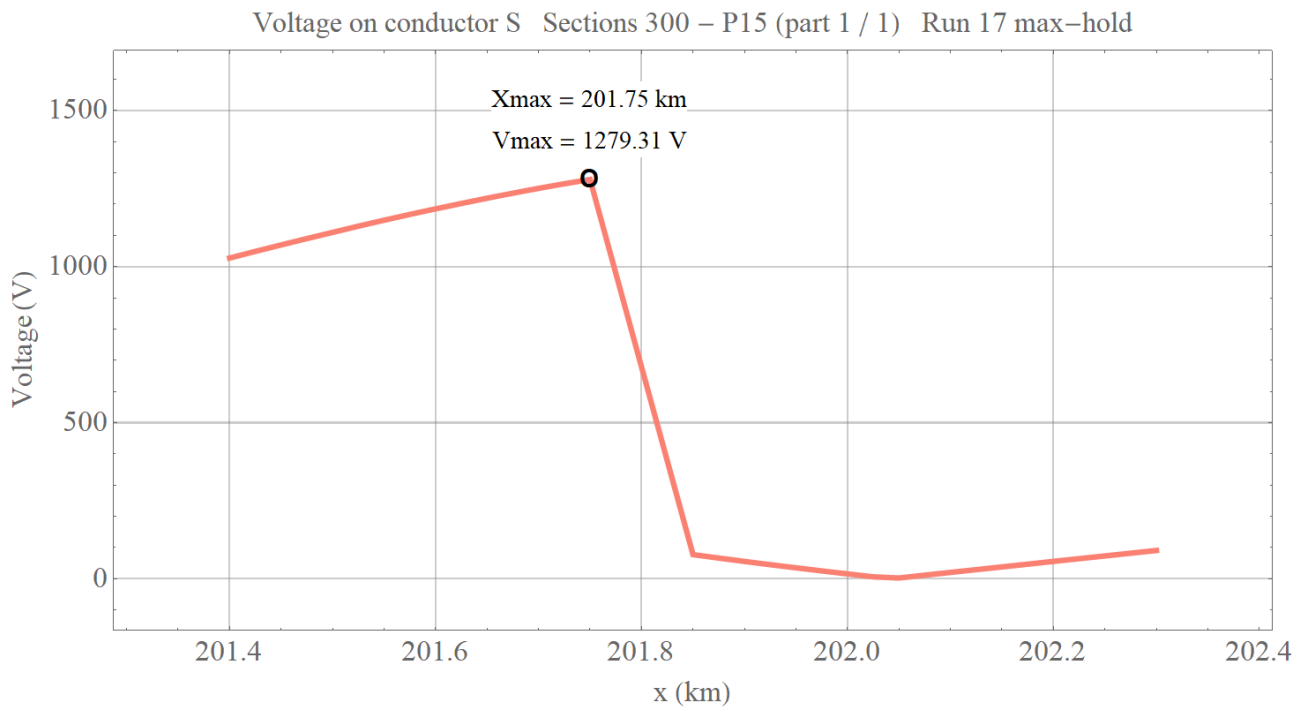
Afbeelding 121: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



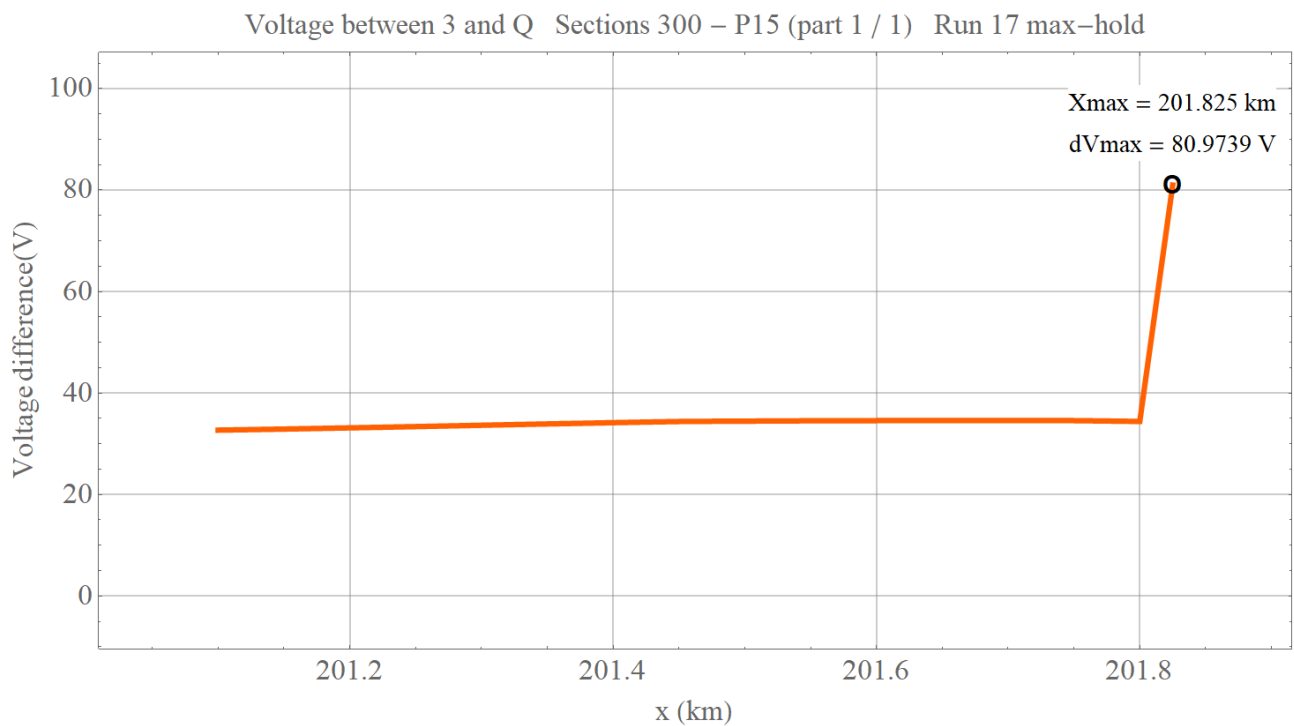
Afbeelding 122: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.



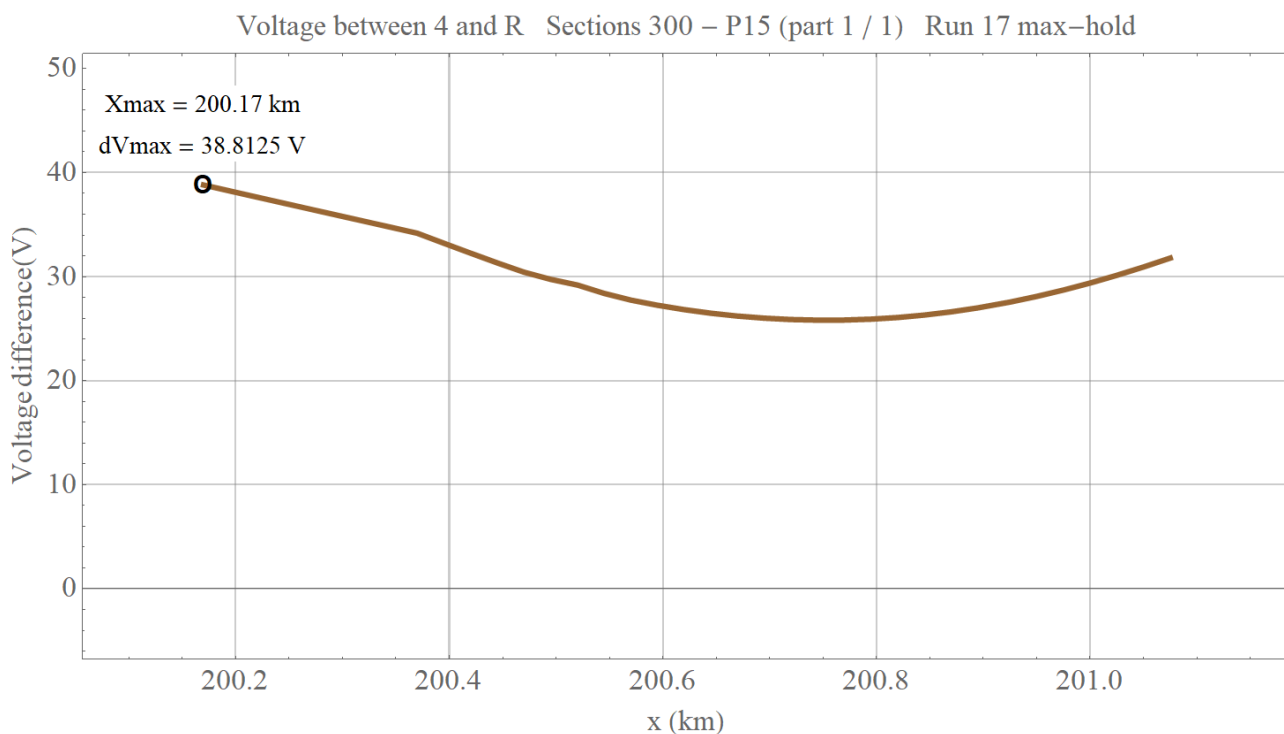
Afbeelding 123: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



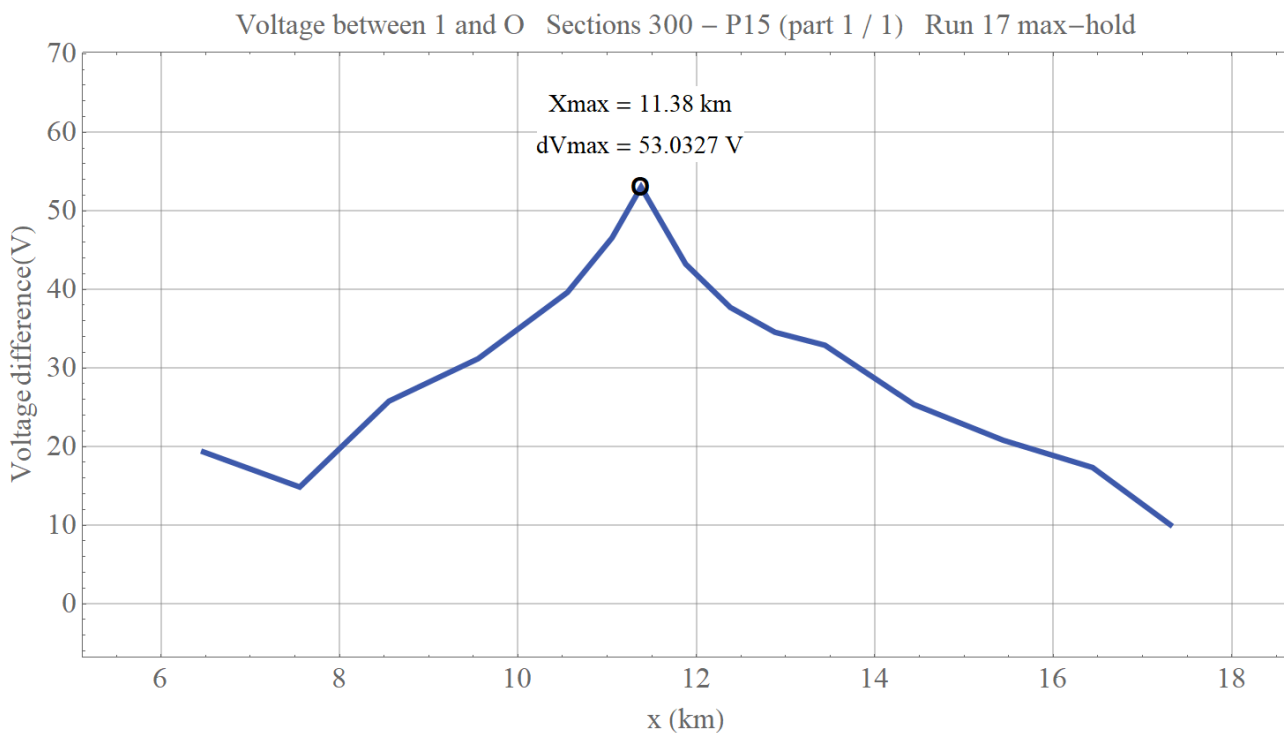
Afbeelding 124: Maximaal optredende spanning voor spoor dieselemlacement (geleider S) op opstelsterrein.



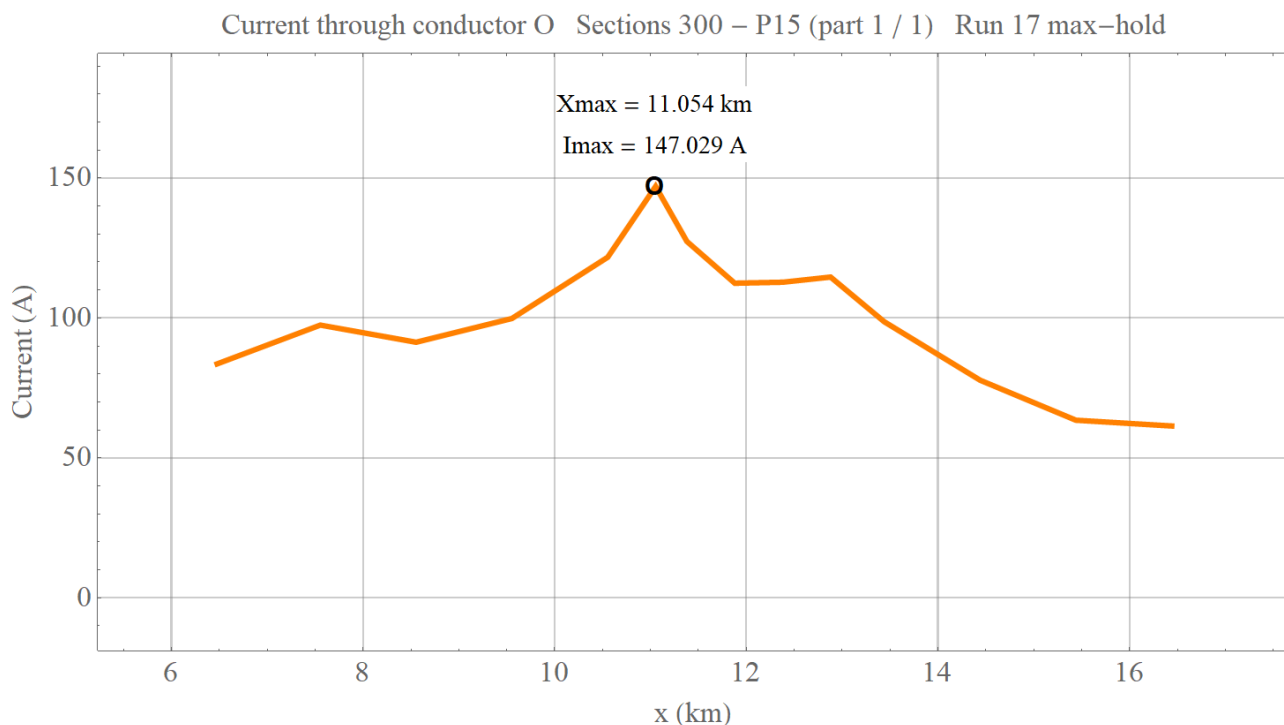
Afbeelding 125: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spooremlacement 1 (geleider 3 en Q) op opstelsterrein.



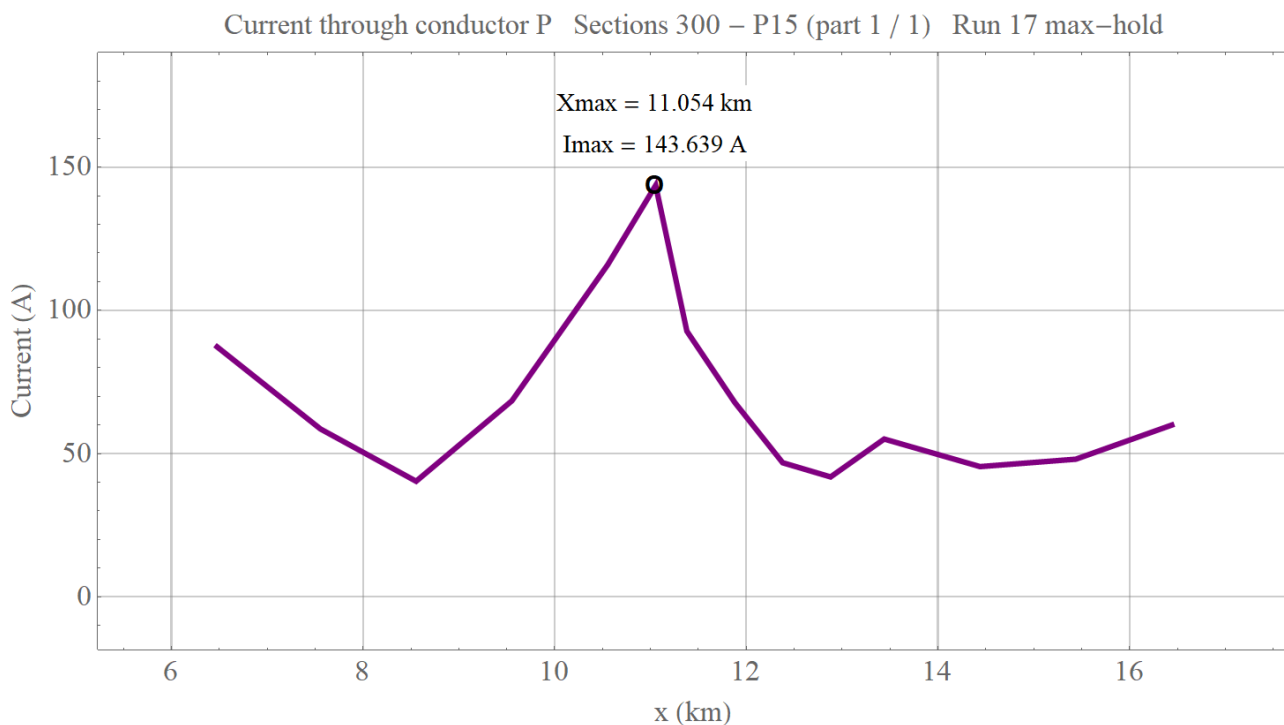
Afbeelding 126: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spooreplacement 2 (geleider 4 en R) op opstelrein.



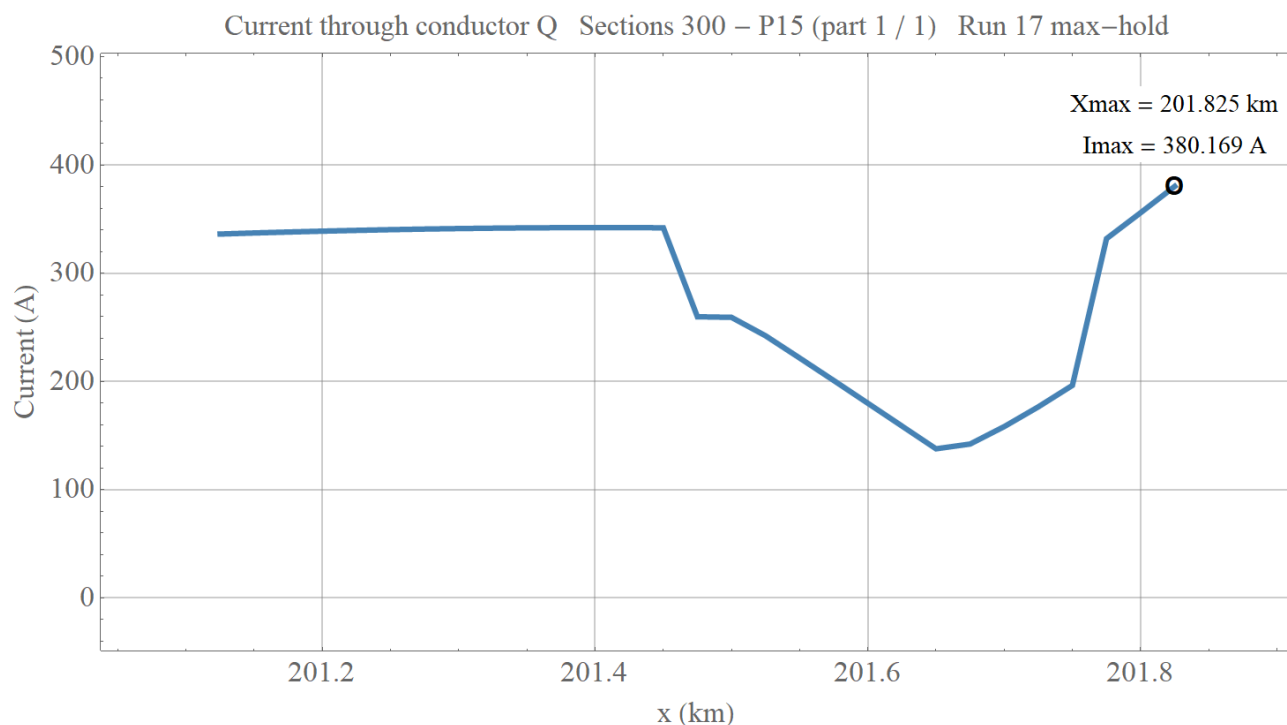
Afbeelding 127: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoor (geleider 1 en O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



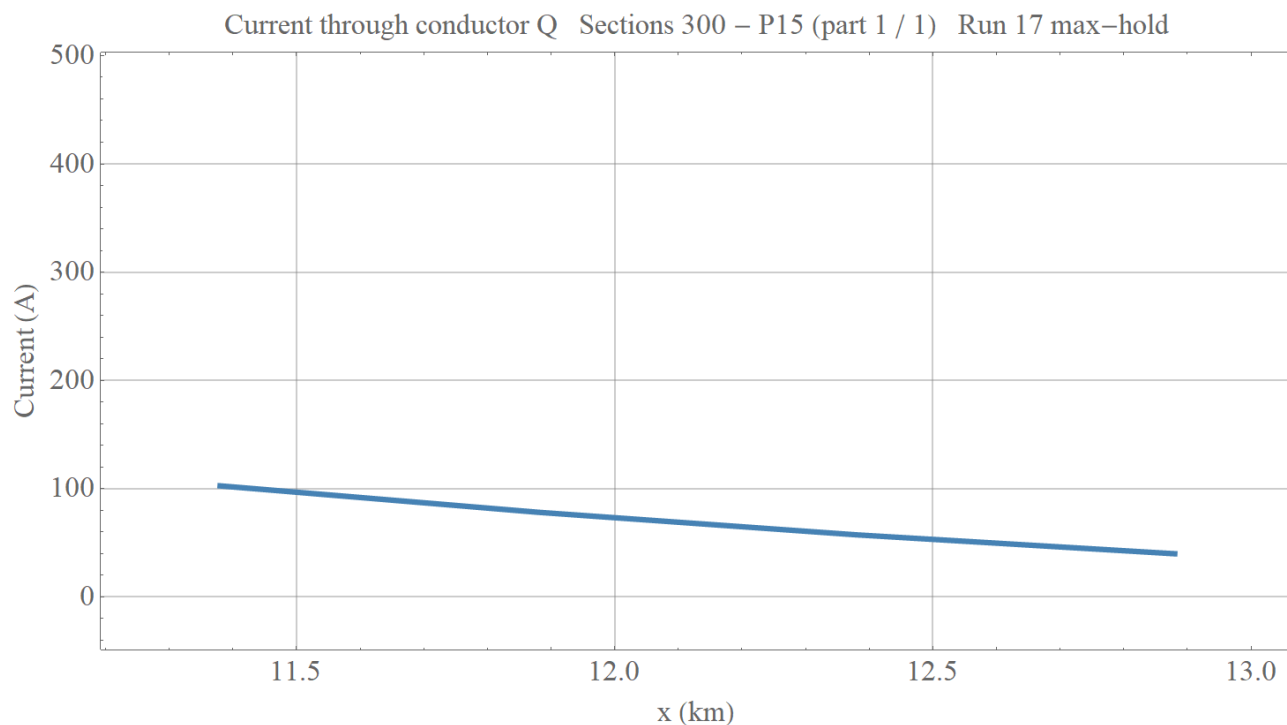
Afbeelding 128: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



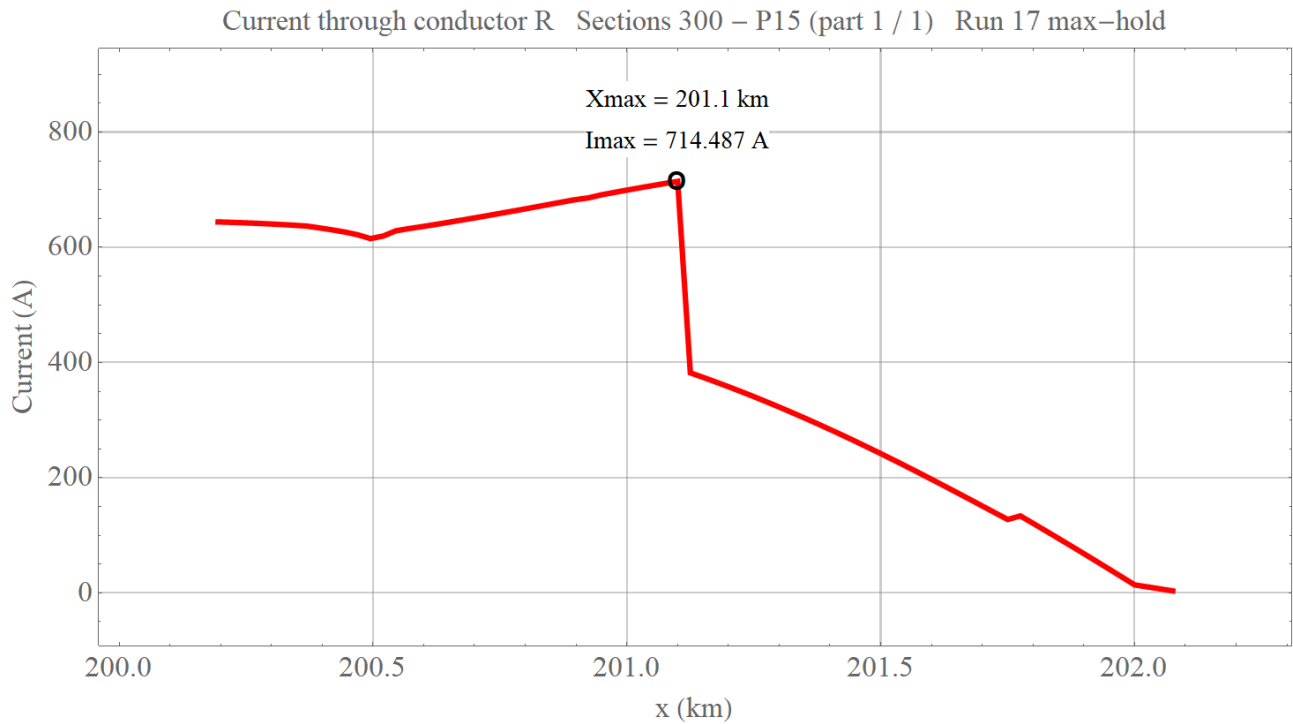
Afbeelding 129: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider P) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



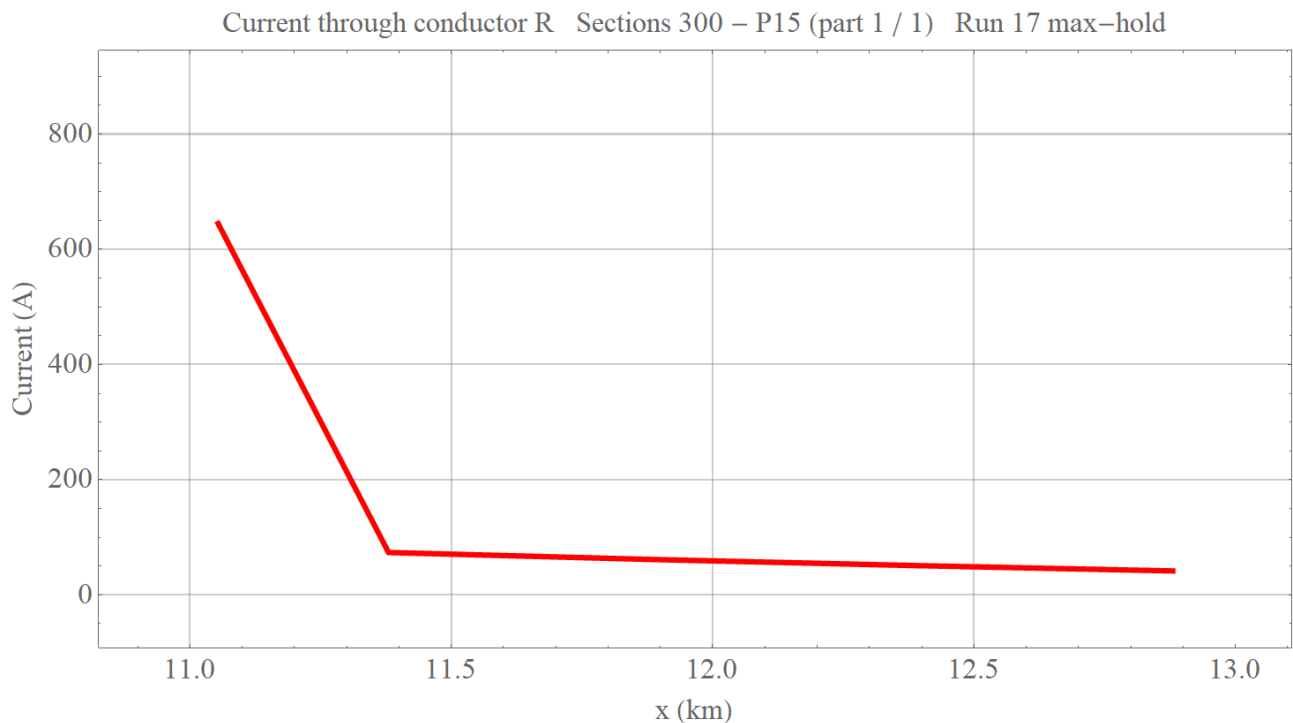
Afbeelding 130: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



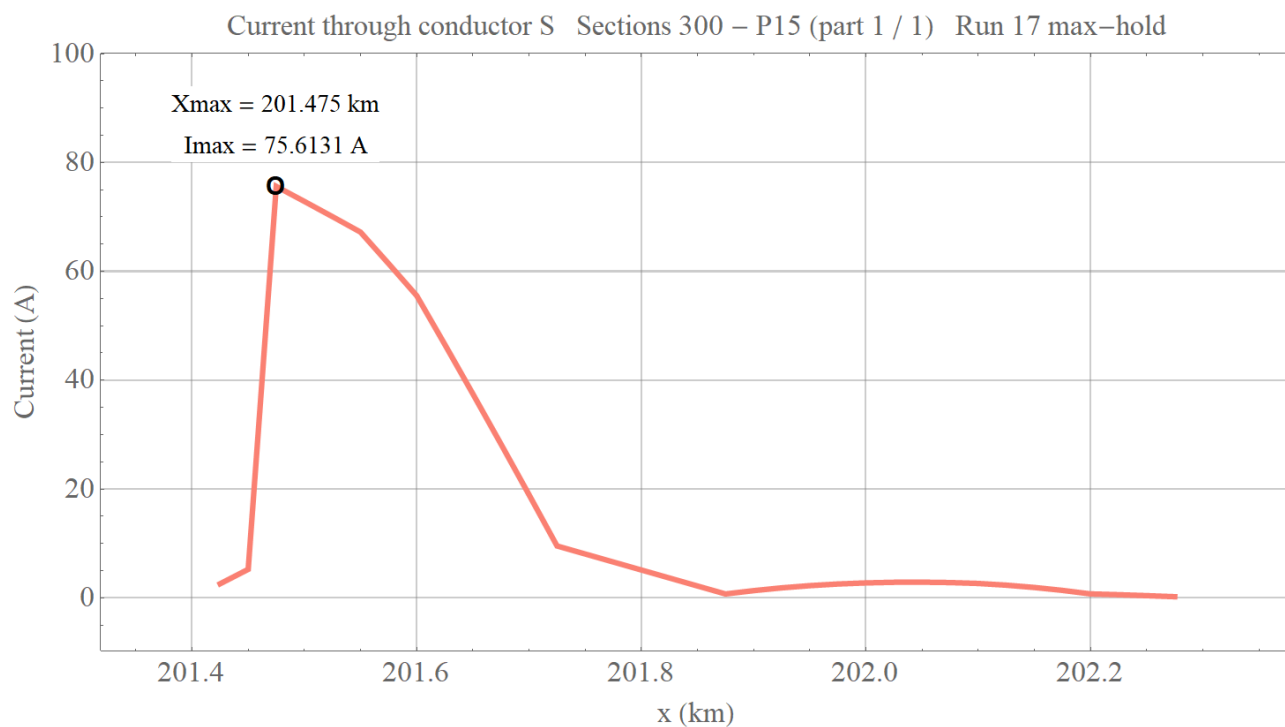
Afbeelding 131: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



Afbeelding 132: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.



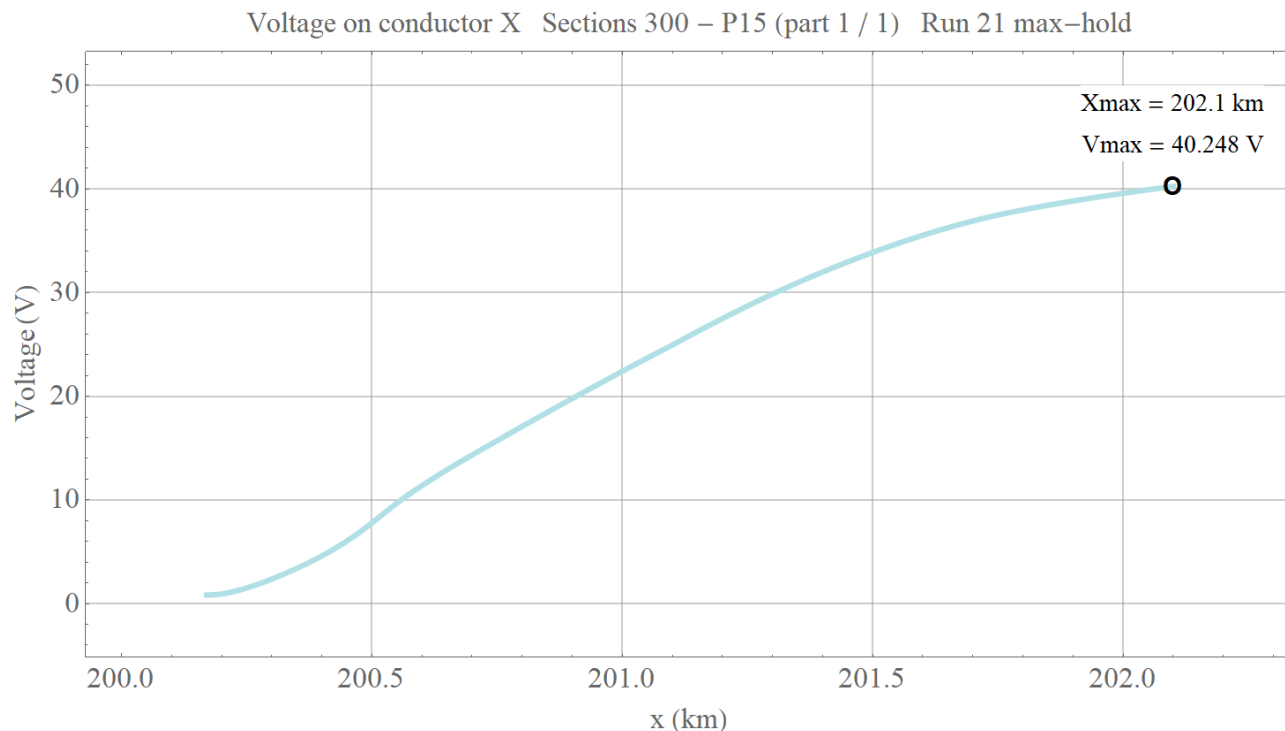
Afbeelding 133: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



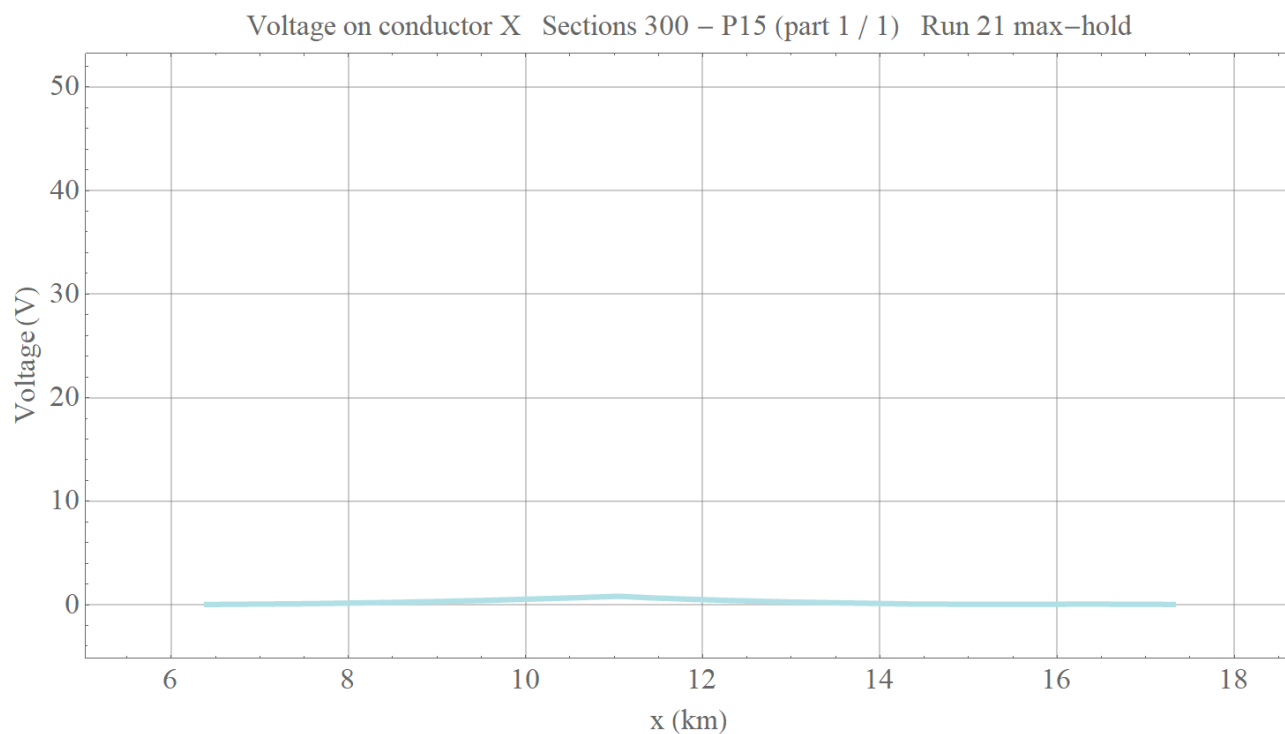
Afbeelding 134: Maximaal optredende stroom door spoor dieseleplacement (geleider S) op opstelrein.

9.3 ProRail 100 Ωkm

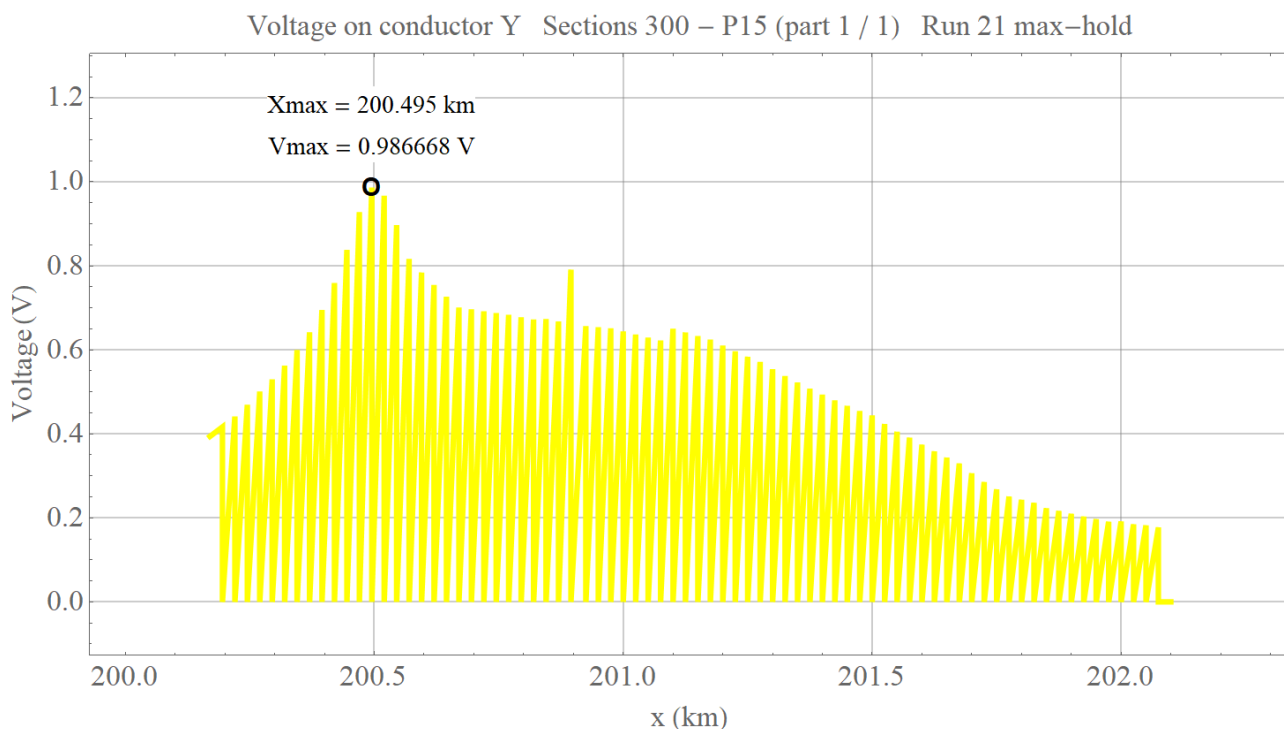
a. Normaal bedrijf (10% asymmetrie)



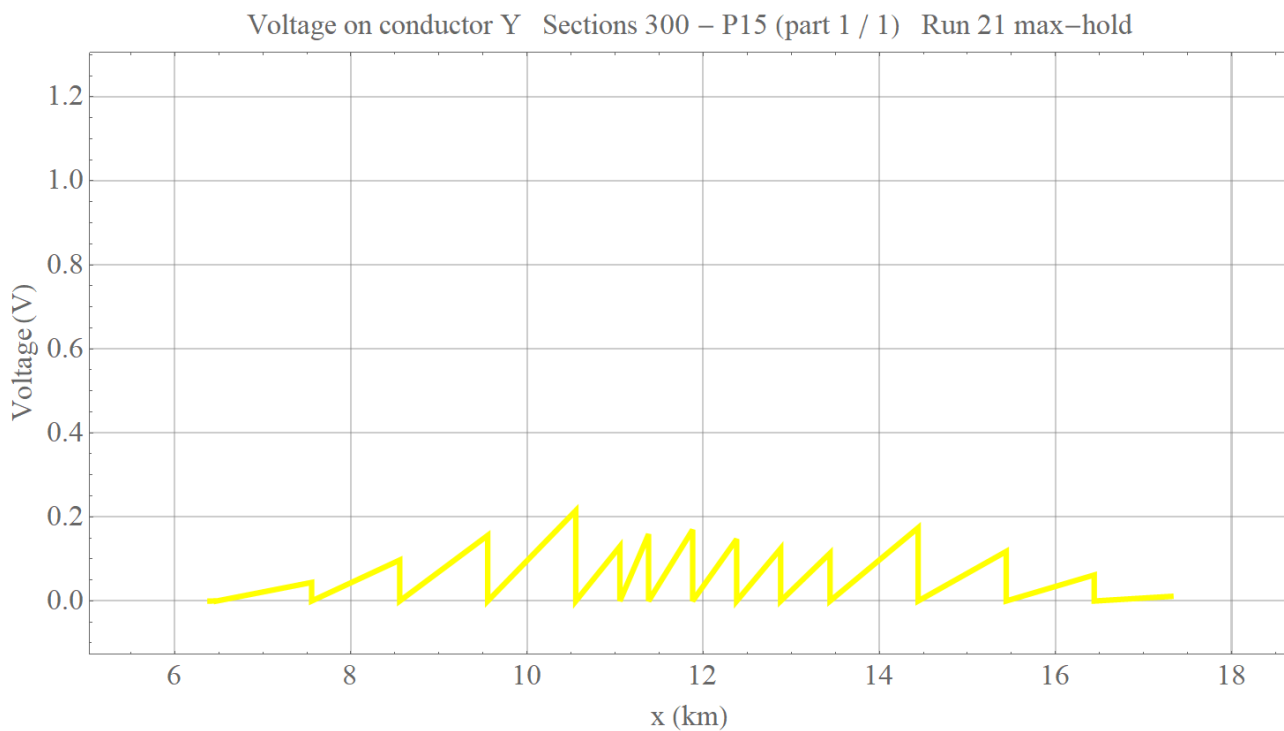
Afbeelding 135: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op opstelsterrein.



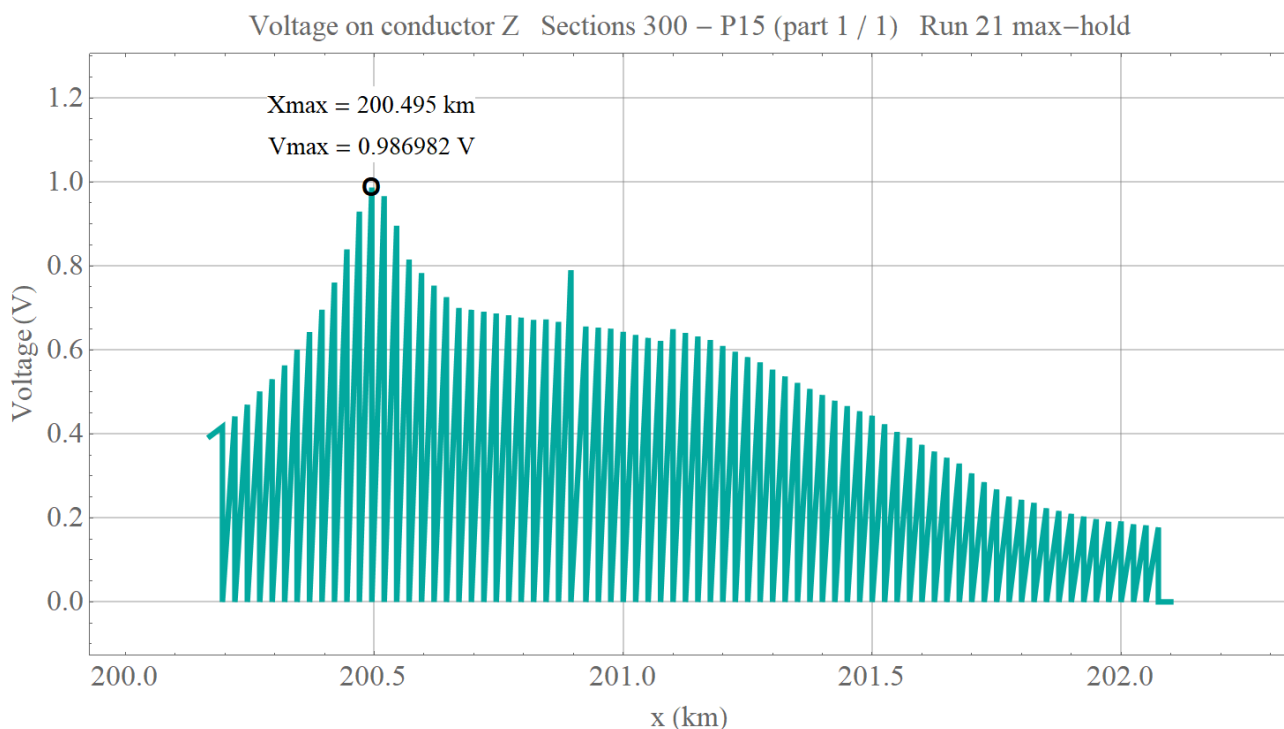
Afbeelding 136: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



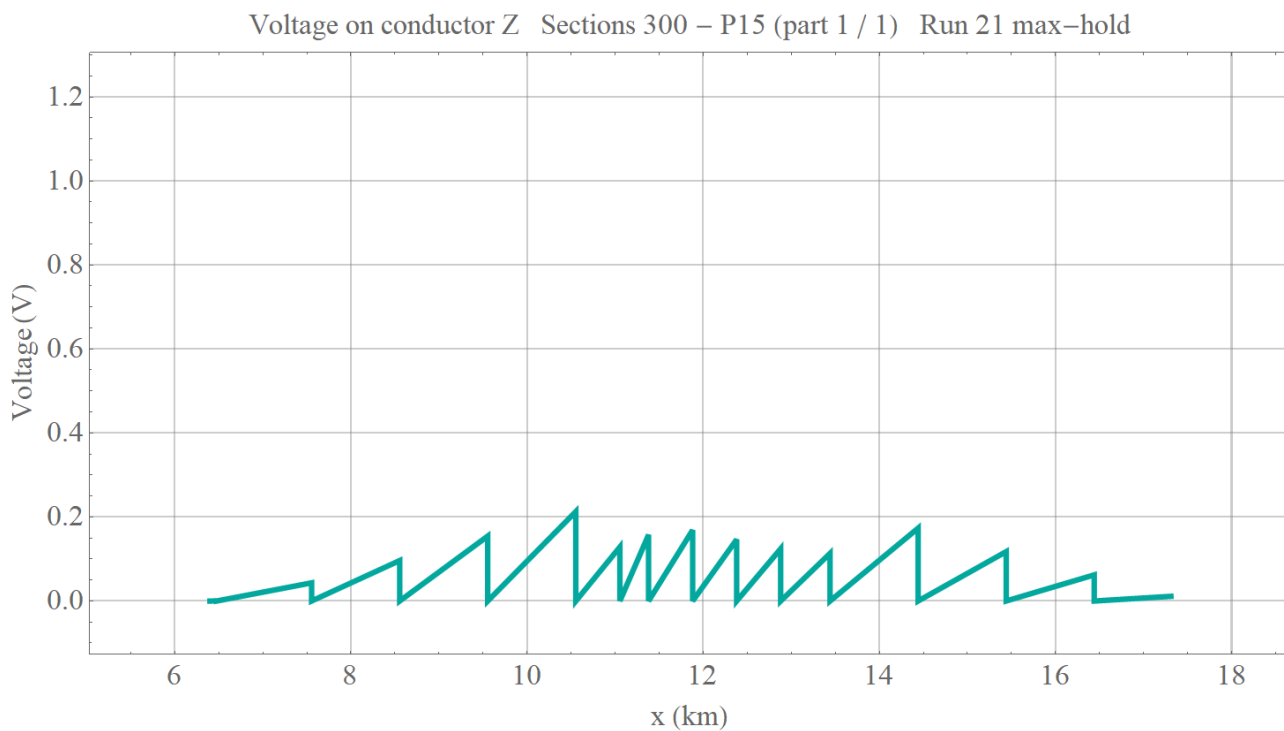
Afbeelding 137: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op opstelsterrein.



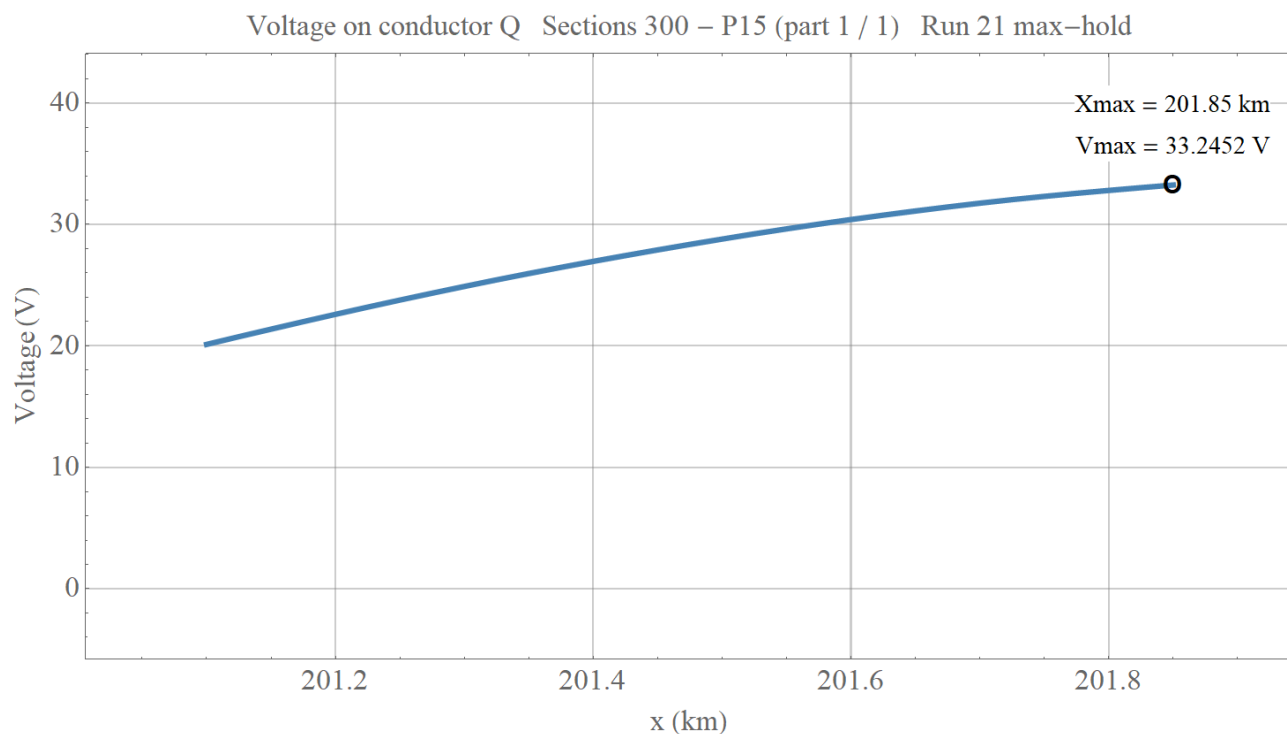
Afbeelding 138: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



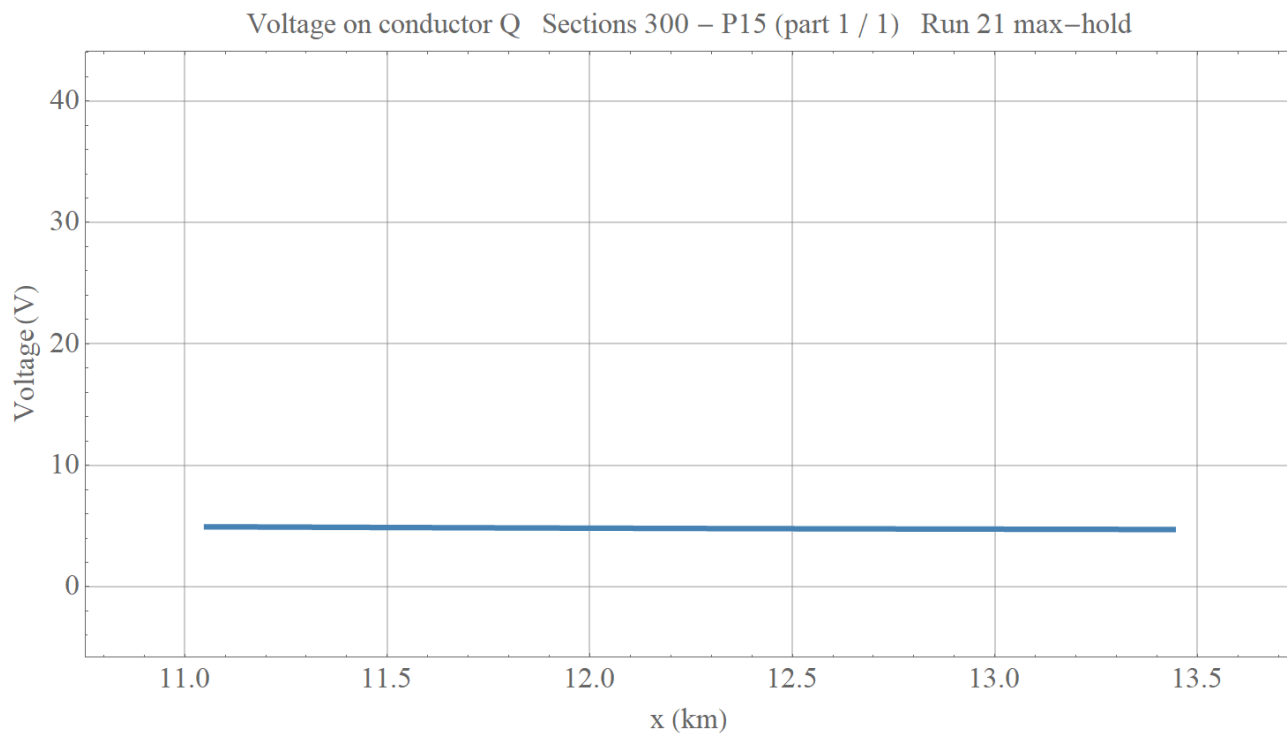
Afbeelding 139: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op opstelsterrein.



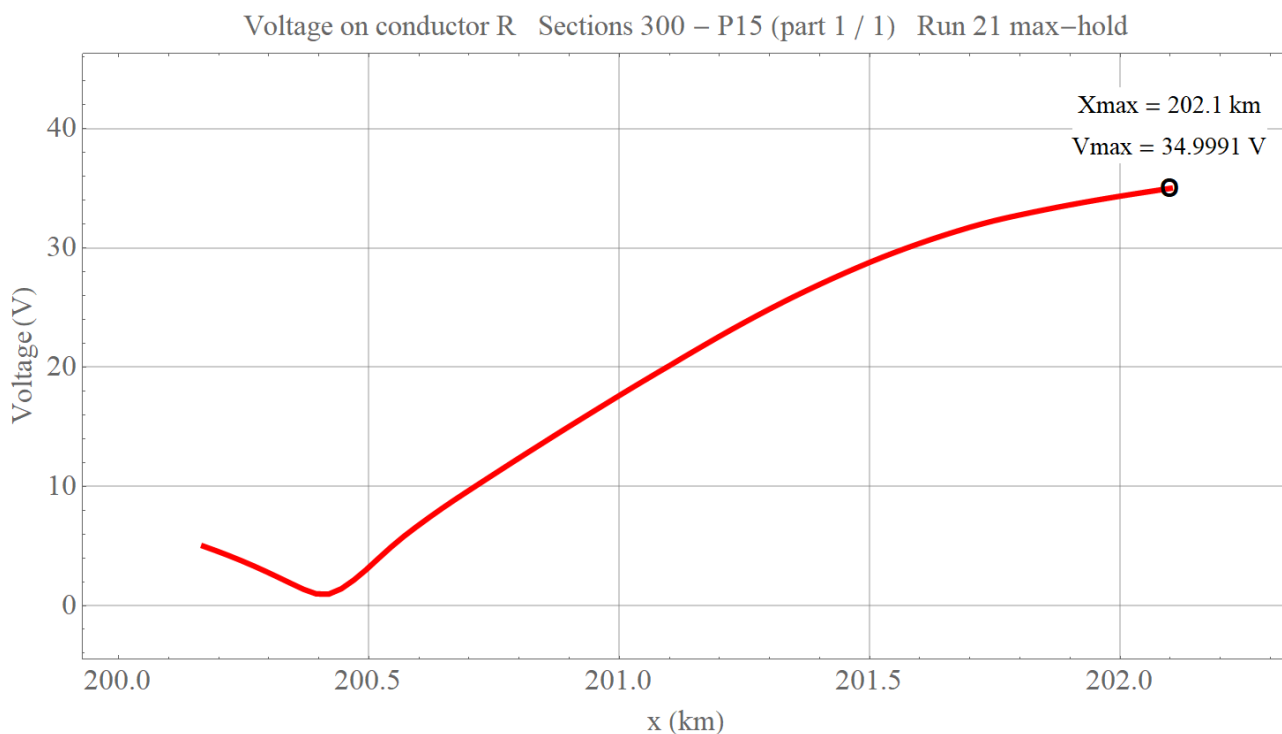
Afbeelding 140: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



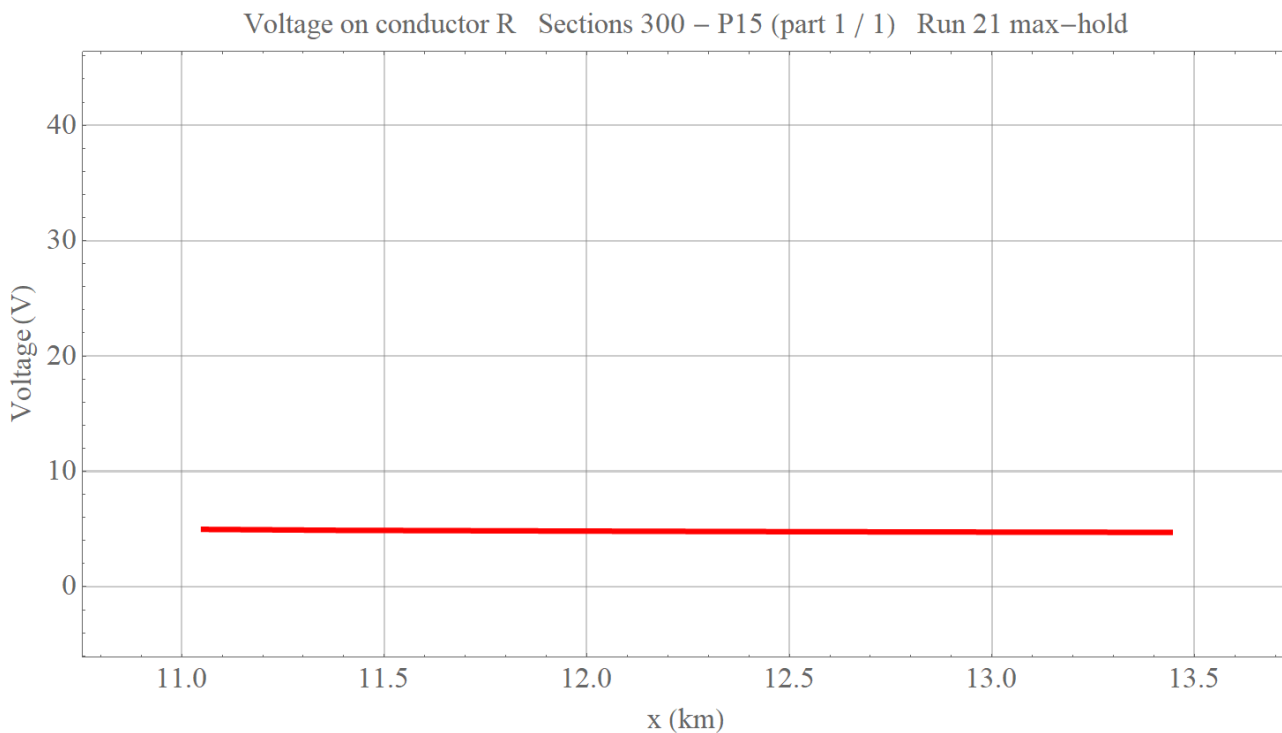
Afbeelding 141: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



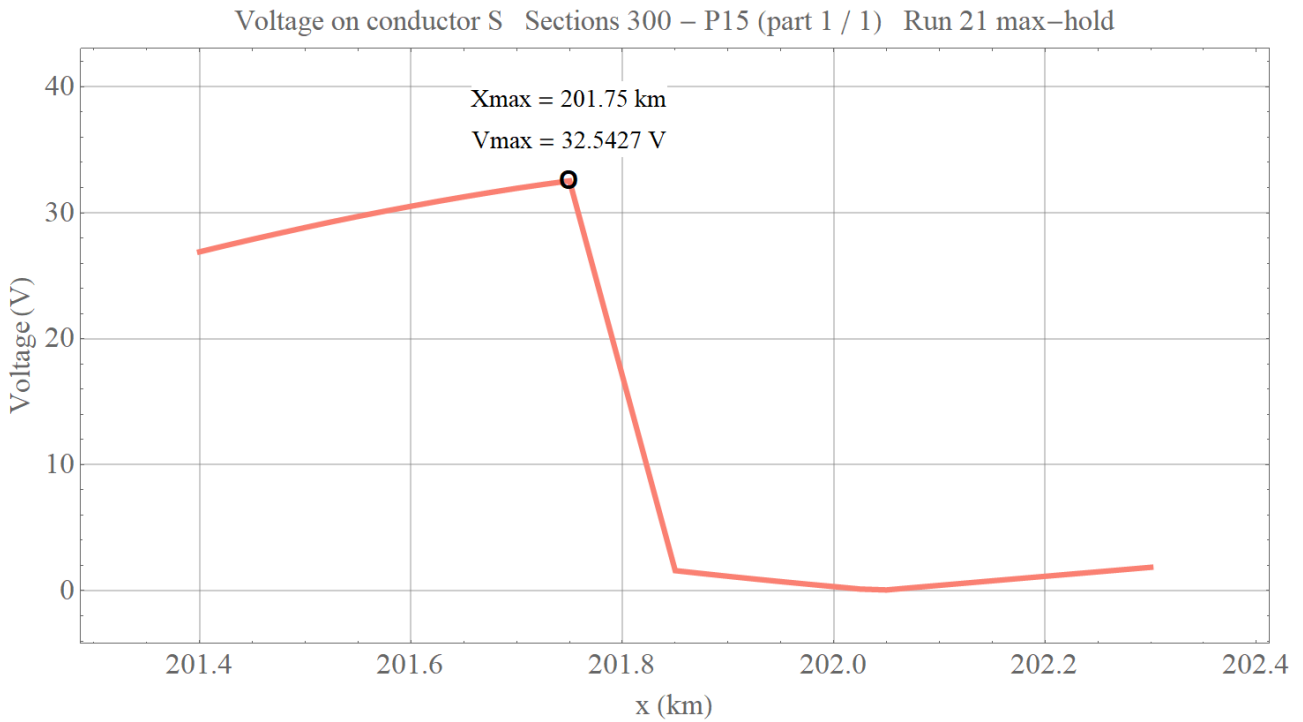
Afbeelding 142: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



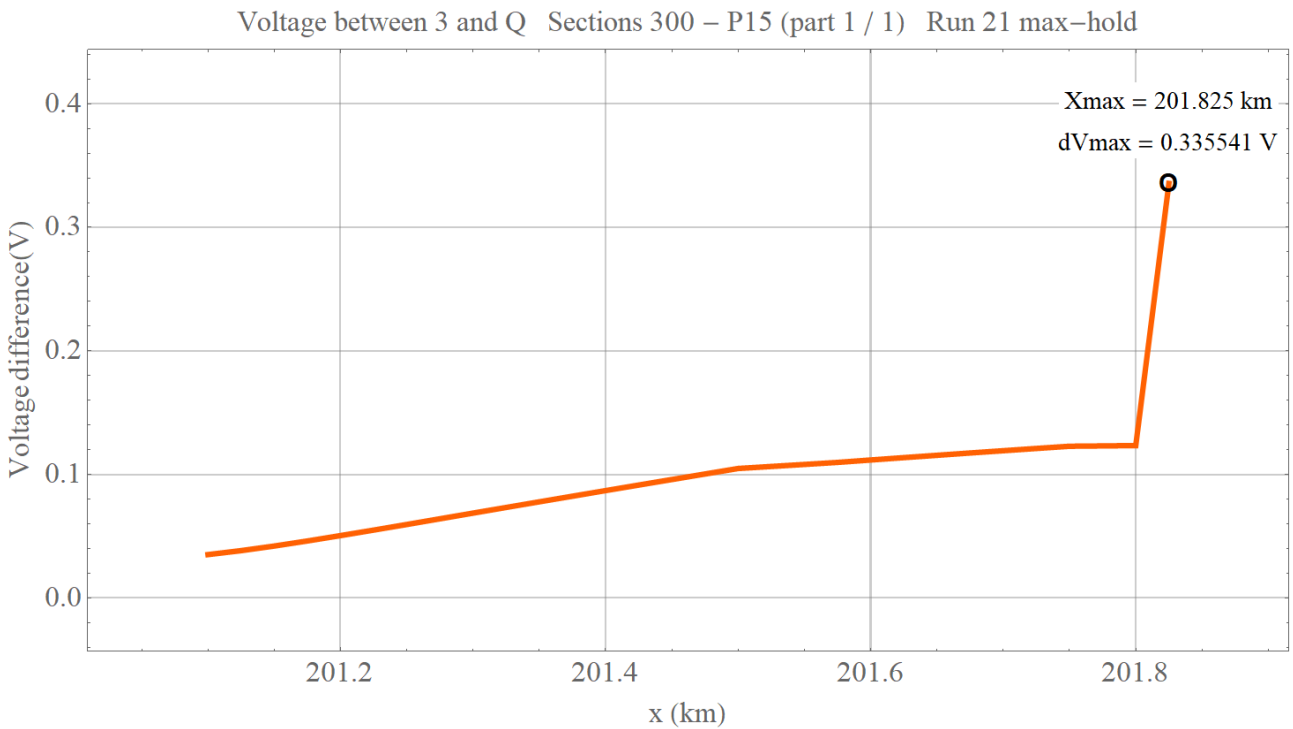
Afbeelding 143: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.



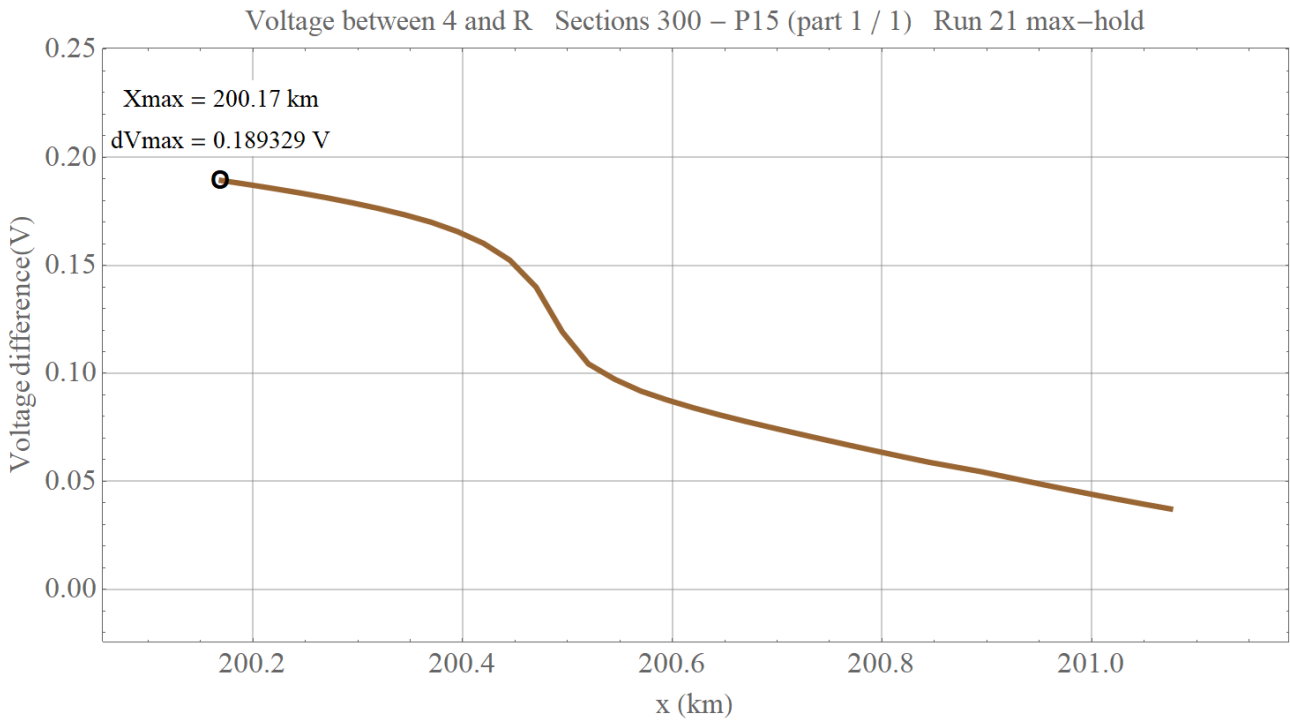
Afbeelding 144: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



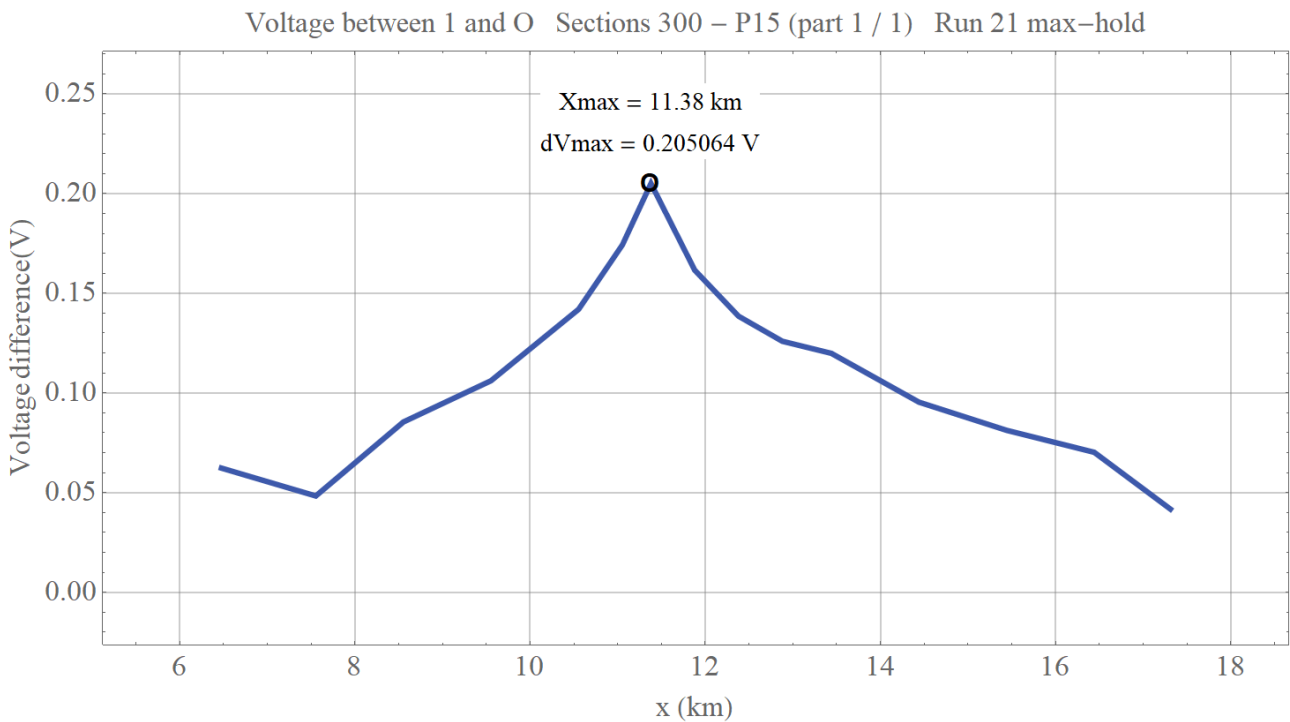
Afbeelding 145: Maximaal optredende spanning voor spoor dieselement (geleider S) op opstelrein.



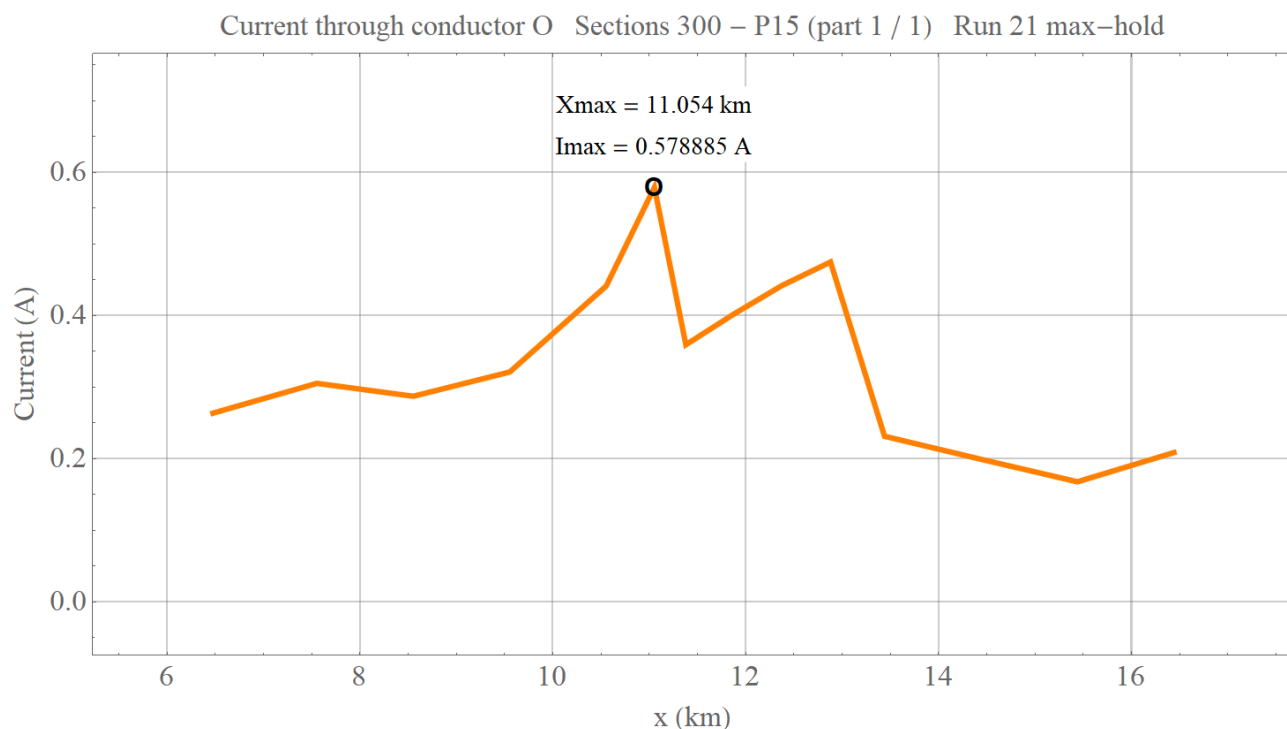
Afbeelding 146: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoorelement 1 (geleider 3 en Q) op opstelrein.



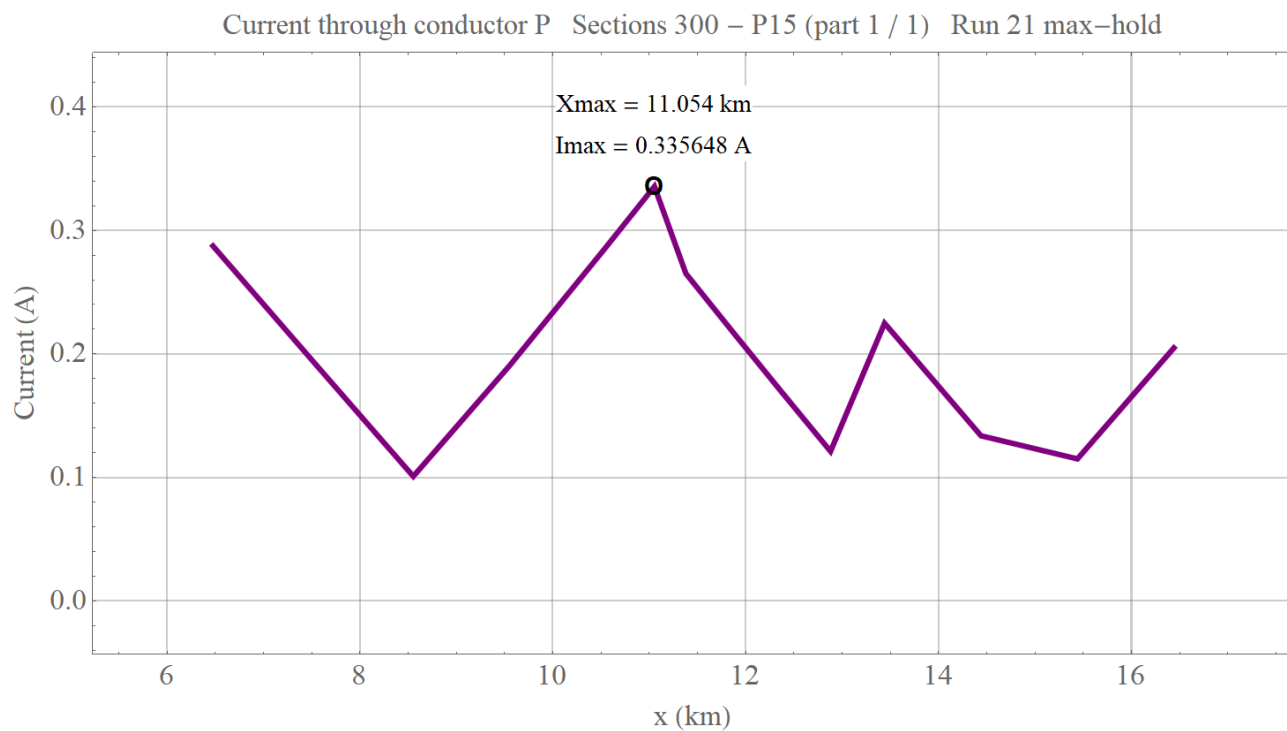
Afbeelding 147: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en sporeplacement 2 (geleider 4 en R) op opstelrein.



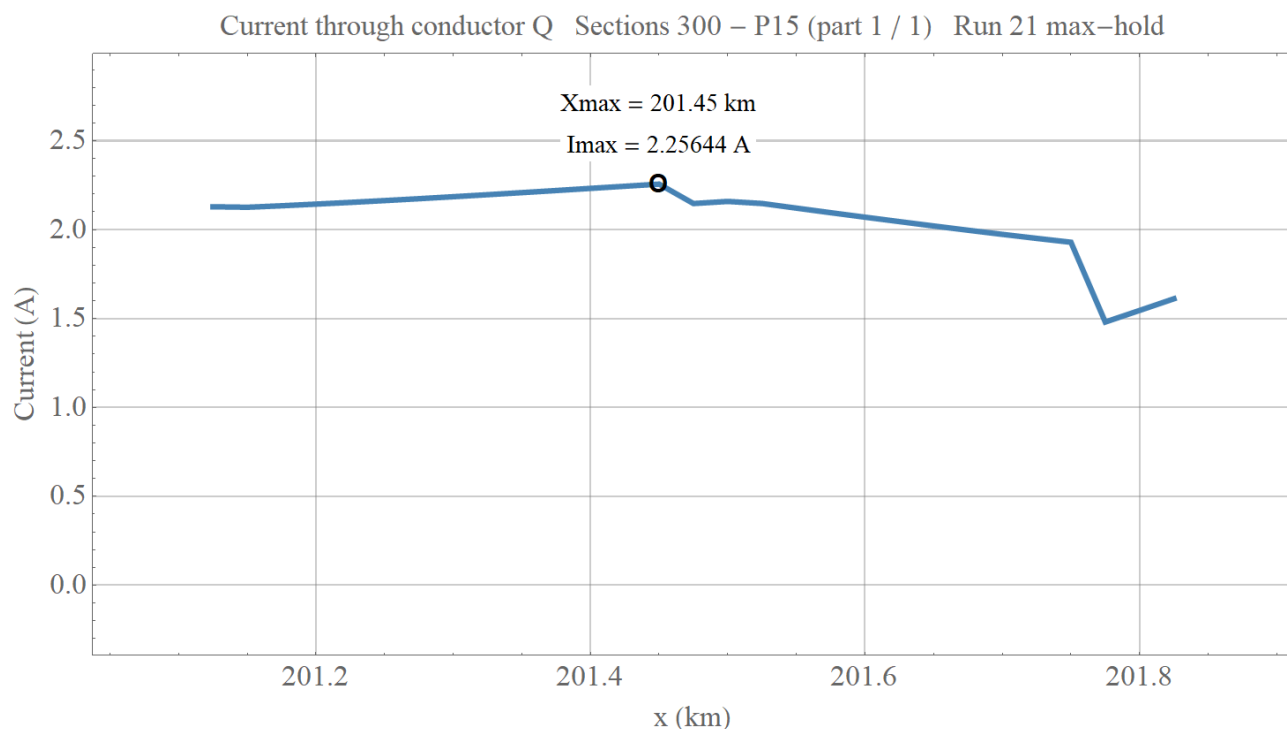
Afbeelding 148: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoor (geleider 1 en O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



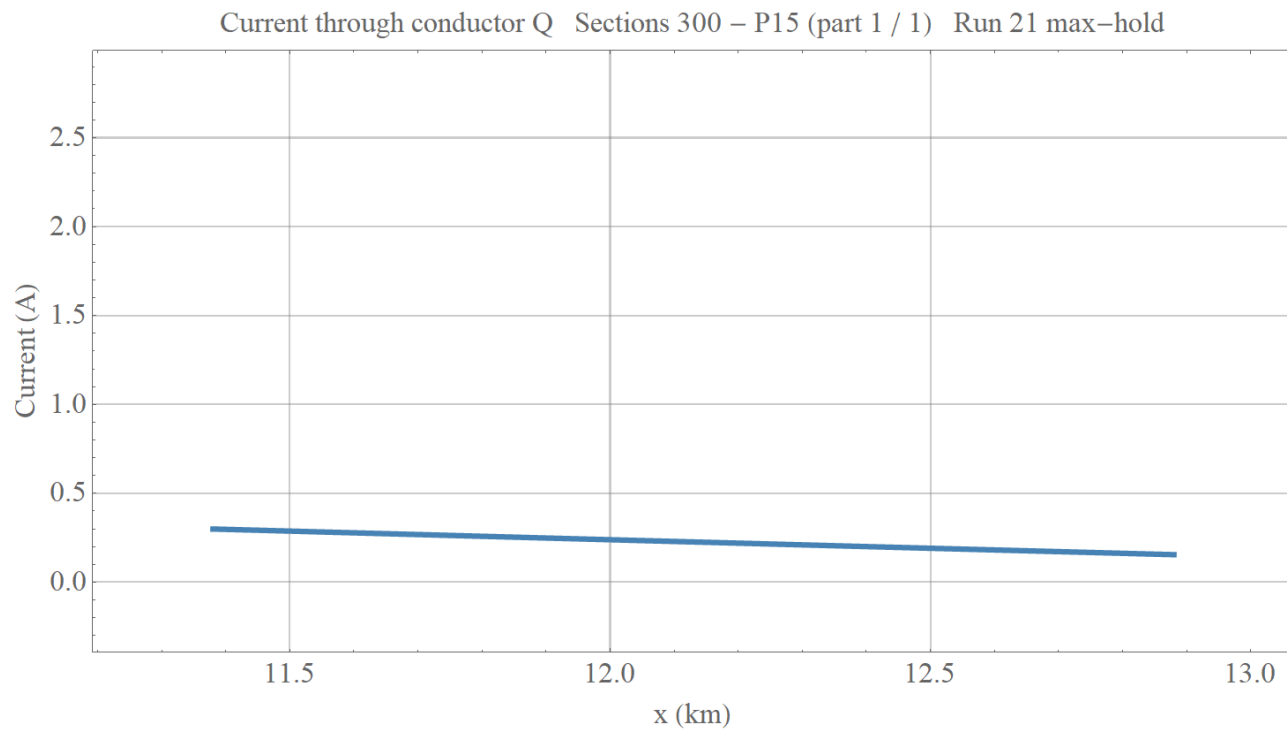
Afbeelding 149: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



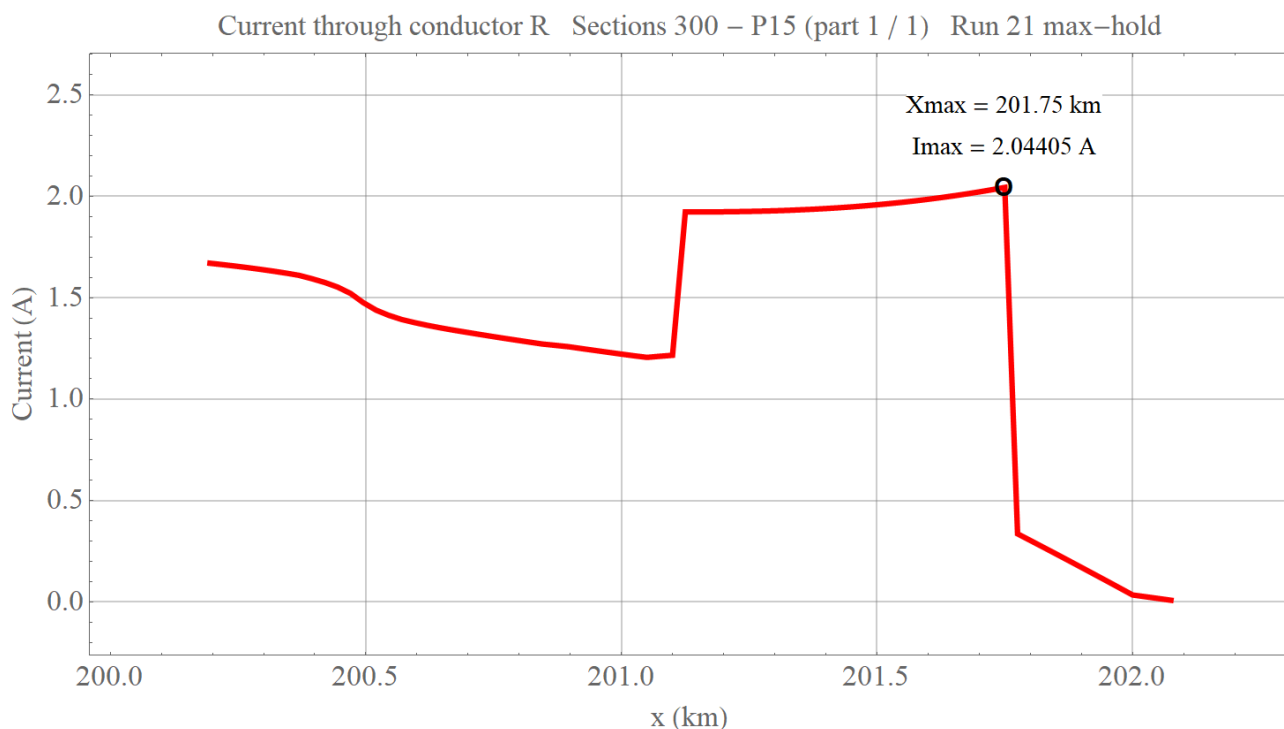
Afbeelding 150: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider P) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



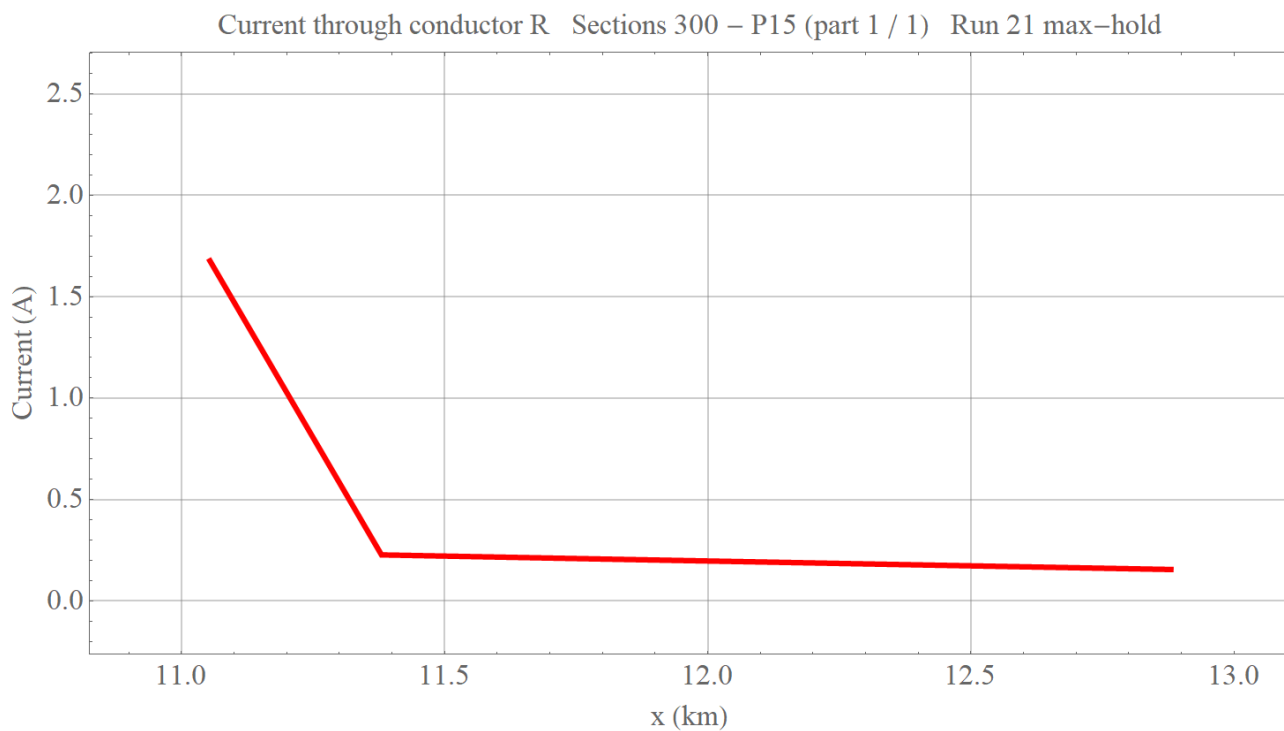
Afbeelding 151: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



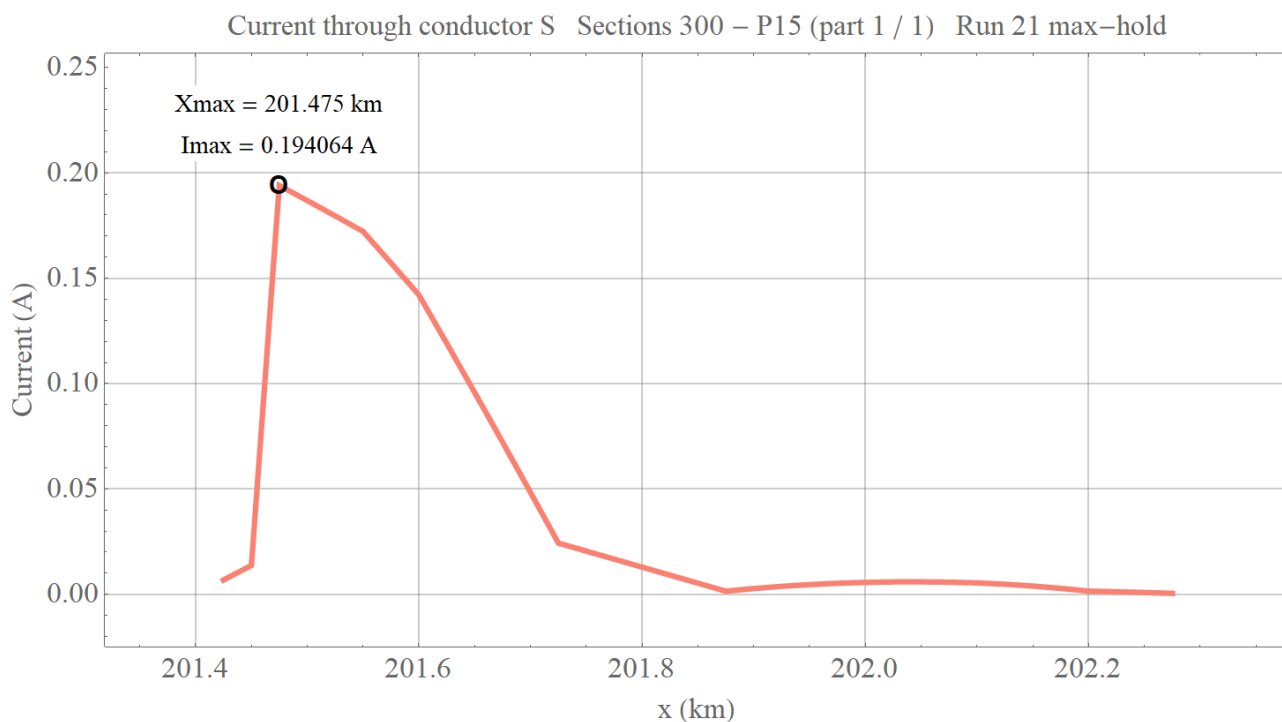
Afbeelding 152: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



Afbeelding 153: Maximaal optredende stroom door sporeplacement 2 (geleider R) op opstelsterrein.

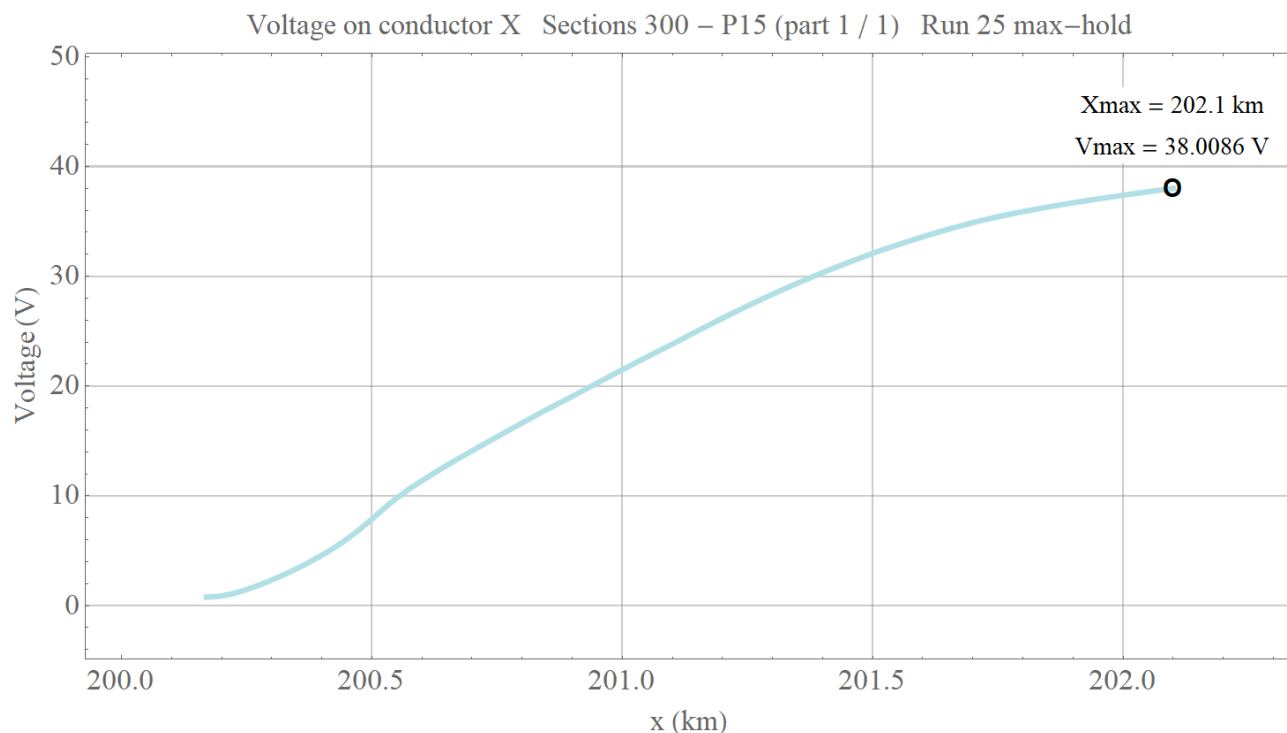


Afbeelding 154: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.

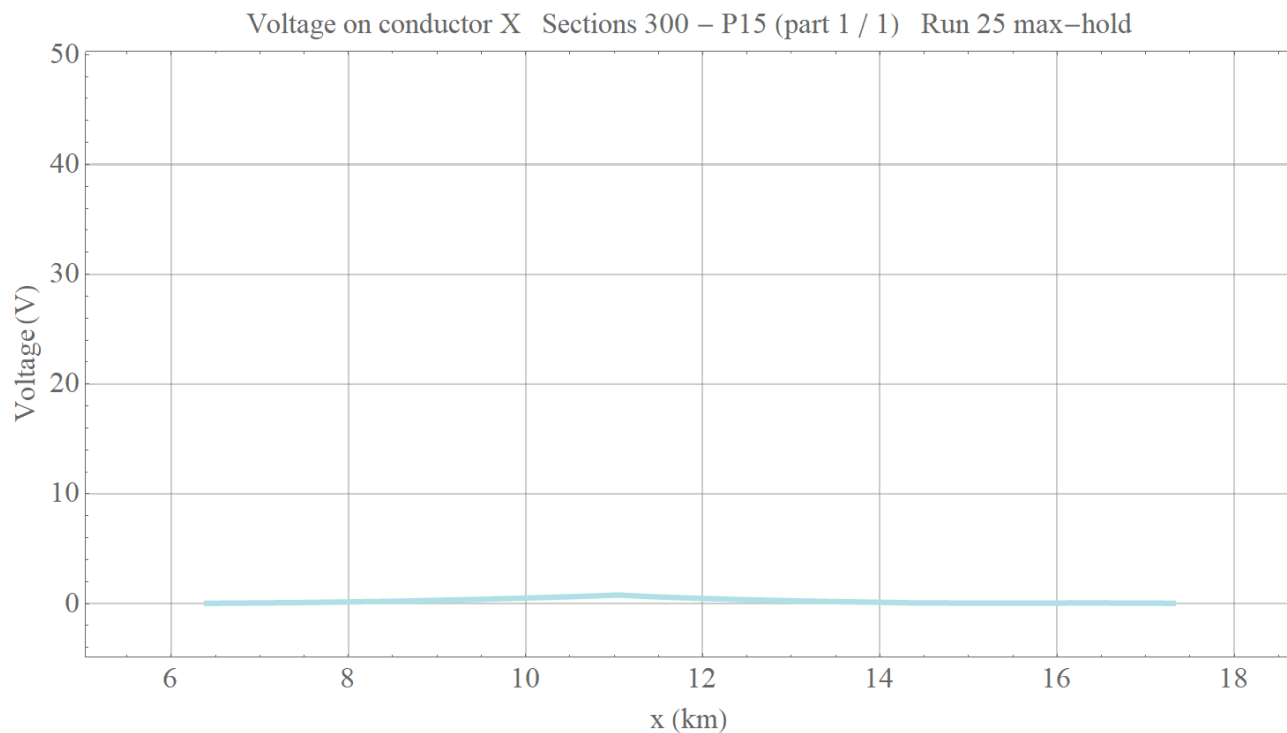


Afbeelding 155: Maximaal optredende stroom door spoor dieselemlacement (geleider S) op opstelrein.

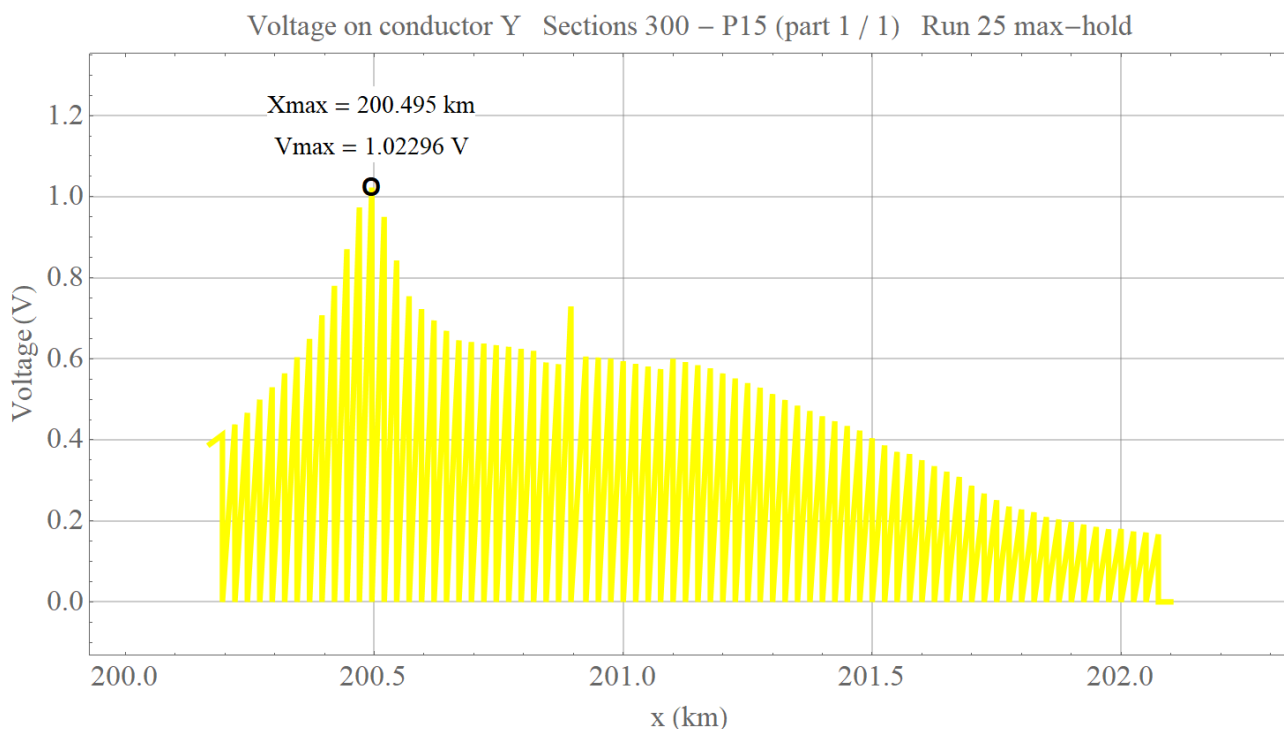
b. Onderhoud (10% asymmetrie)



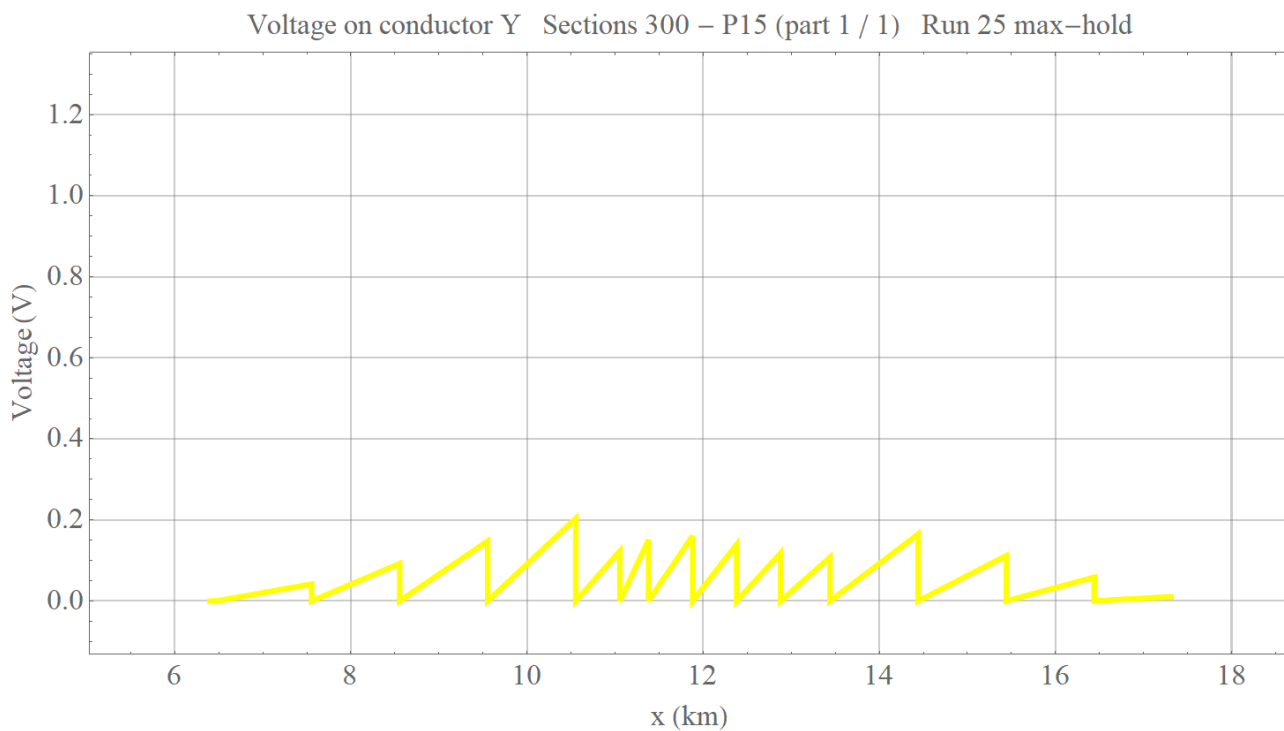
Afbeelding 156: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op opstel terrein.



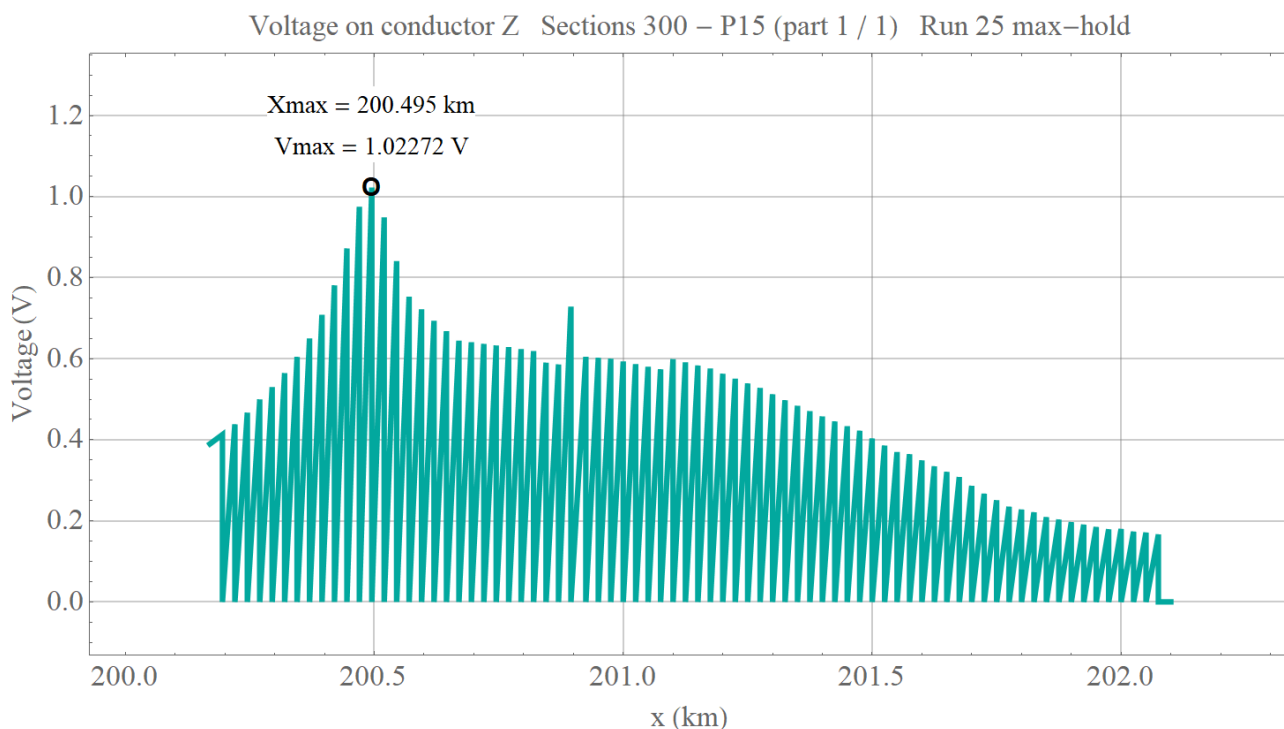
Afbeelding 157: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



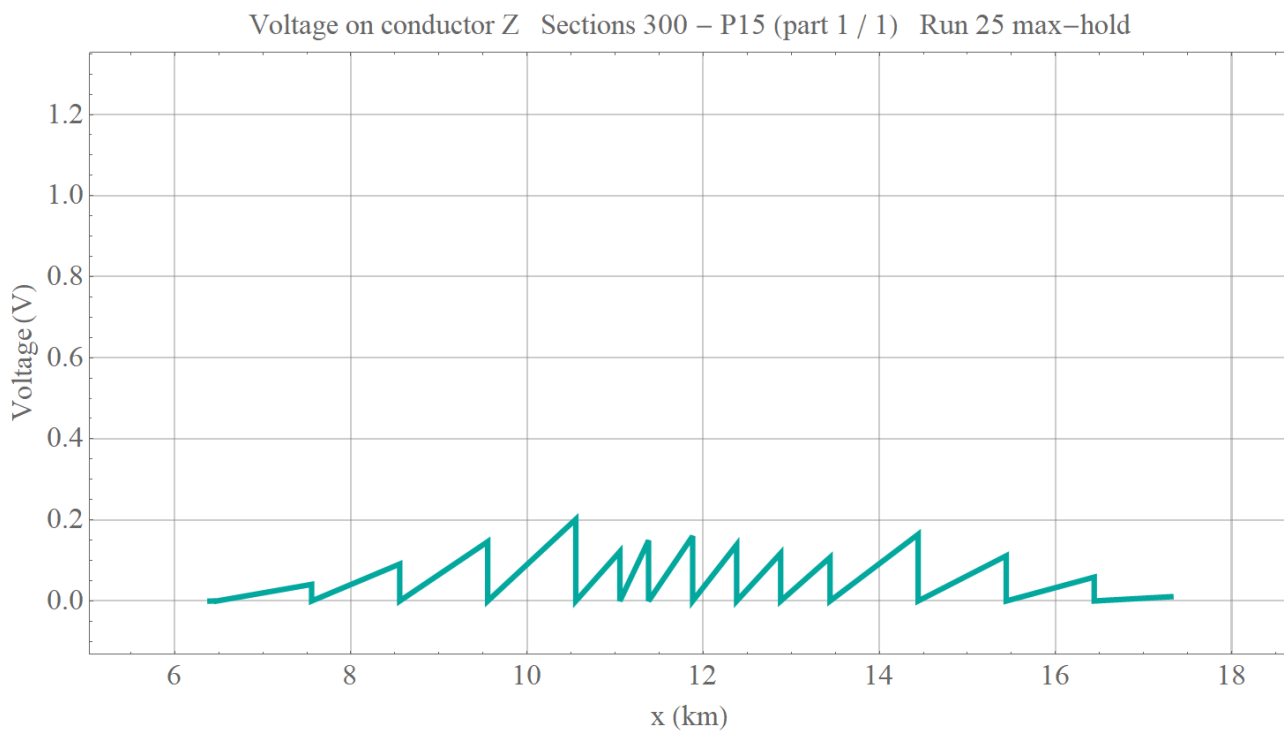
Afbeelding 158: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op opstelterrain.



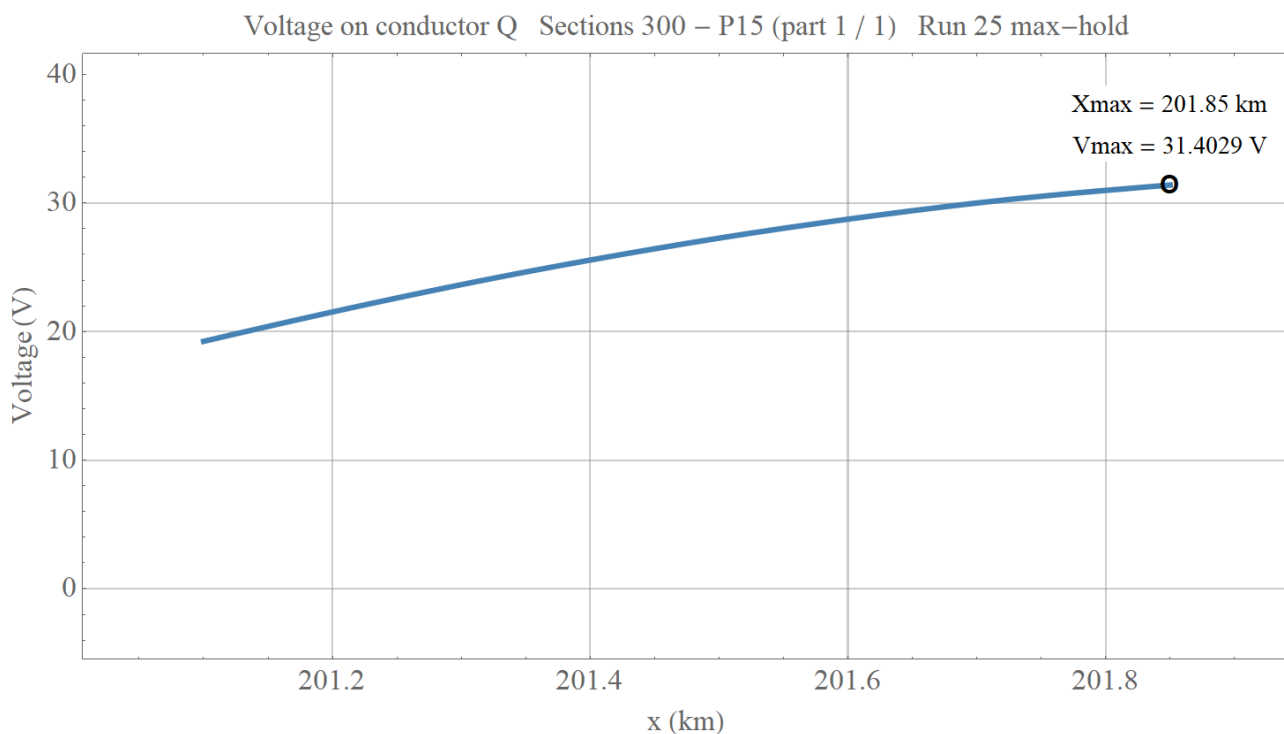
Afbeelding 159: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



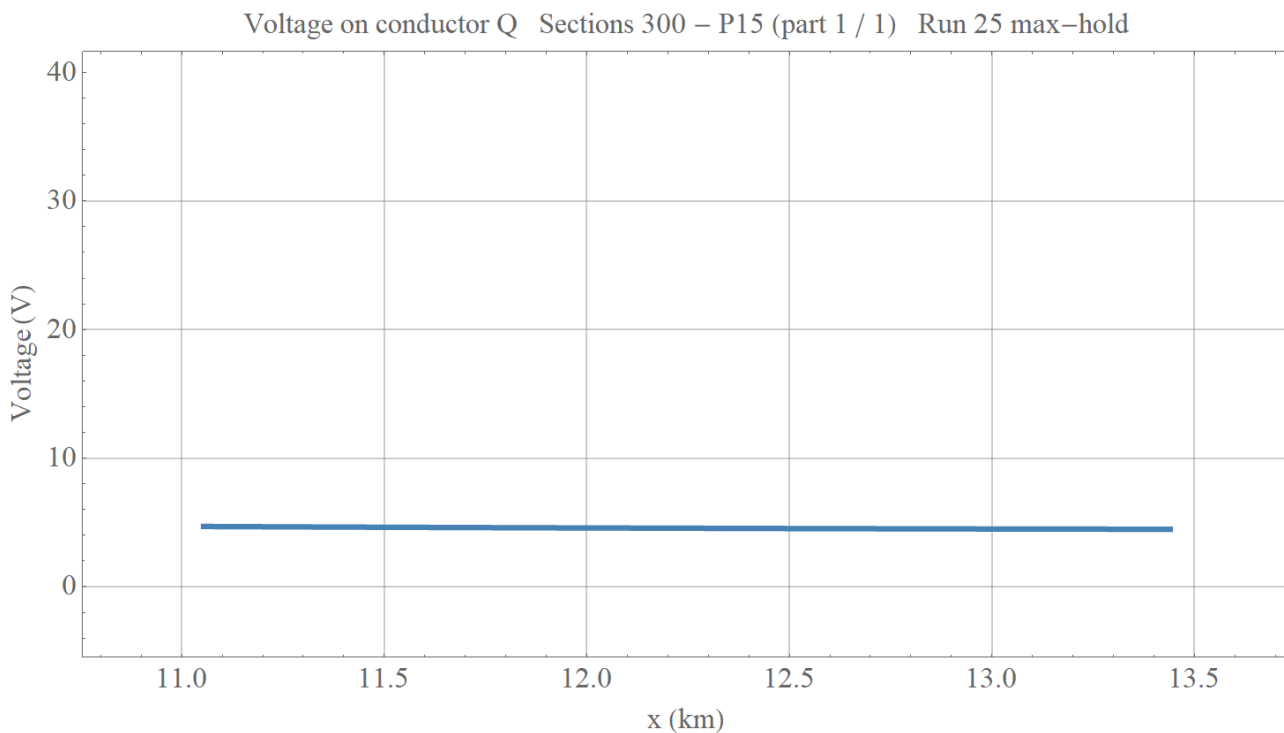
Afbeelding 160: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op opstelterrain.



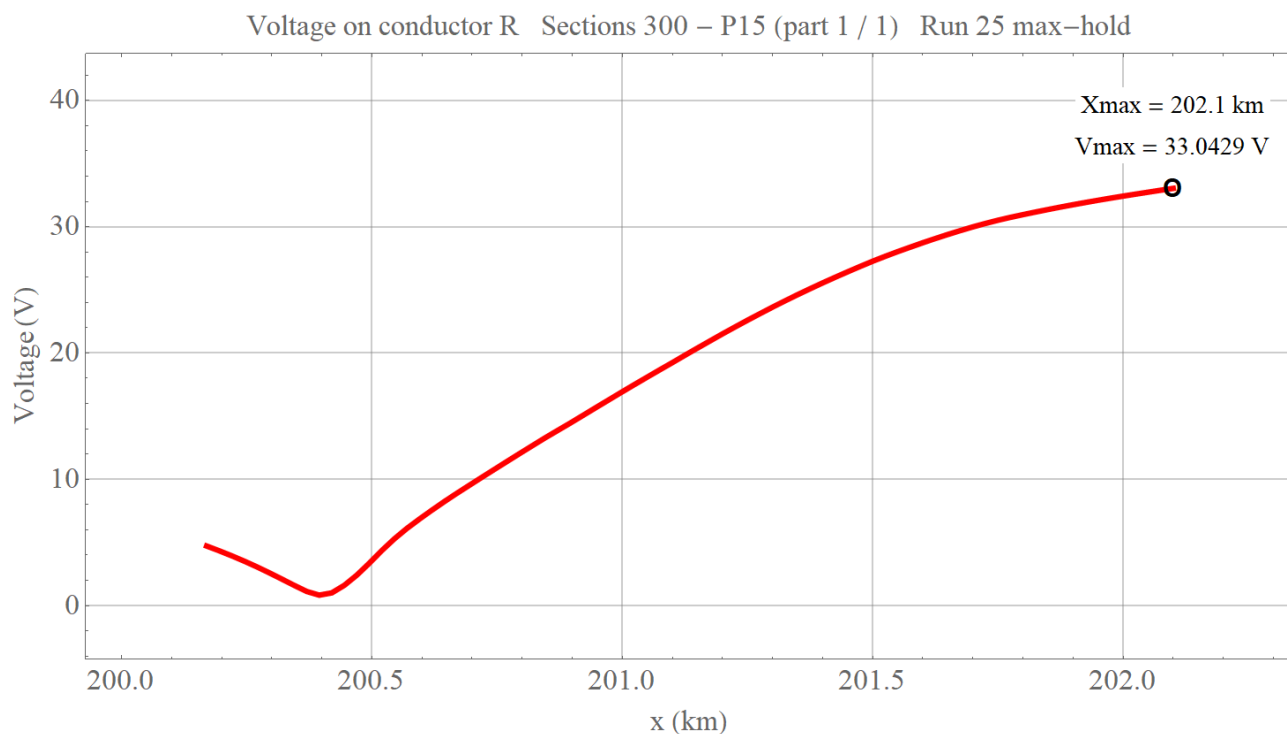
Afbeelding 161: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



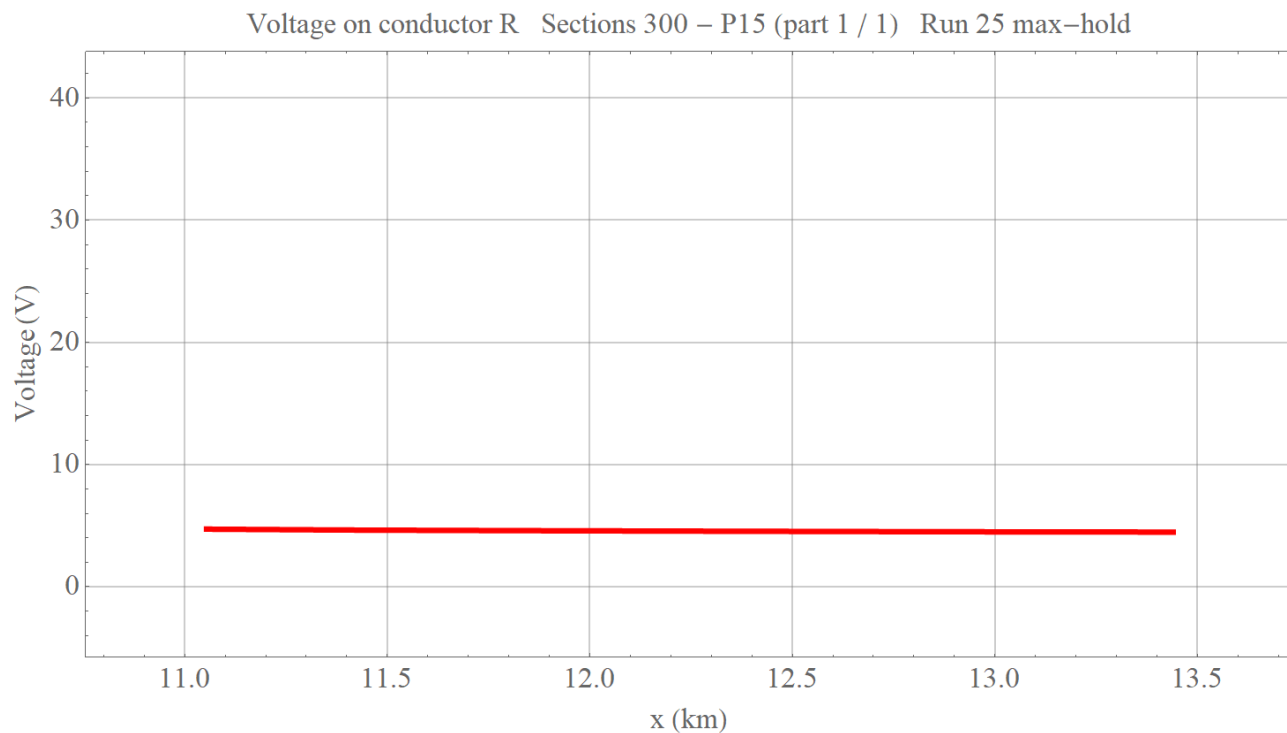
Afbeelding 162: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



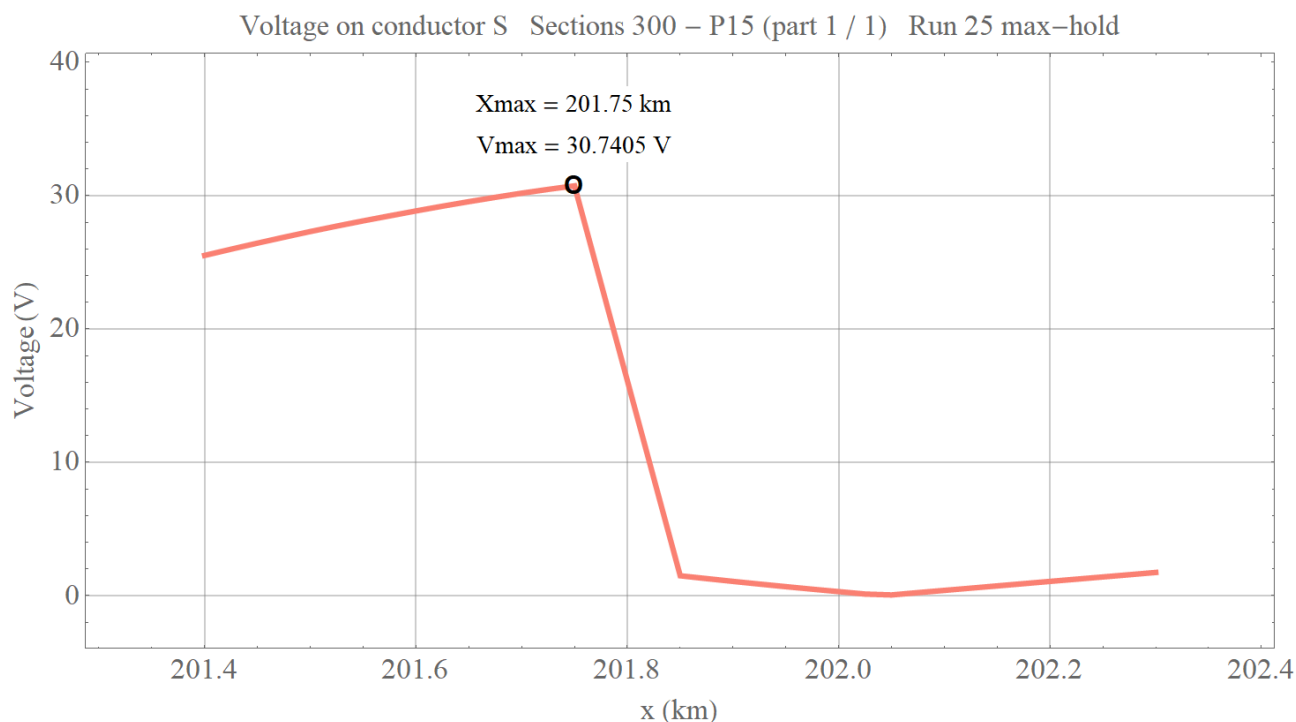
Afbeelding 163: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



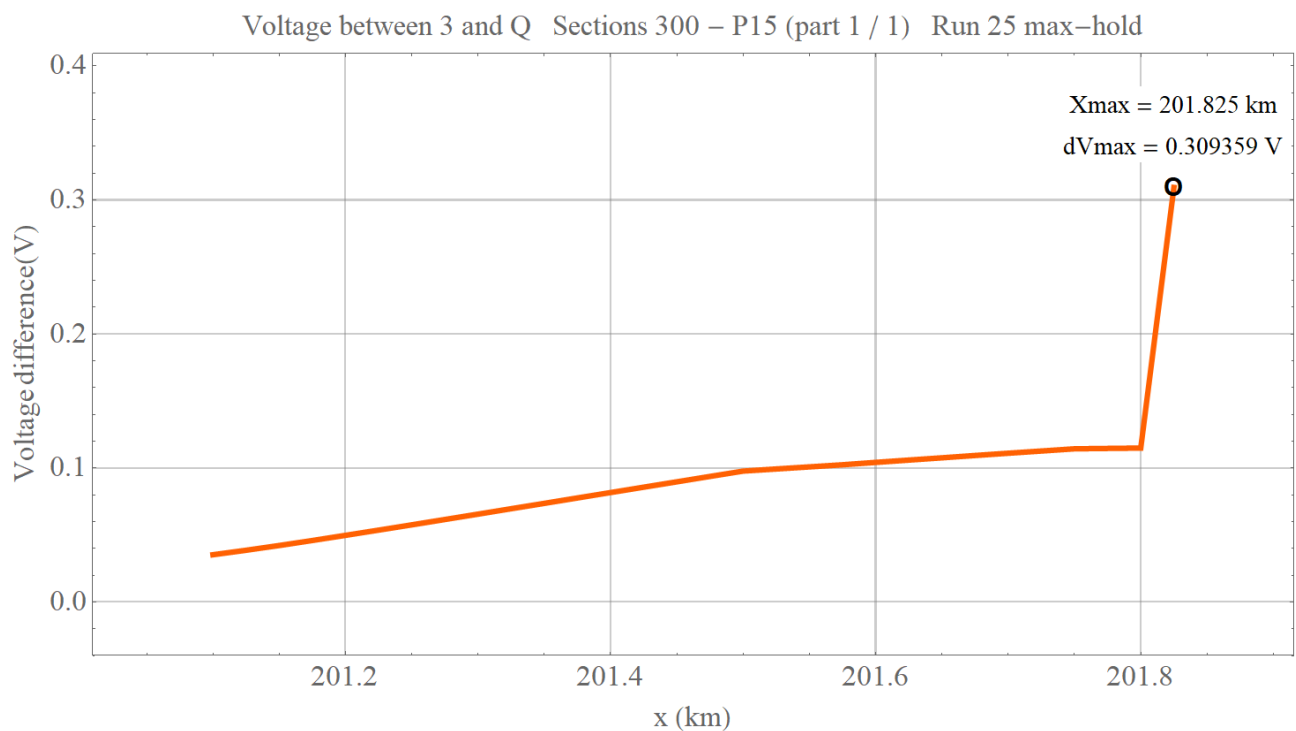
Afbeelding 164: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.



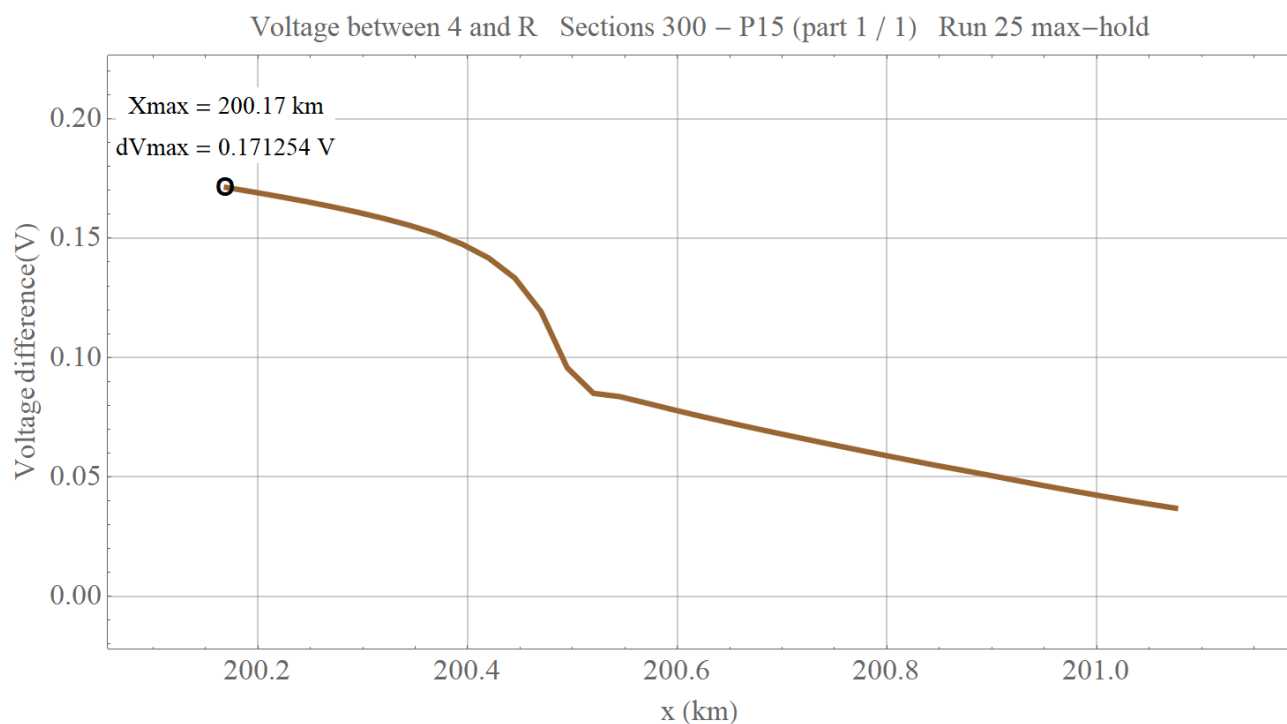
Afbeelding 165: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



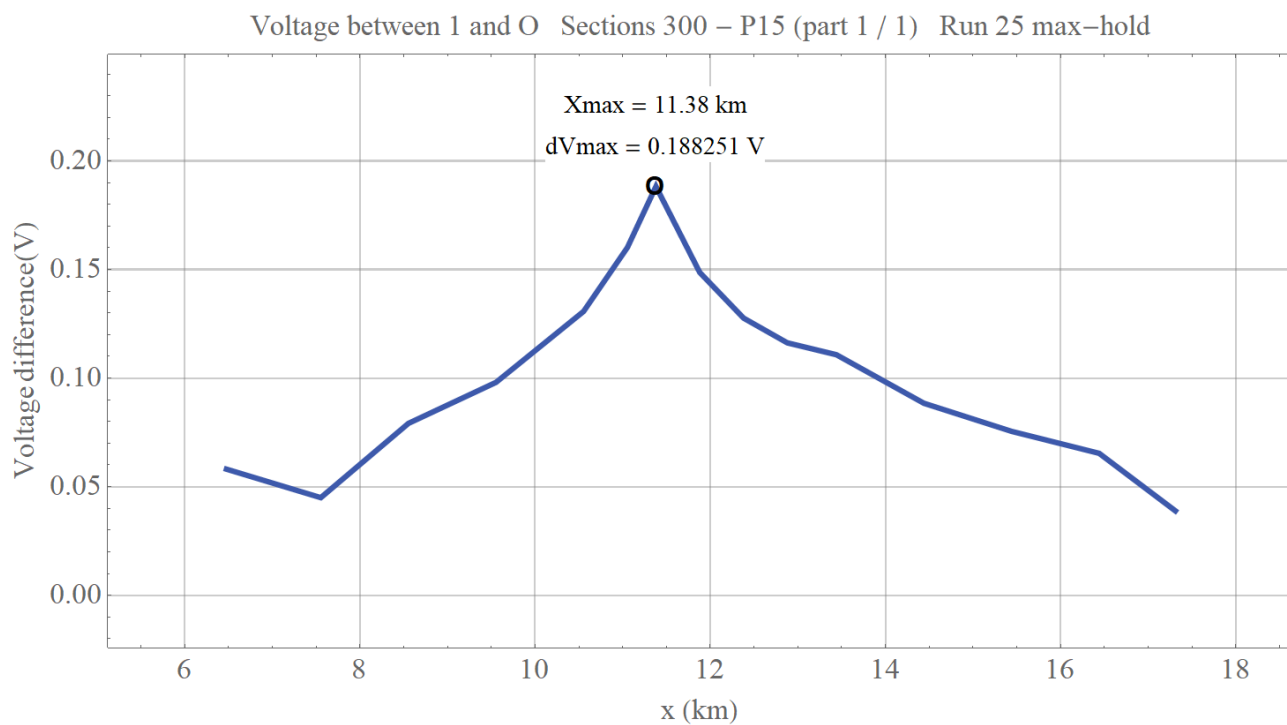
Afbeelding 166: Maximaal optredende spanning voor spoor dieselement (geleider S) op opstelrein.



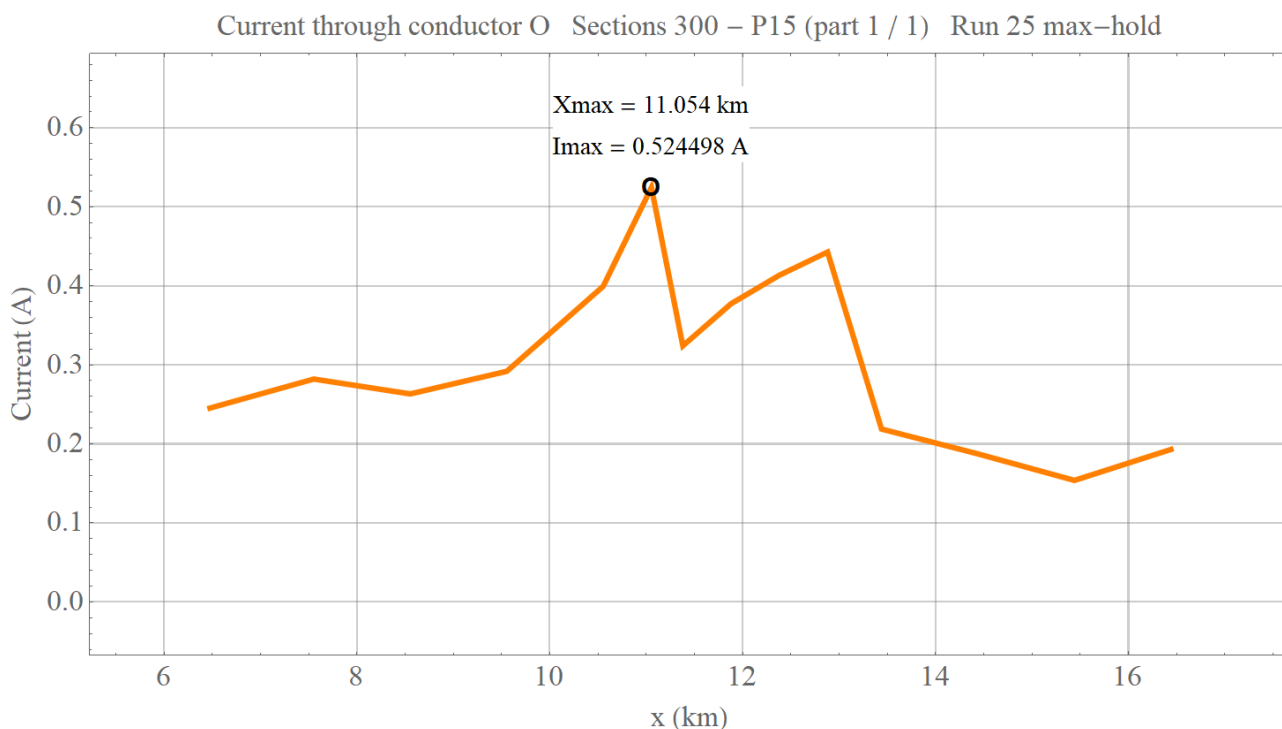
Afbeelding 167: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoorelement 1 (geleider 3 en Q) op opstelrein.



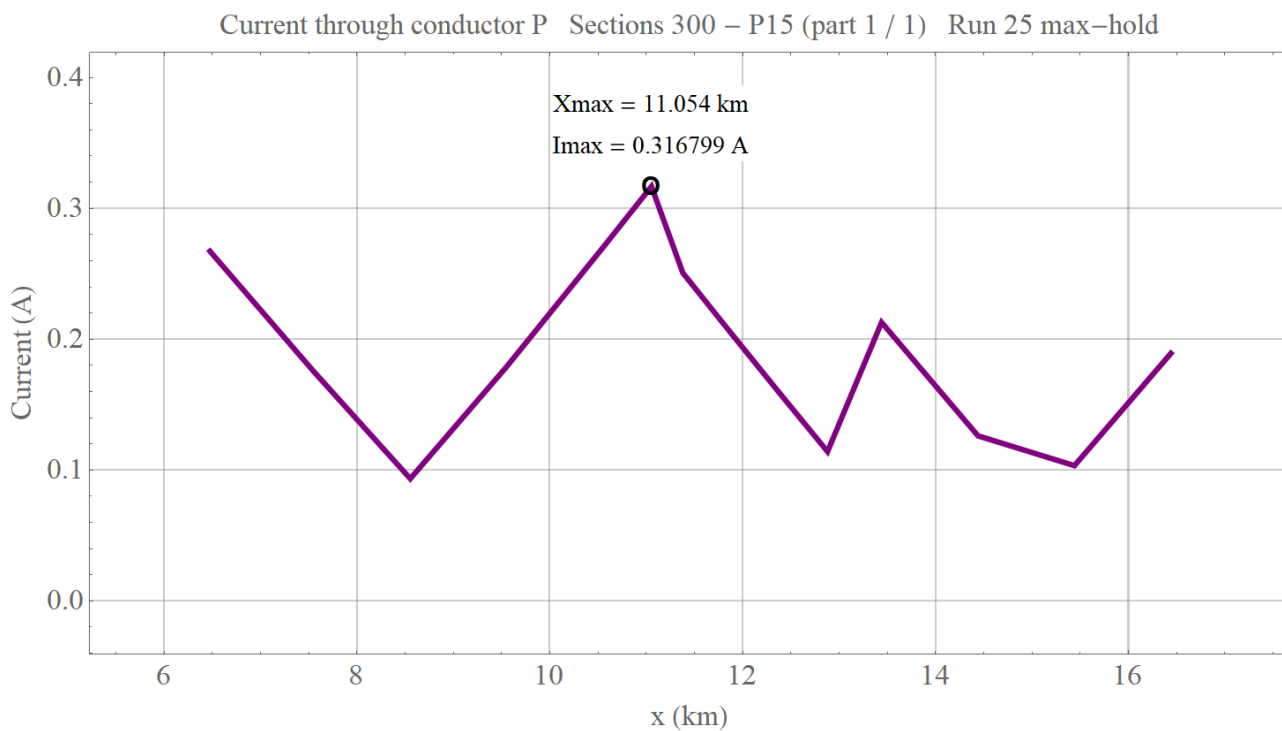
Afbeelding 168: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en sporeplacement 2 (geleider 4 en R) op opstelrein.



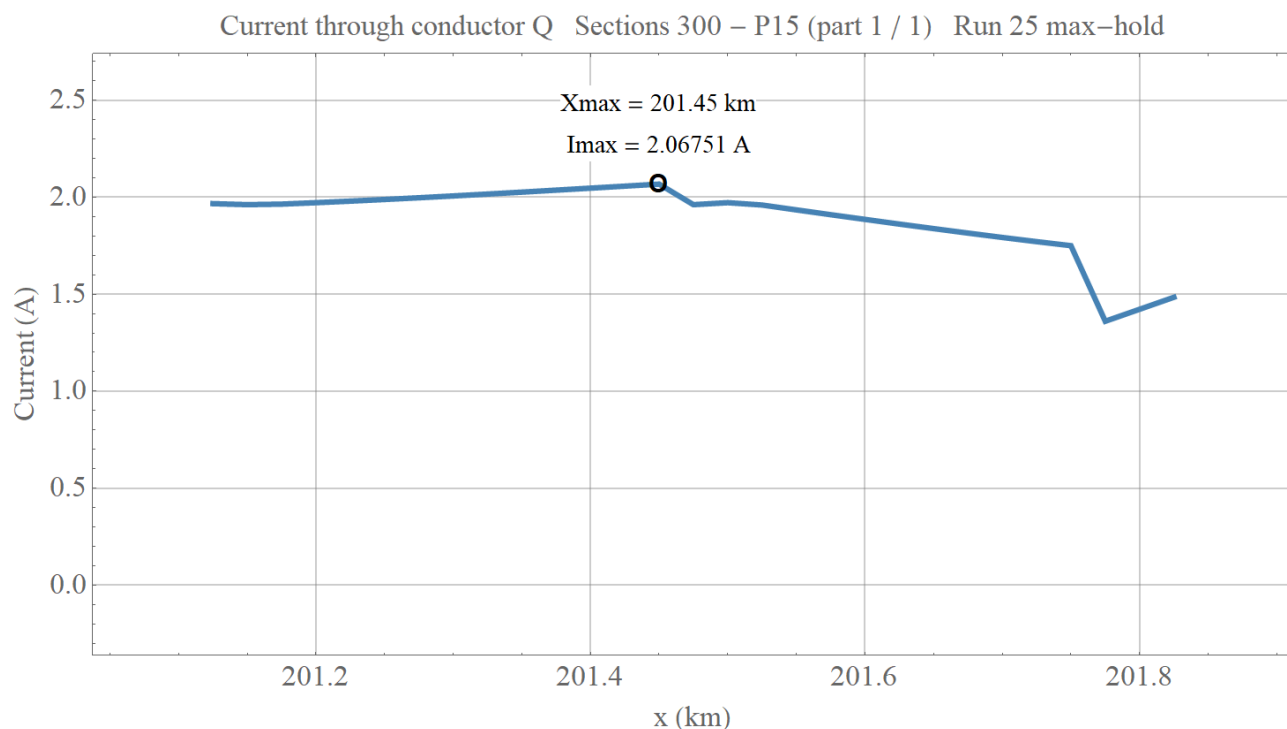
Afbeelding 169: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoor (geleider 1 en O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



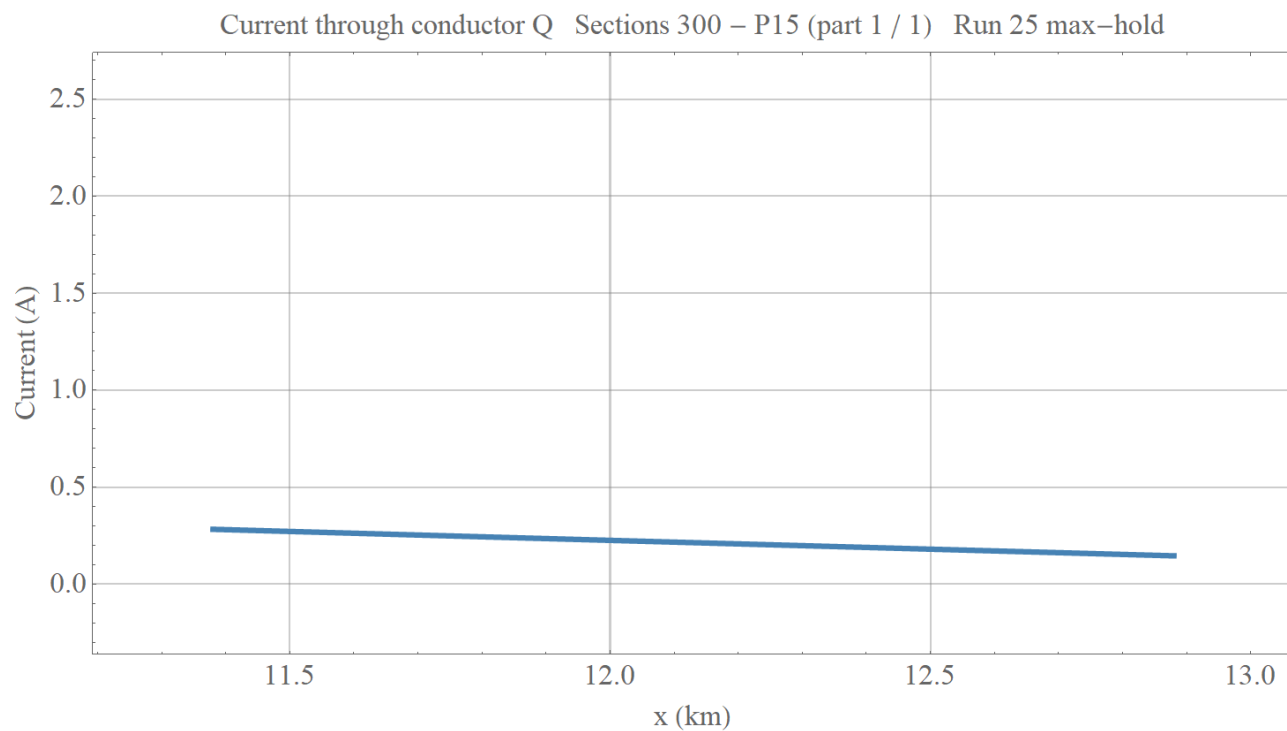
Afbeelding 170: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



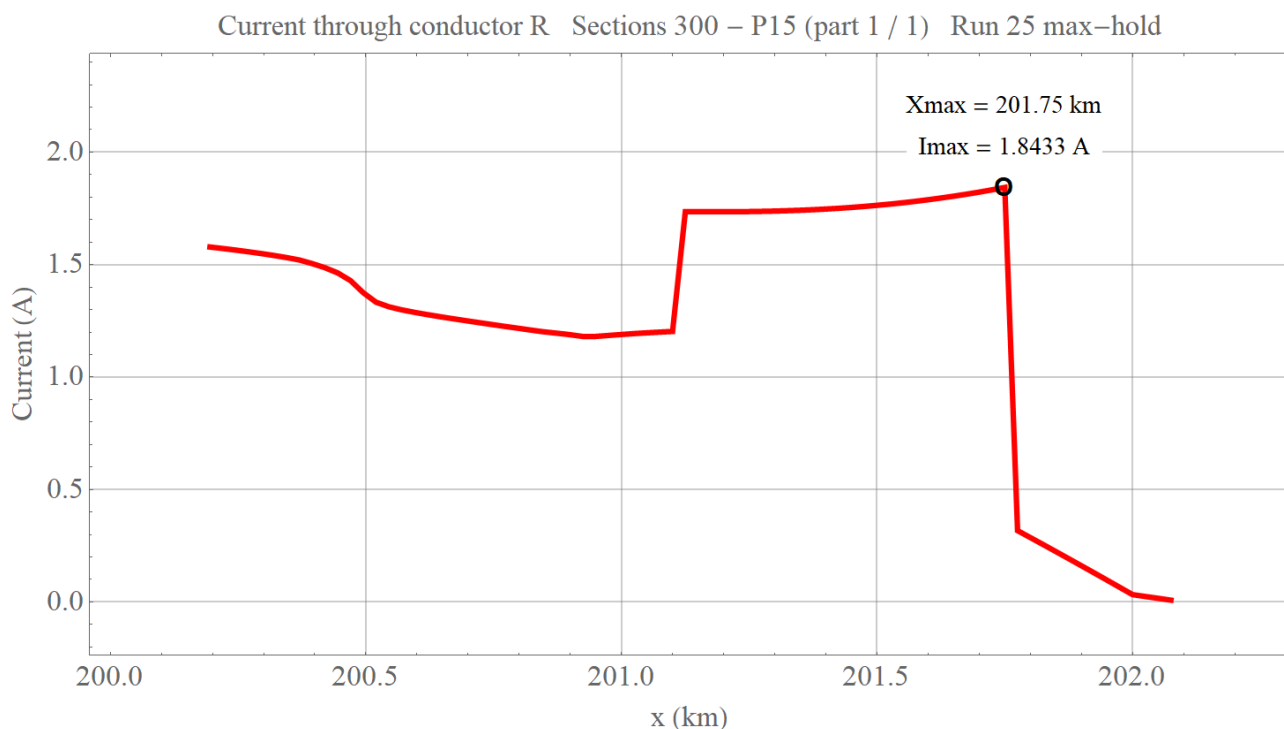
Afbeelding 171: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider P) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



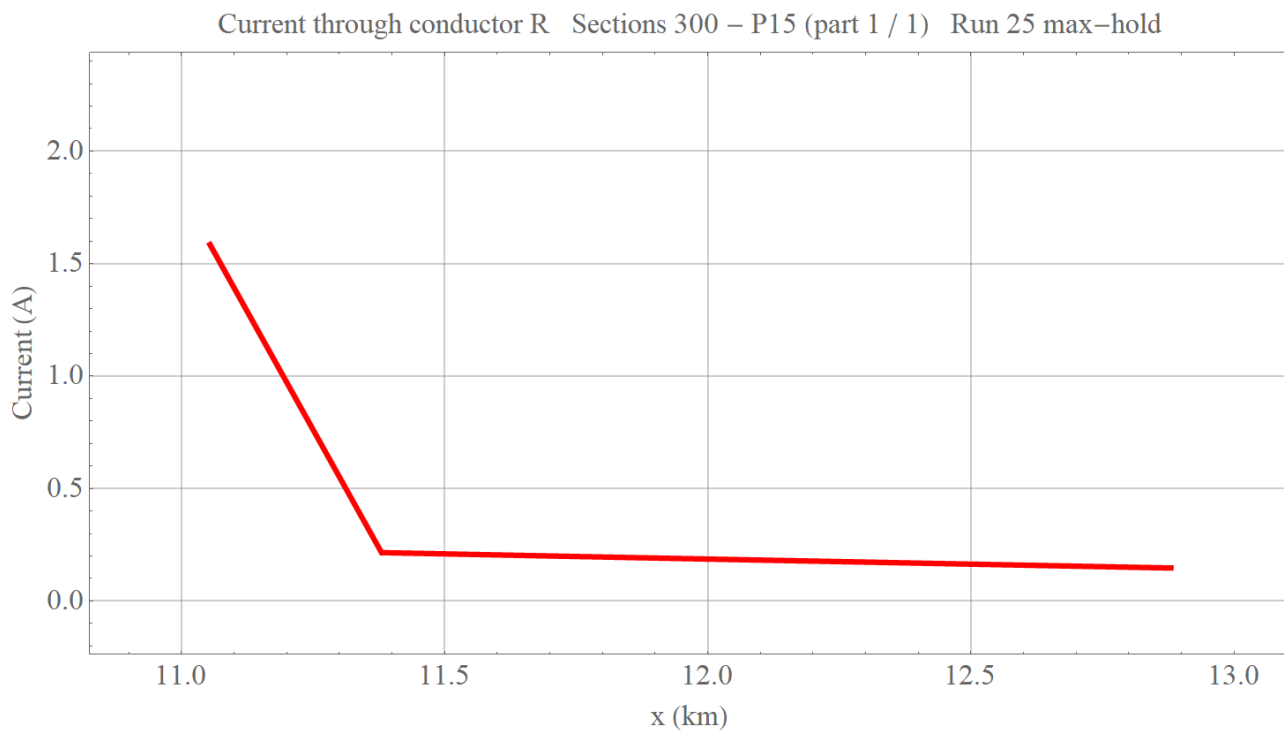
Afbeelding 172: Maximaal optredende stroom door sporeplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



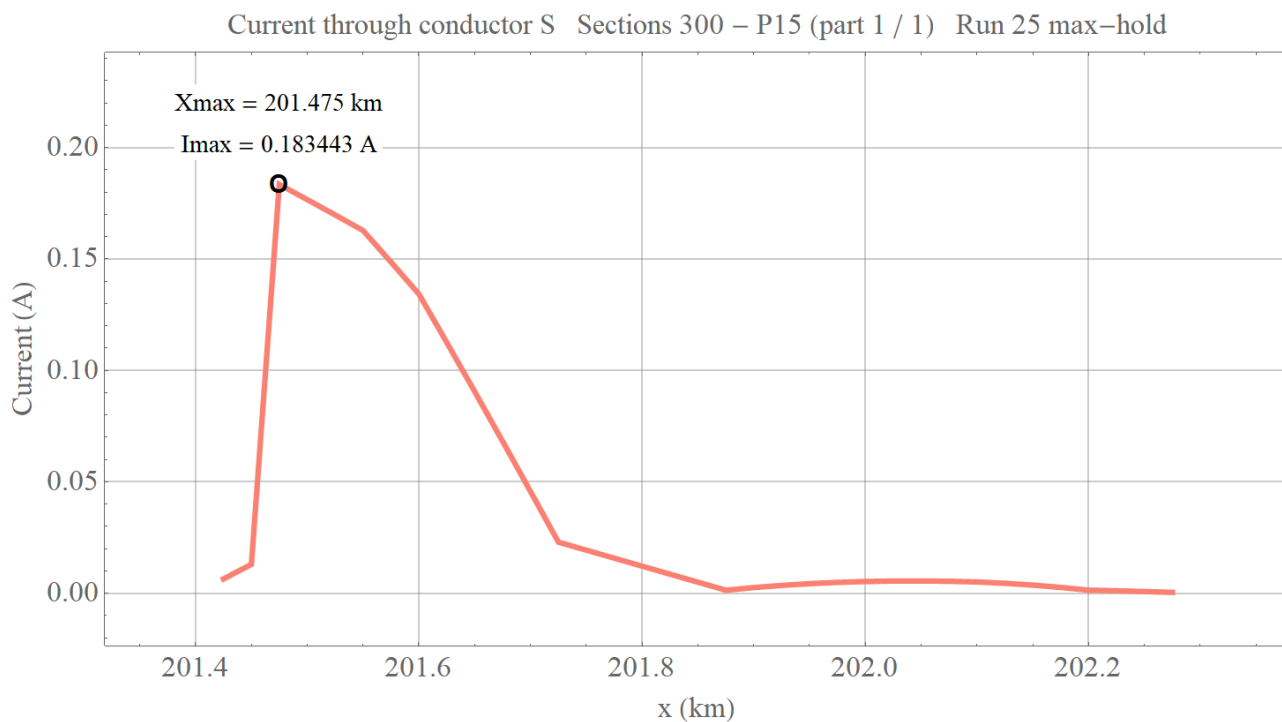
Afbeelding 173: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



Afbeelding 174: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 2 (geleider R) op opstelsterrein.

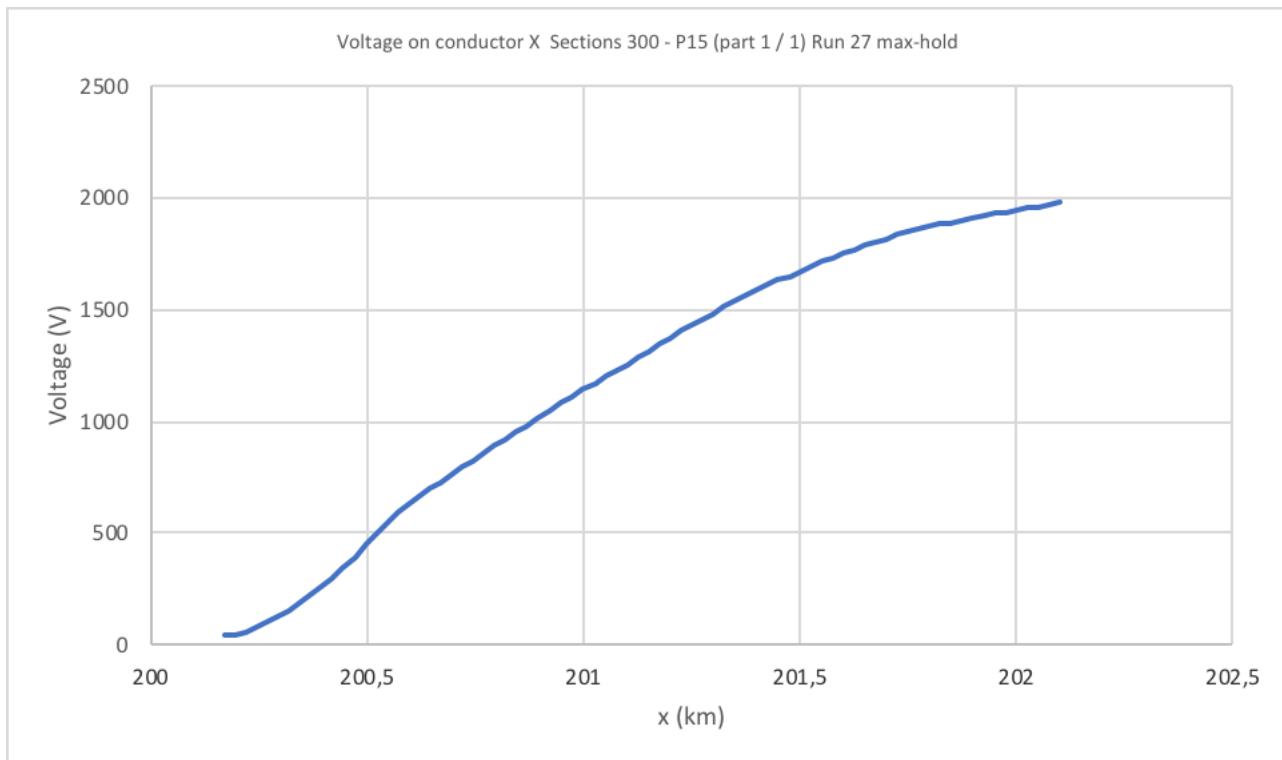


Afbeelding 175: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.

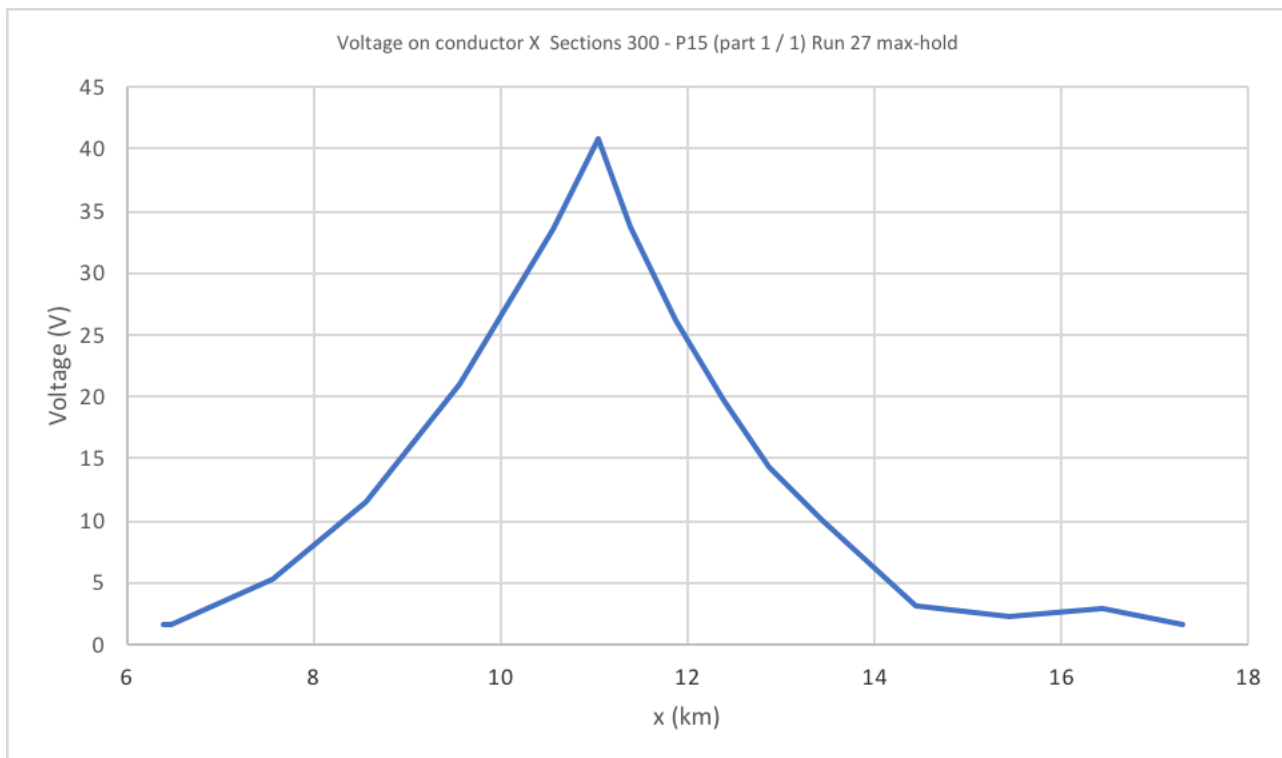


Afbeelding 176: Maximaal optredende stroom door spoor dieselemlacement (geleider S) op opstelrein.

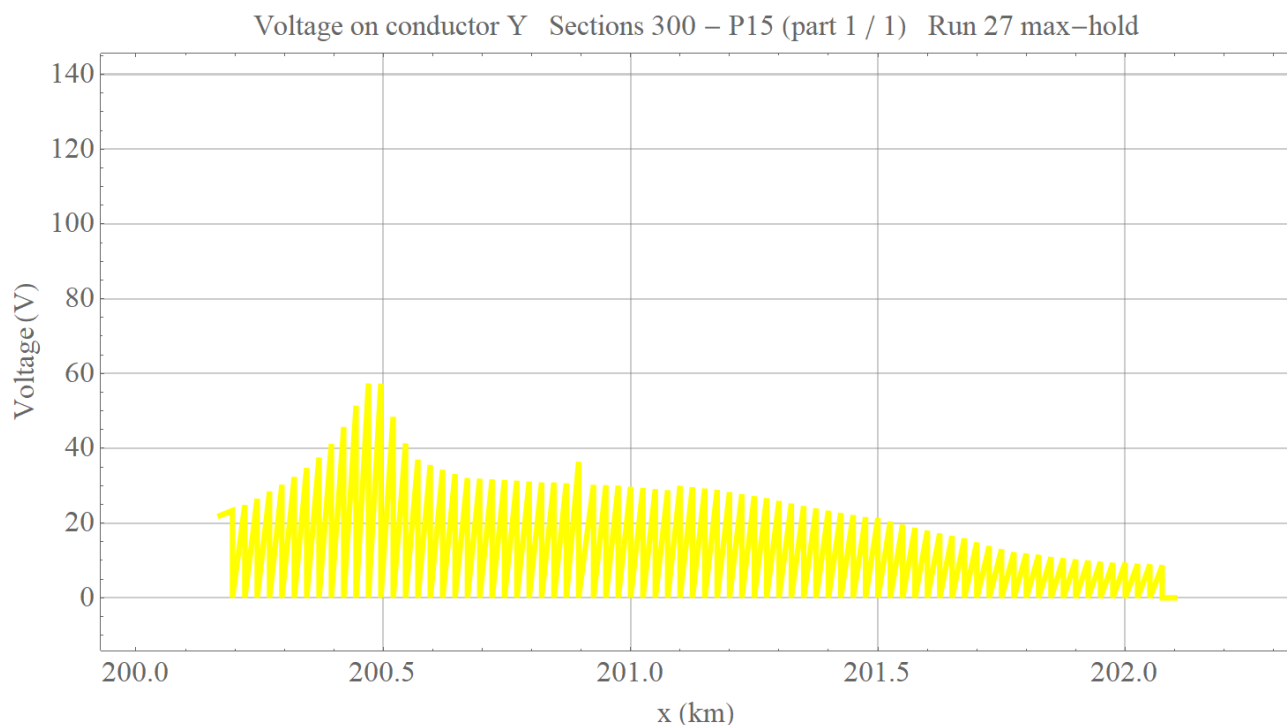
c. Kortsluiting (50 kA)



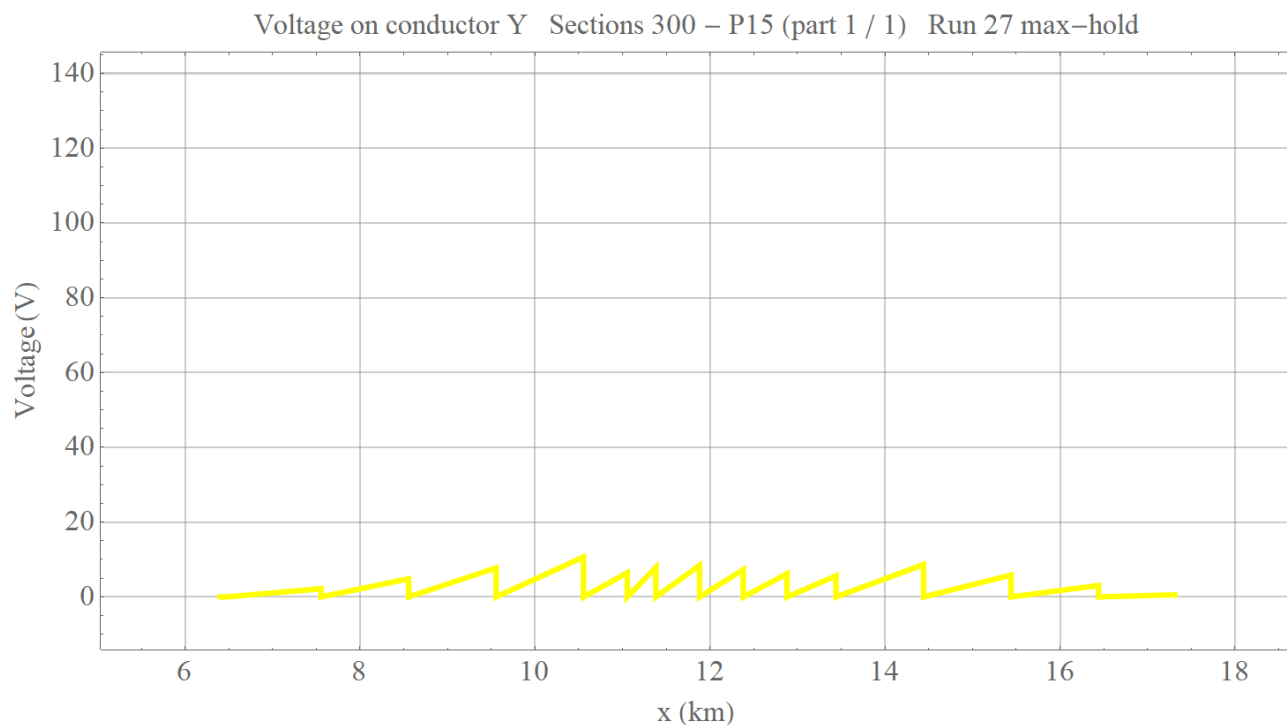
Afbeelding 177: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op opstelrein.



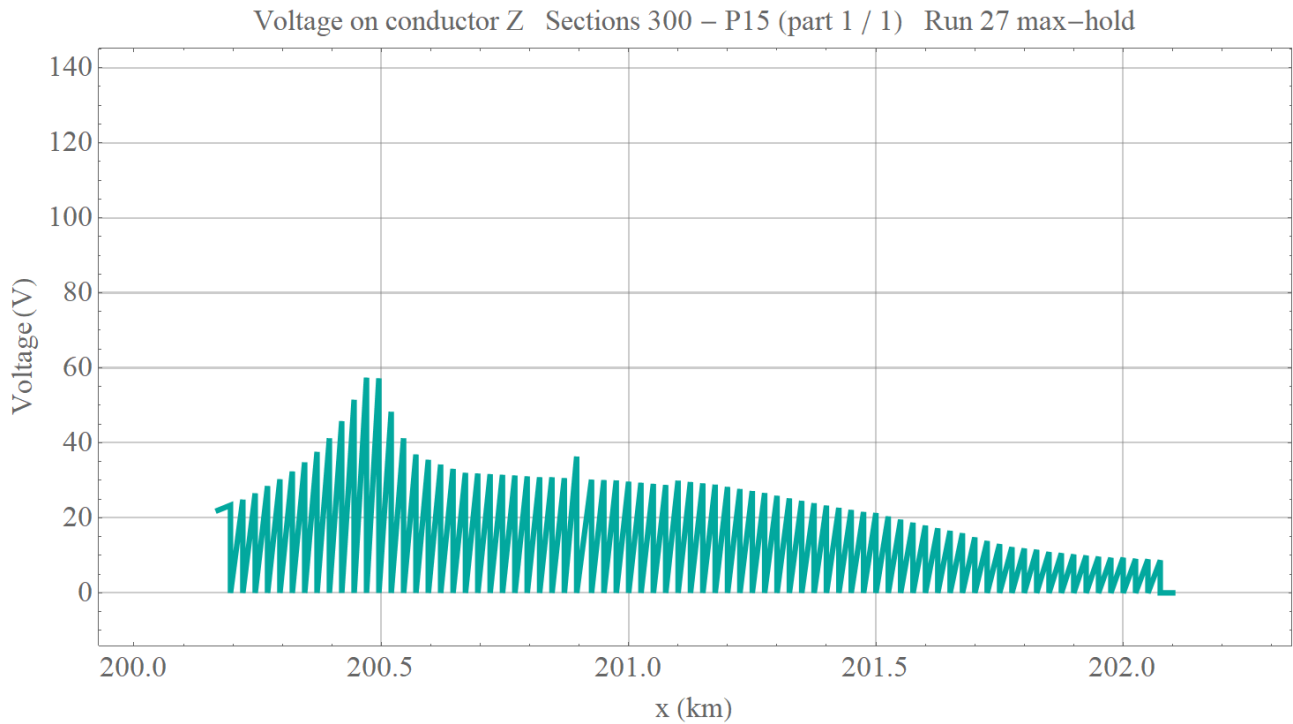
Afbeelding 178: Maximaal optredende spanning op locatie voor 3 kV-kabelmantel (geleider X) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



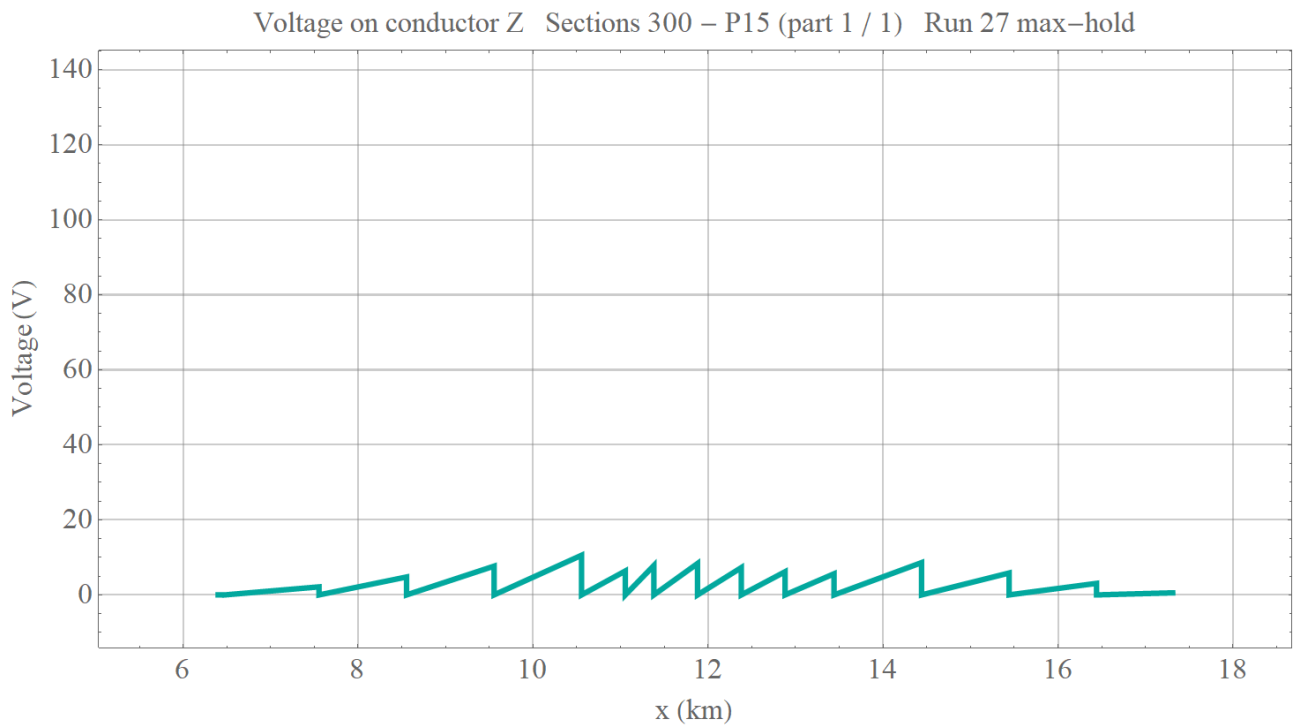
Afbeelding 179: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op opstelterrain.



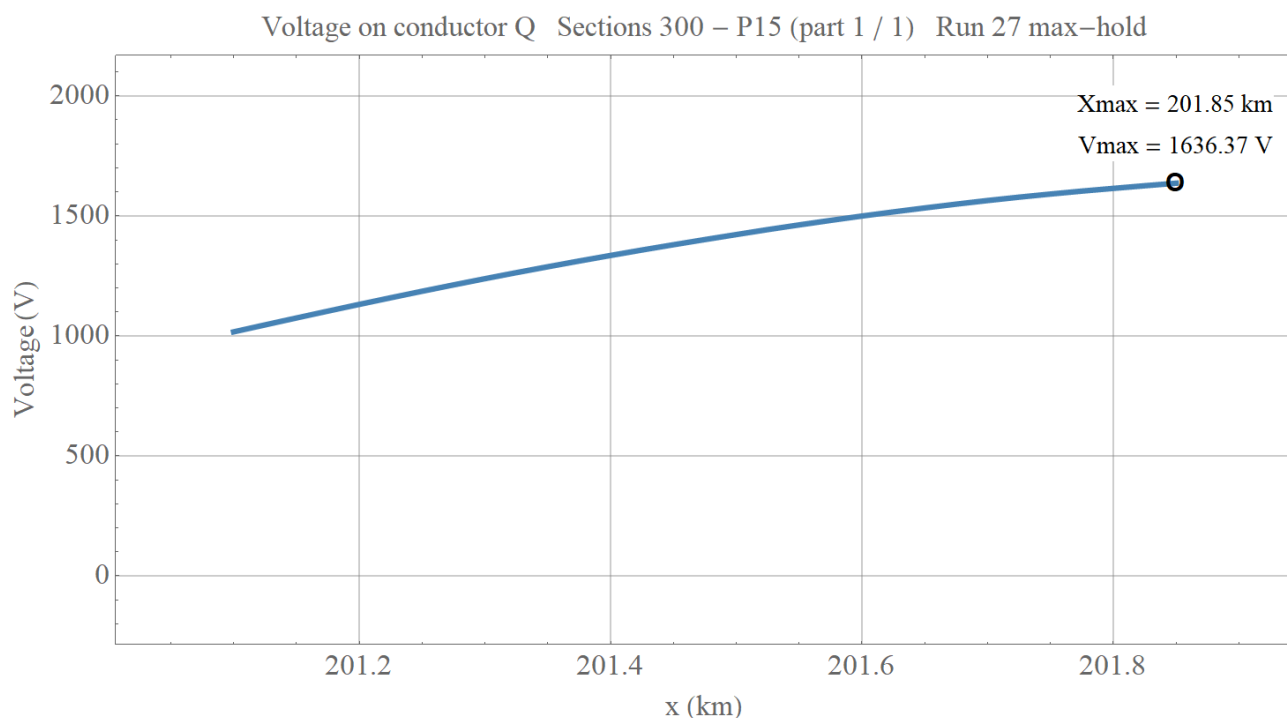
Afbeelding 180: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



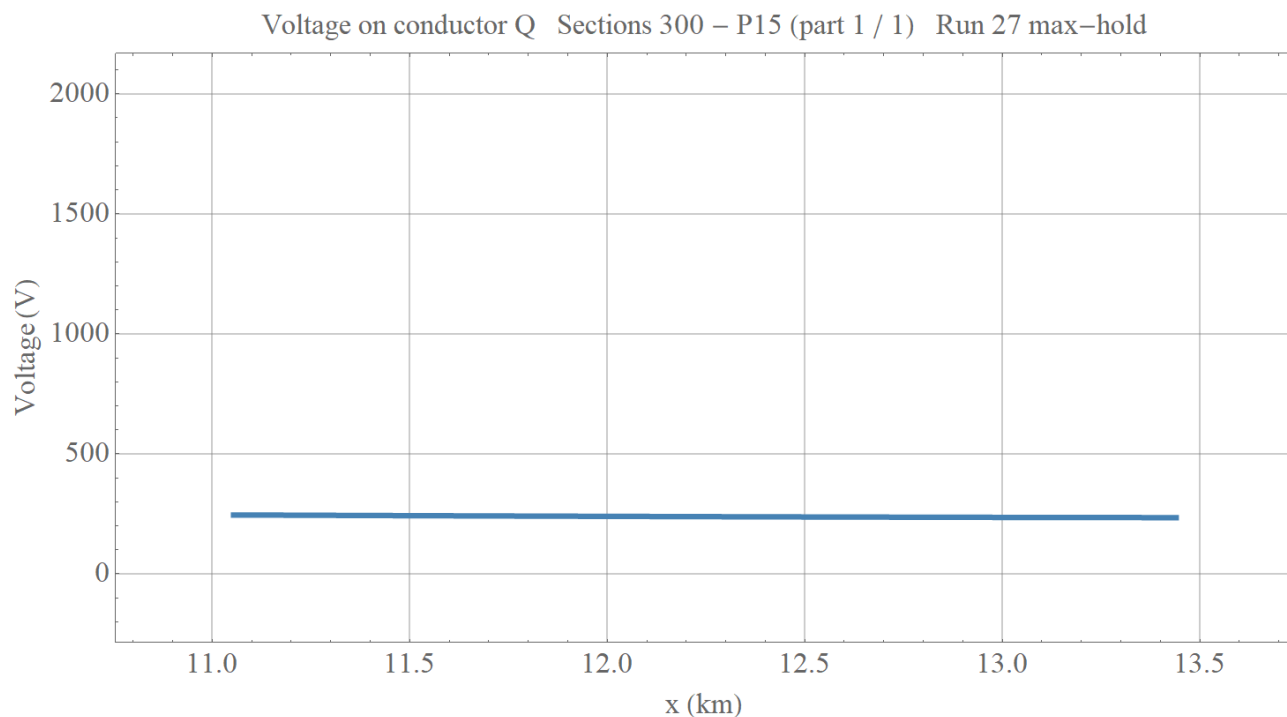
Afbeelding 181: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op opstelrein.



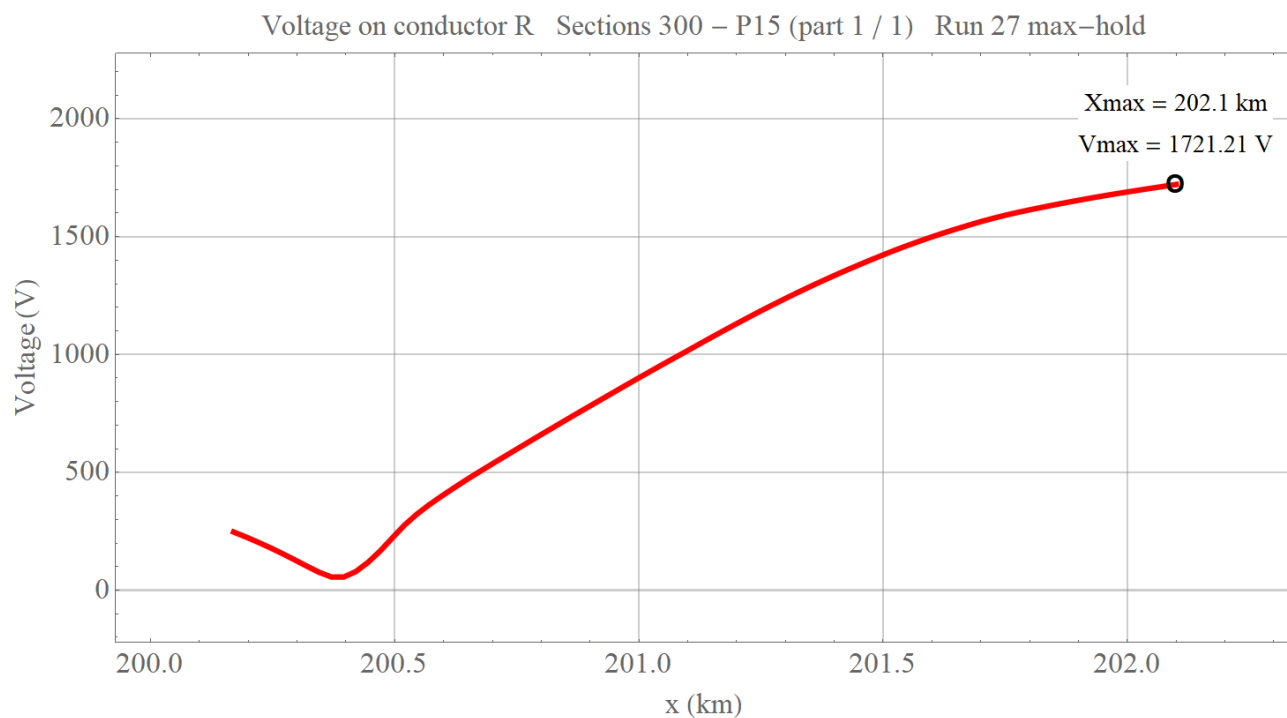
Afbeelding 182: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



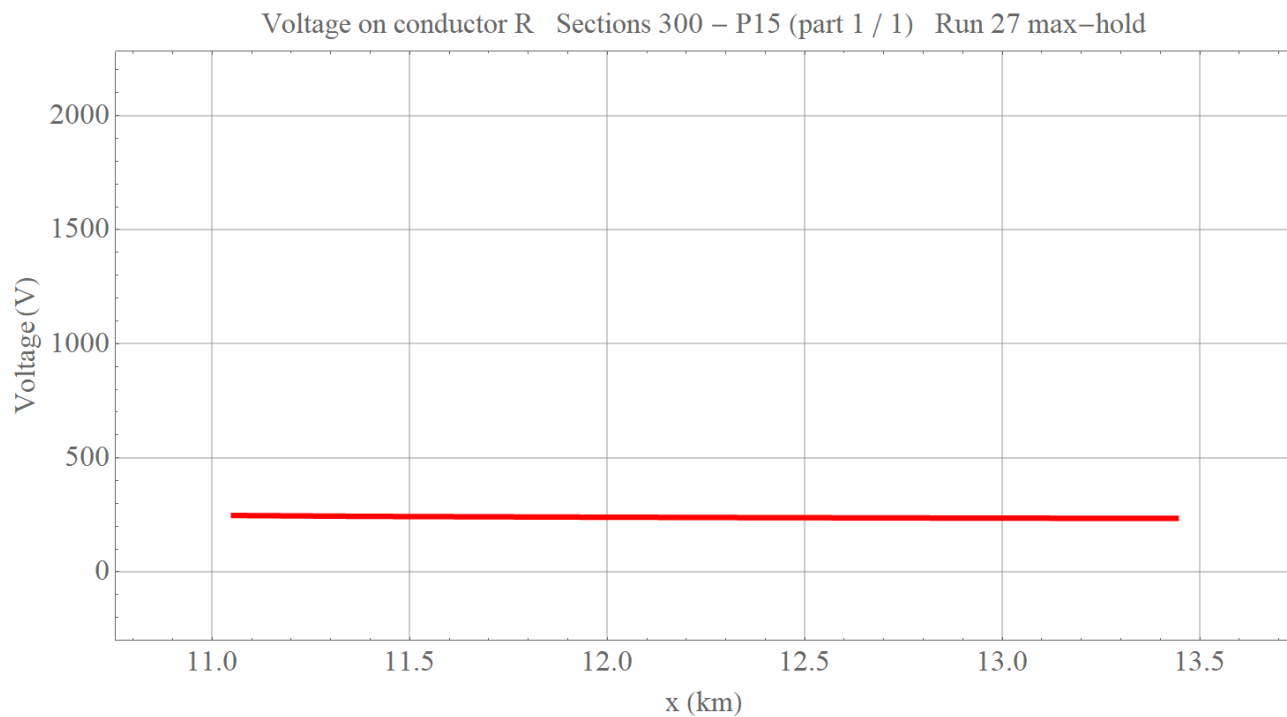
Afbeelding 183: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



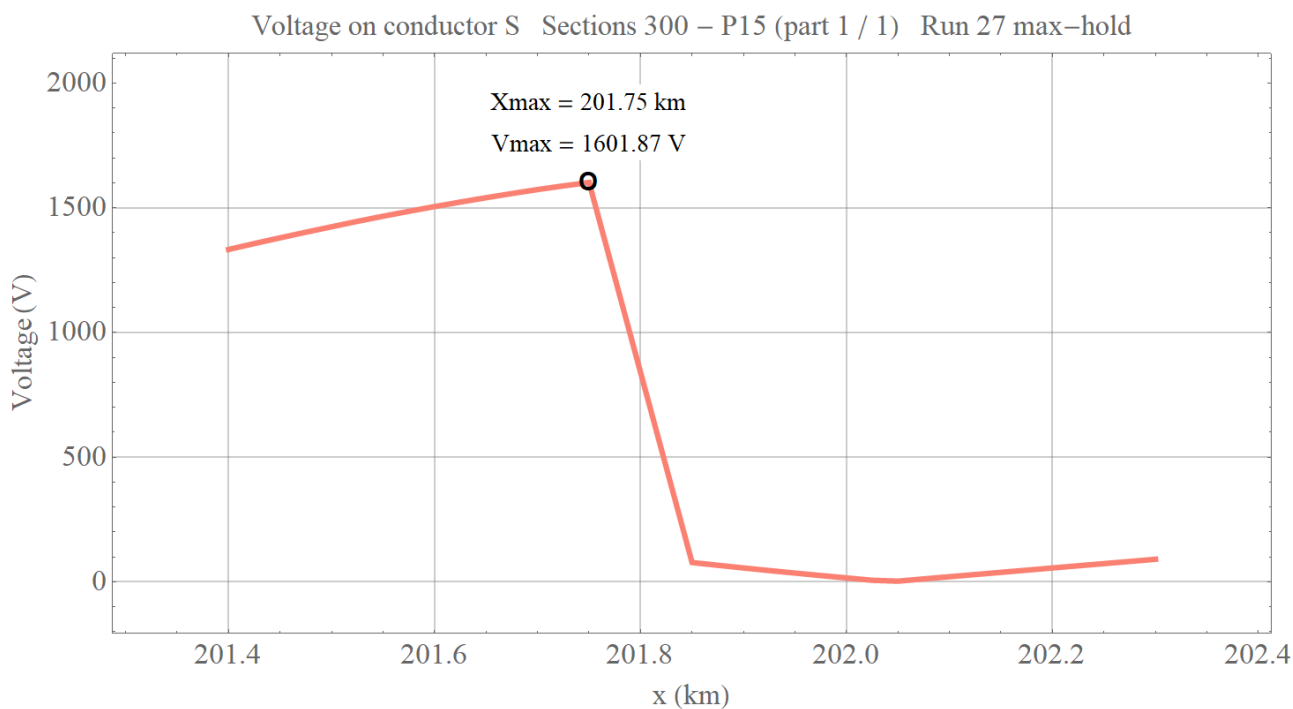
Afbeelding 184: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



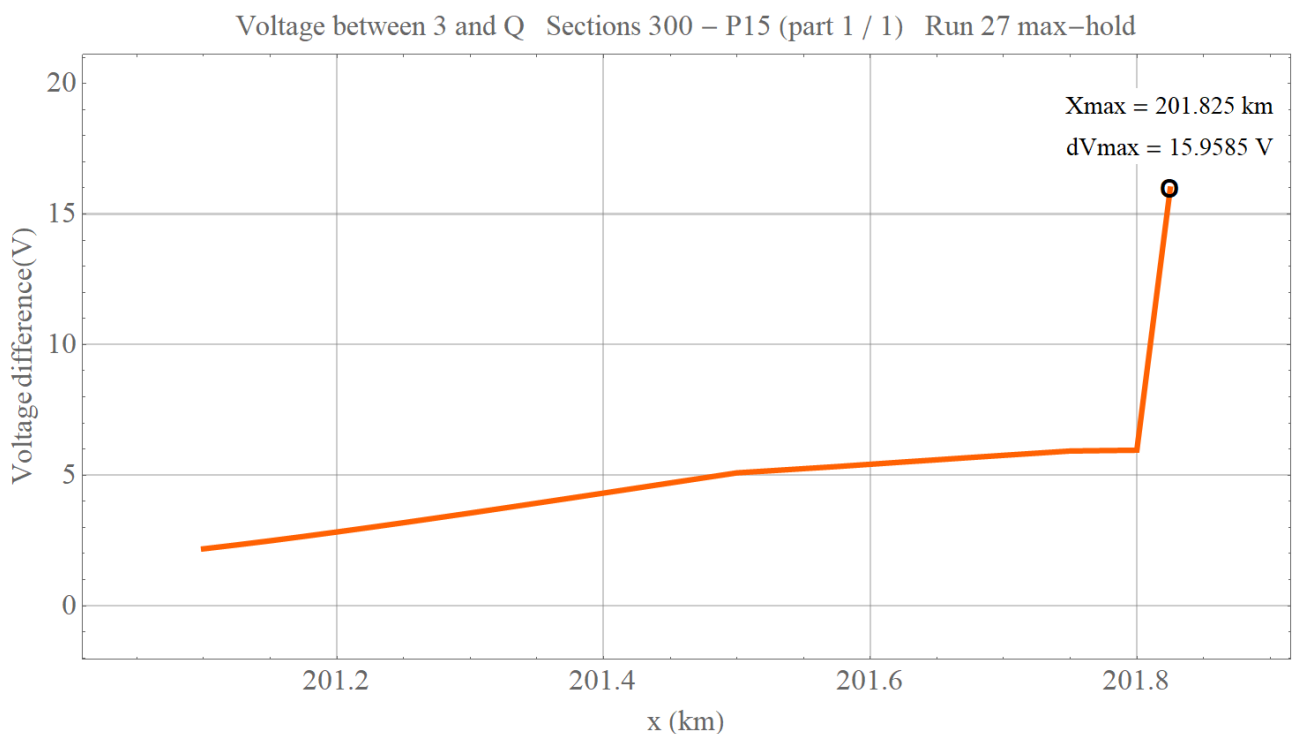
Afbeelding 185: Maximaal optredende spanning voor spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.



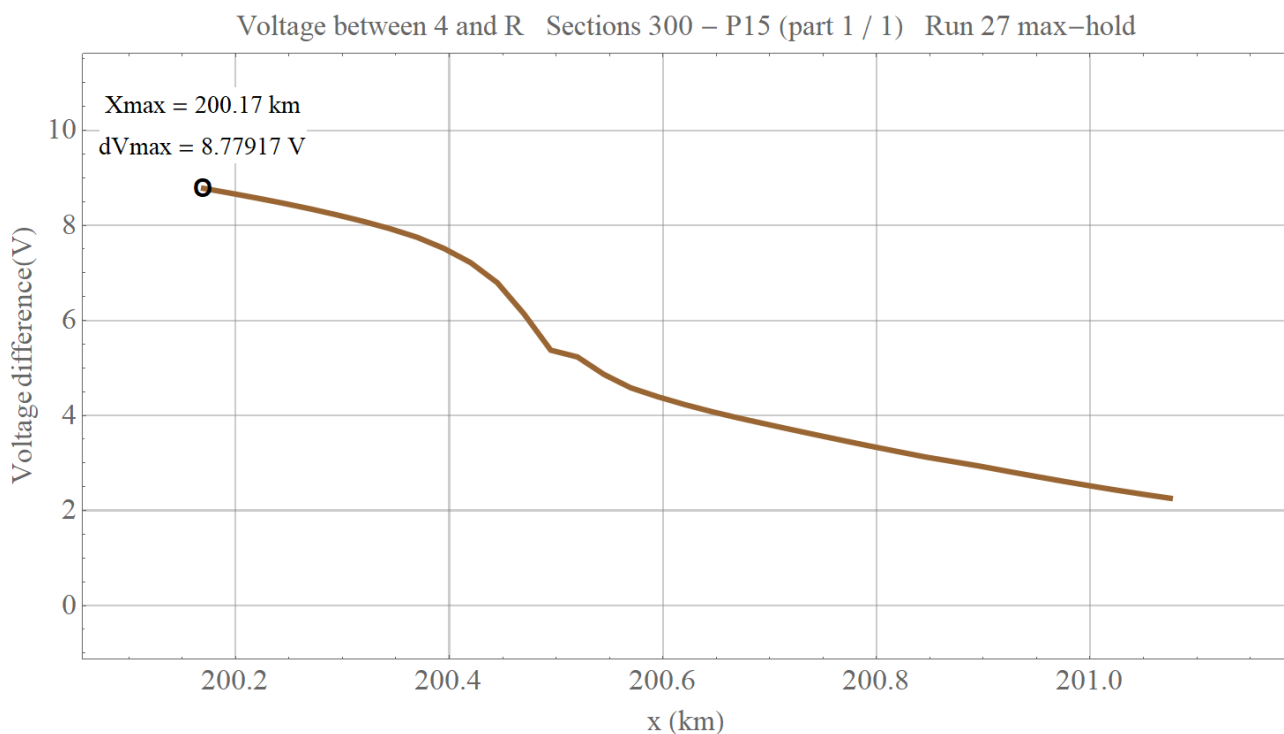
Afbeelding 186: Maximaal optredende spanning voor spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



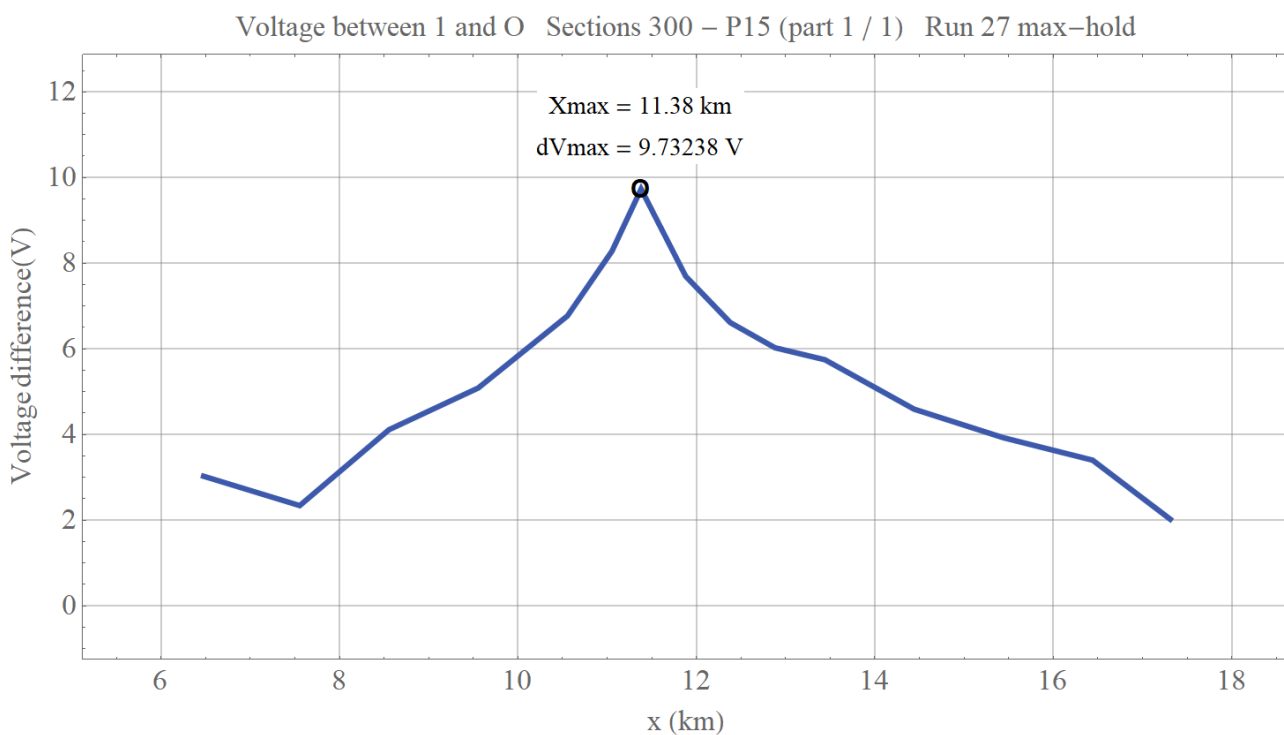
Afbeelding 187: Maximaal optredende spanning voor spoor dieselemlacement (geleider S) op opstelterrain.



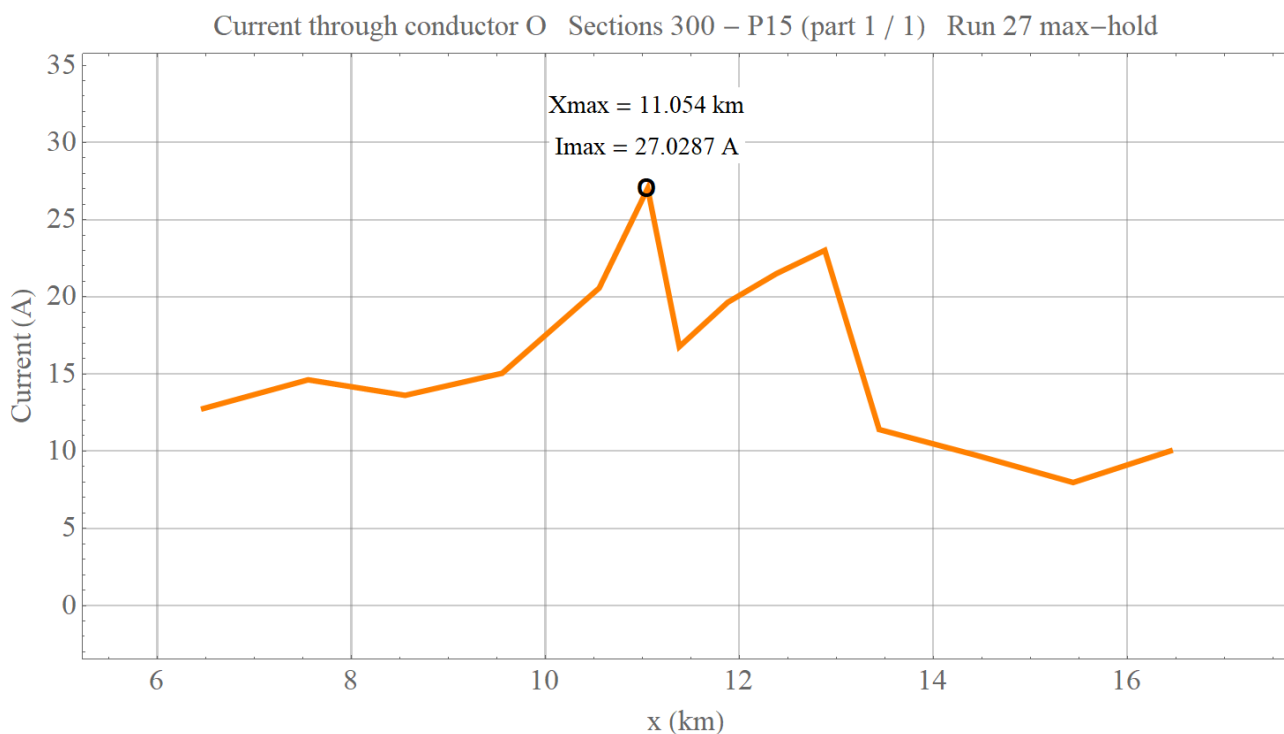
Afbeelding 188: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en sporemlacement 1 (geleider 3 en Q) op opstelterrain.



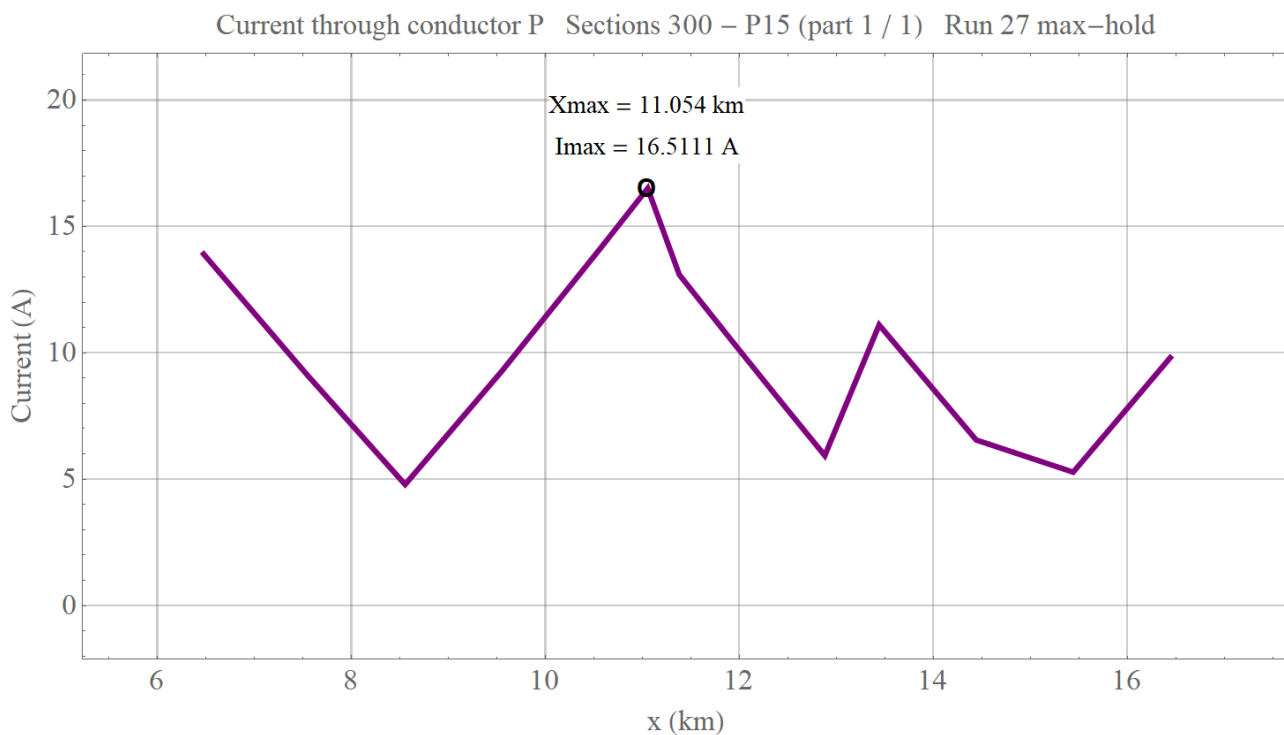
Afbeelding 189: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spooreplacement 2 (geleider 4 en R) op opstelrein.



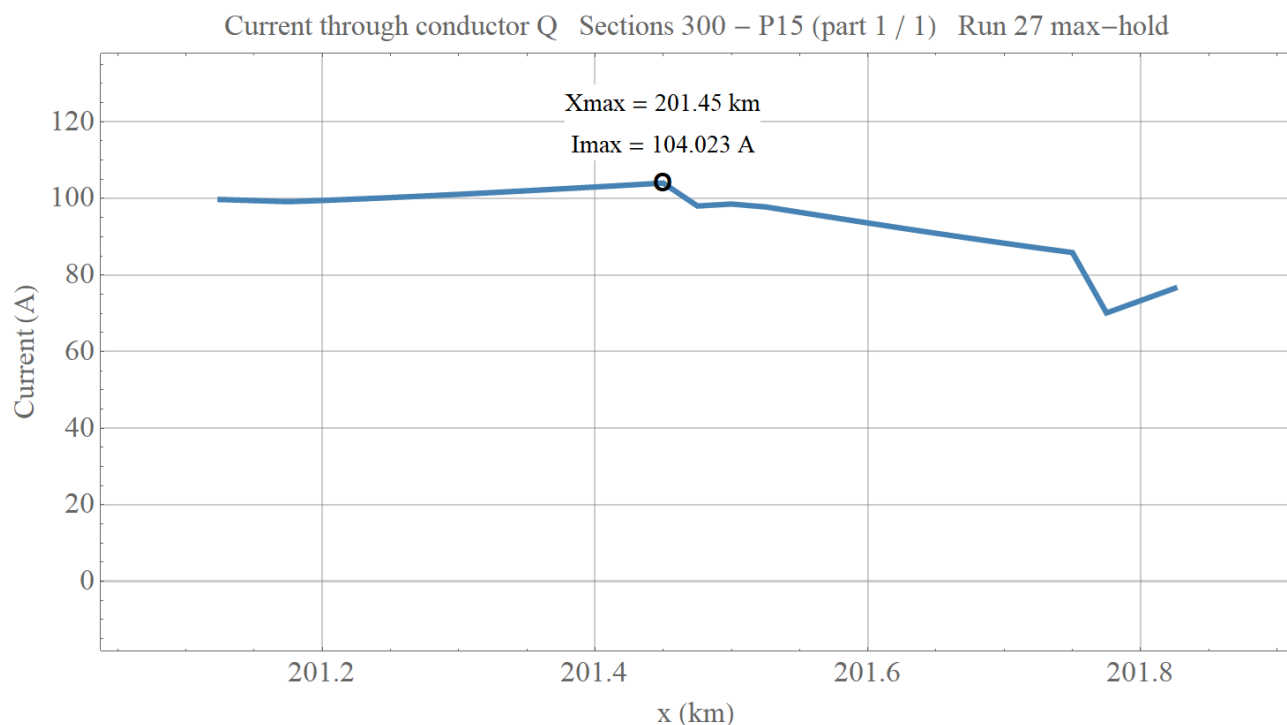
Afbeelding 190: Maximaal optredende spanning tussen bovenleiding en spoor (geleider 1 en O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



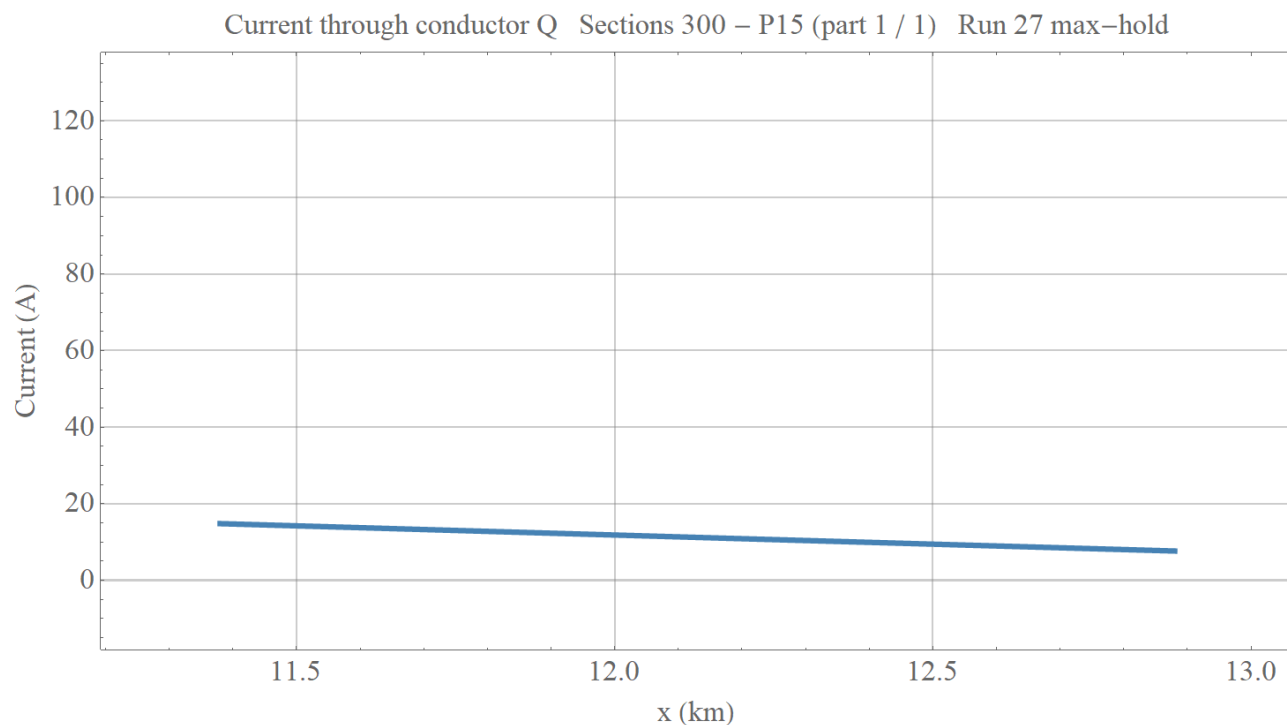
Afbeelding 191: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider O) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



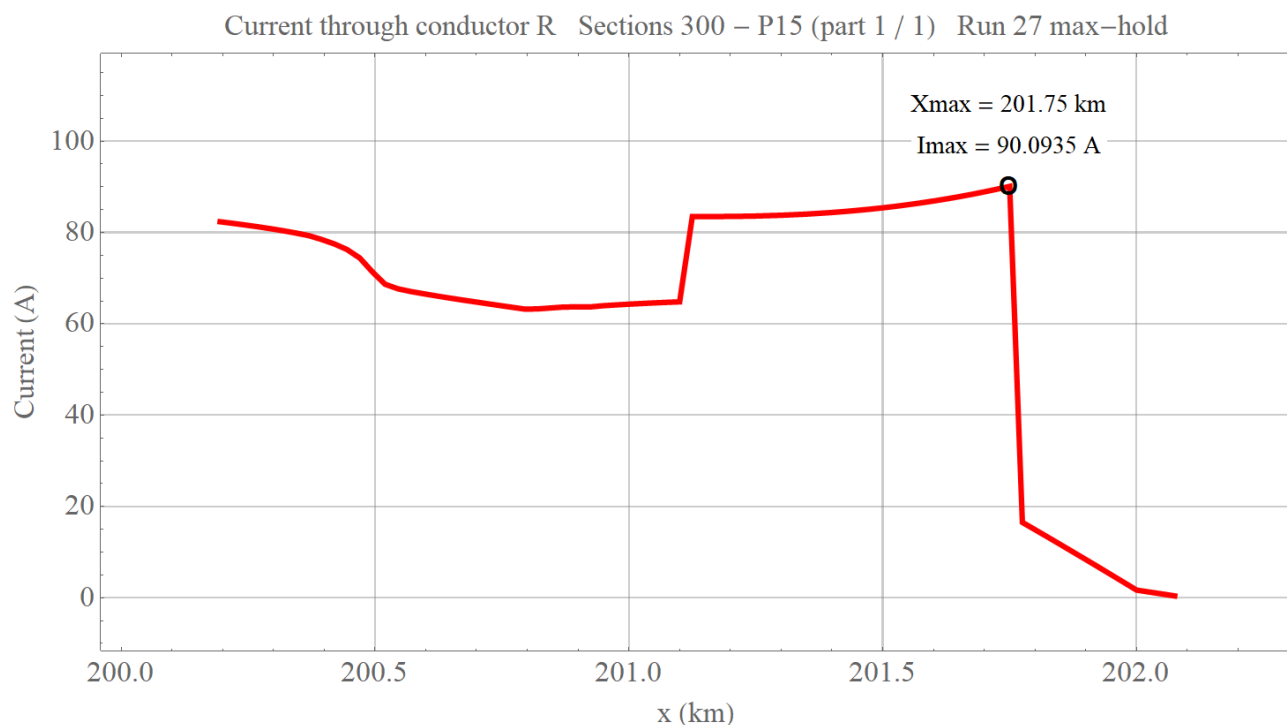
Afbeelding 192: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider P) op baanvak Driehuis - Beverwijk.



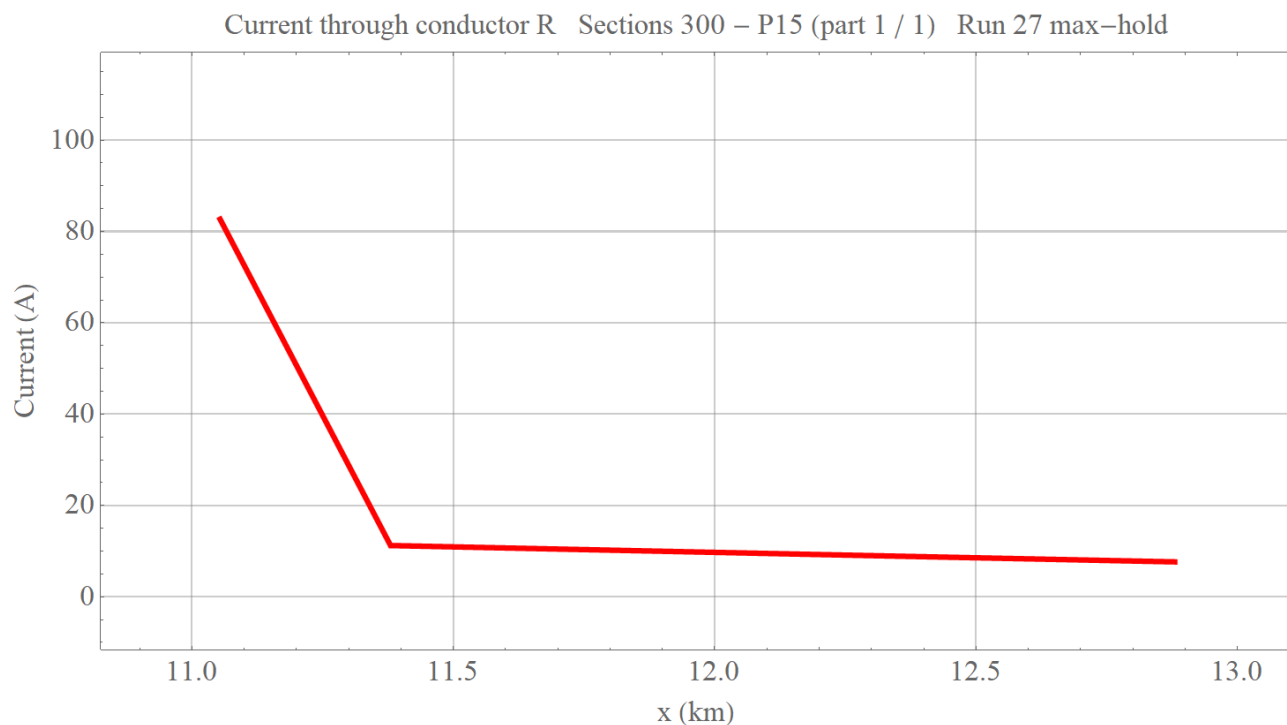
Afbeelding 193: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 1 (geleider Q) op opstelrein.



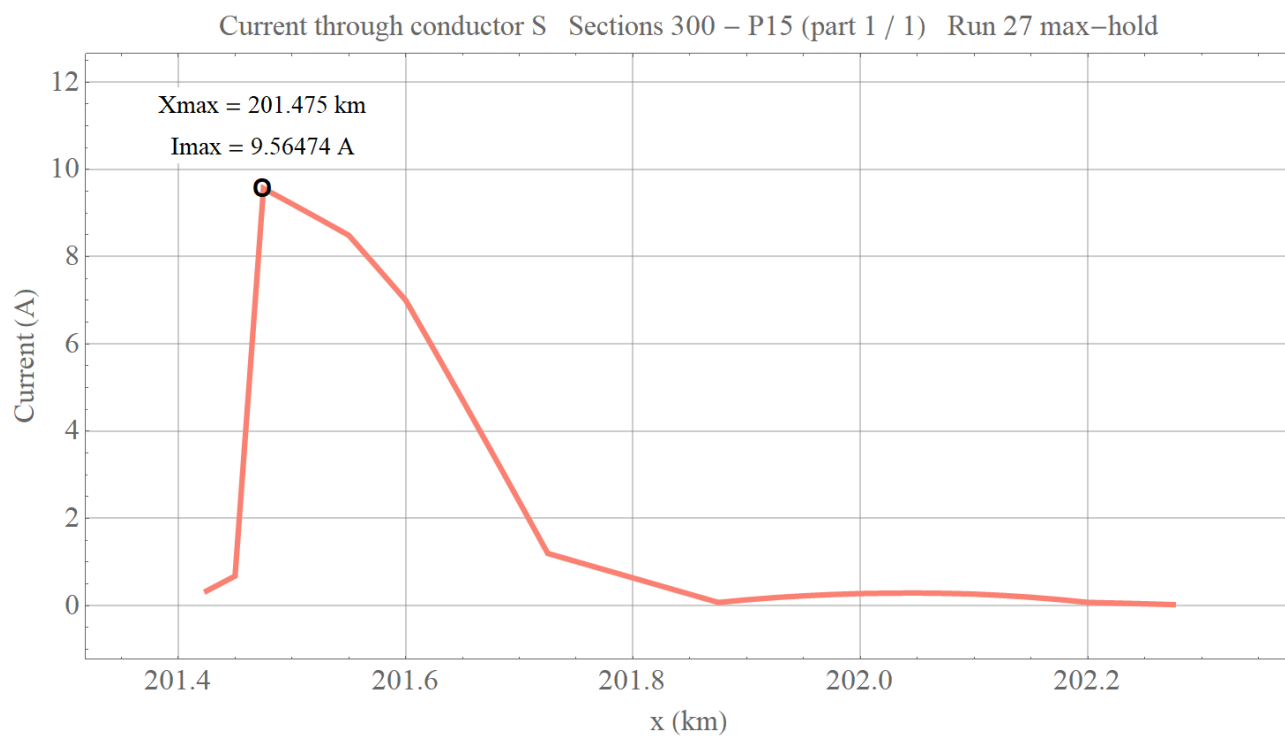
Afbeelding 194: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider Q) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



Afbeelding 195: Maximaal optredende stroom door spooreplacement 2 (geleider R) op opstelrein.



Afbeelding 196: Maximaal optredende stroom door spoor (geleider R) op baanvak Driehuis - Uitgeest.



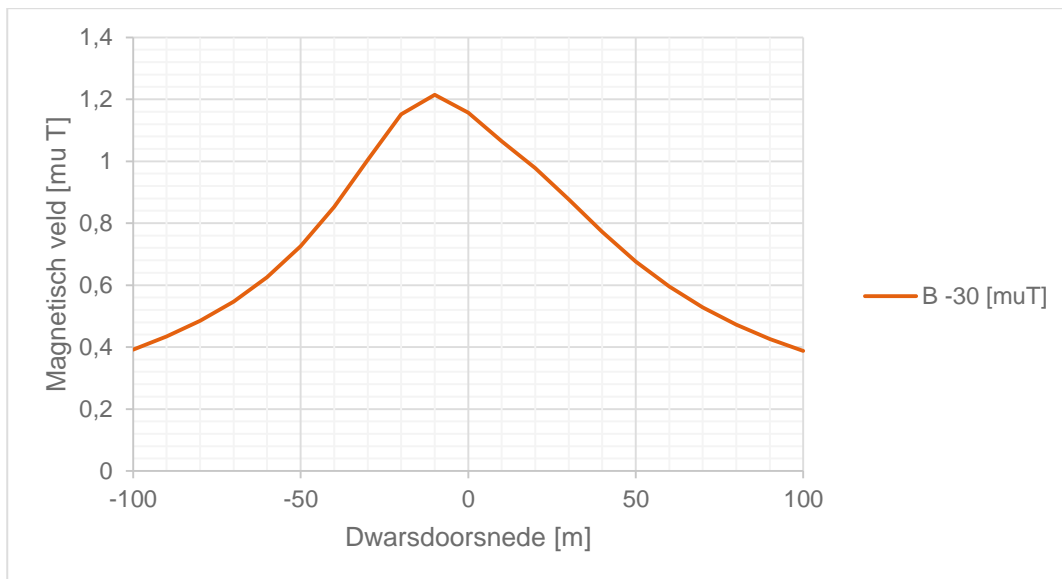
Afbeelding 197: Maximaal optredende stroom door spoor dieseemplacement (geleider S) op opstelrein.

10 BIJLAGE: RESULTATEN MAGNETISCH VELD PRORAIL

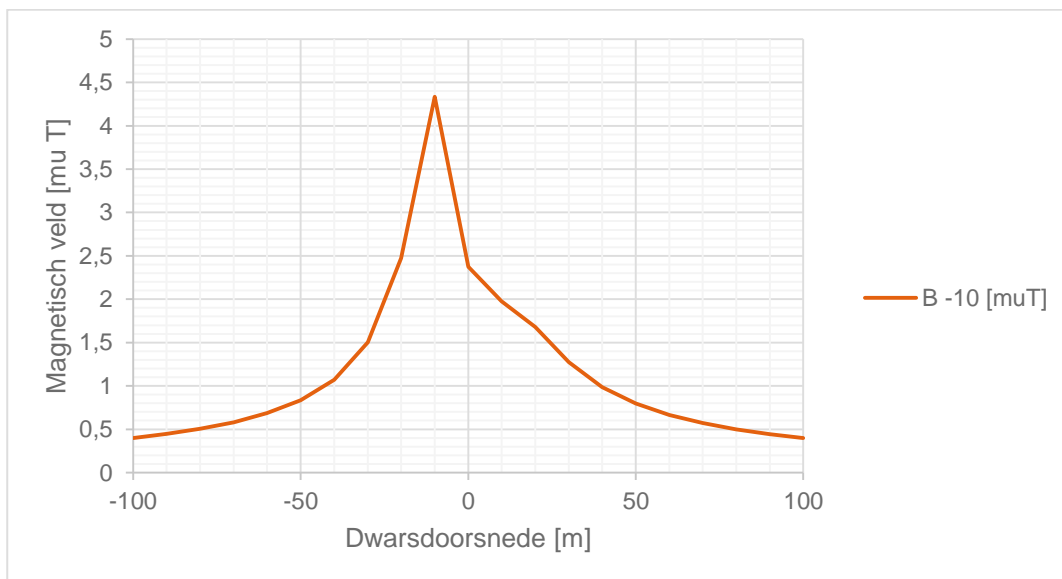
In onderstaande afbeeldingen is het magnetisch veld gegeven voor de liggingsdiepten -30, -10 en -1,6 m van net op zee Hollands Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) op 1 meter boven maaiveld ten opzichte van hart circuit.

Dit is gedaan voor de normale bedrijfsvoering met 10% asymmetrie en de onderhoudssituatie met 10% asymmetrie.

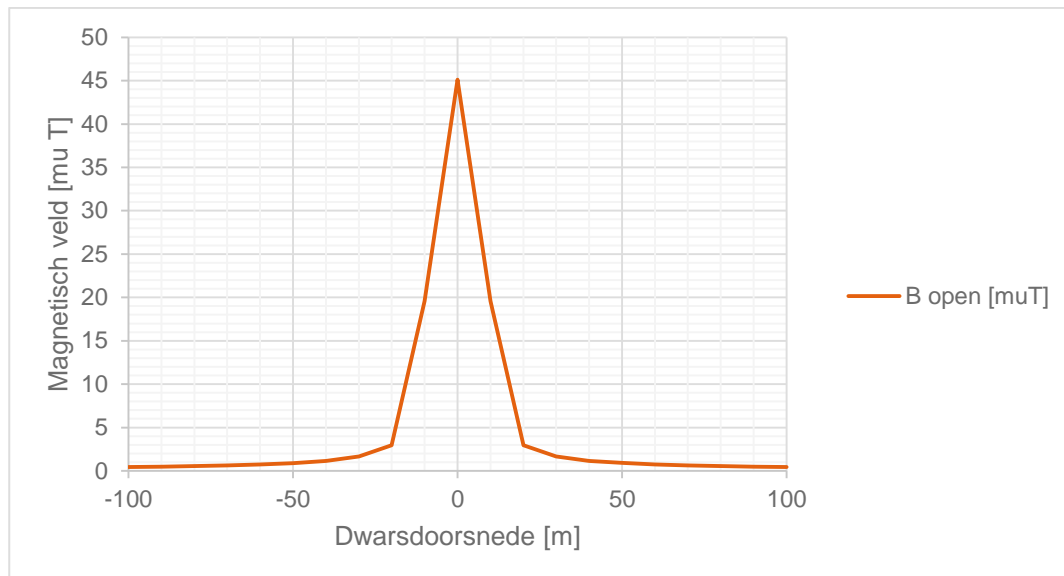
Normale bedrijfsvoering



Afbeelding 198: Magnetisch veld op 30 meter diepte.

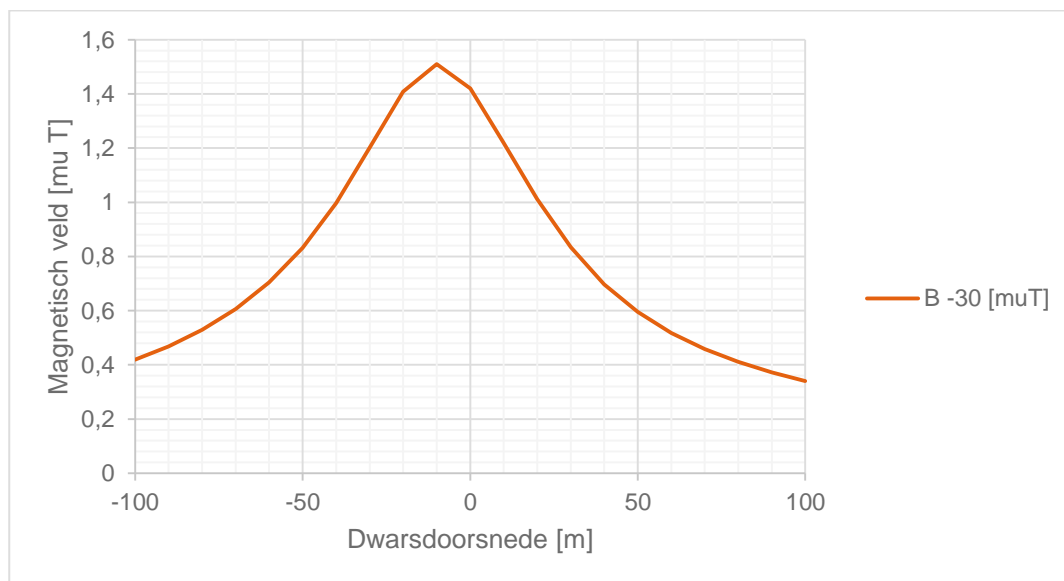


Afbeelding 199: Magnetisch veld op 10 meter diepte.

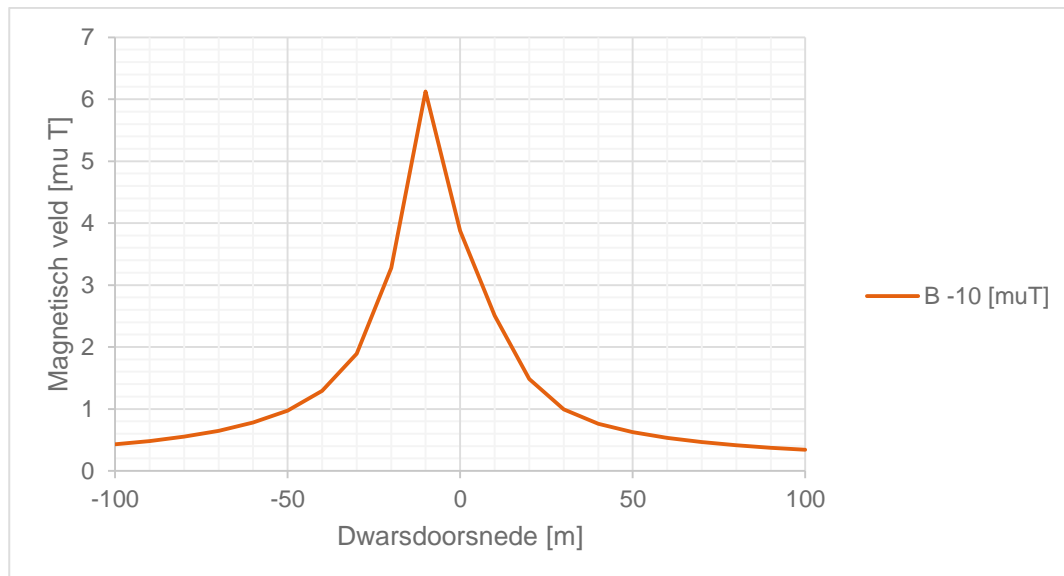


Afbeelding 200: Magnetisch veld op 1,6 meter diepte (open ontgraving).

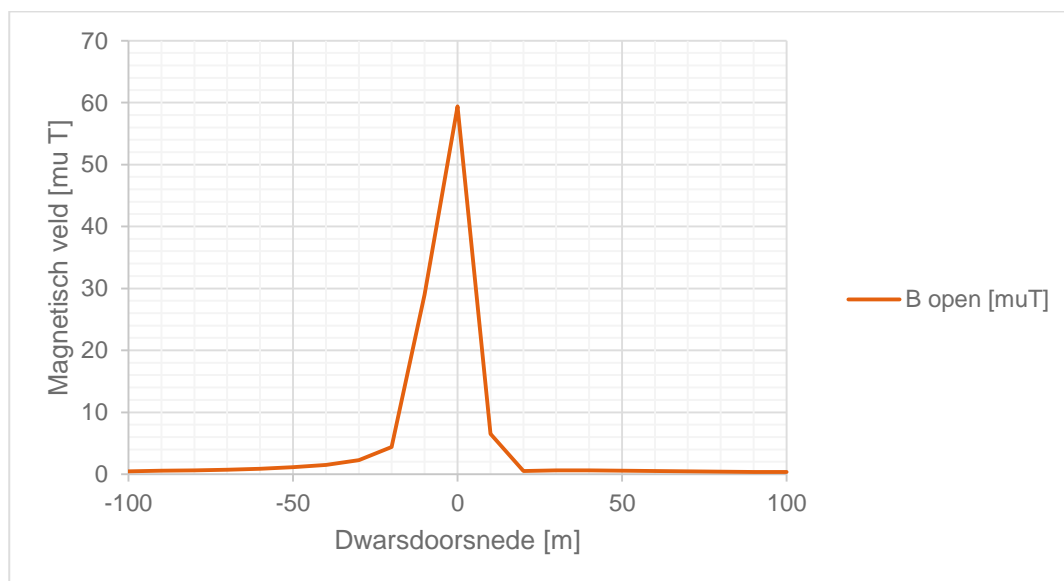
Onderhoudssituatie



Afbeelding 201: Magnetisch veld op 30 meter diepte.



Afbeelding 202: Magnetisch veld op 10 meter diepte.



Afbeelding 203: Magnetisch veld op 1,6 meter diepte (open ontgraving).

11 BIJLAGE: RESULTATEN INDUCTIEVE BEINVLOEDING RIJKSWATERSTAAT

De uitkomsten van de modellering van de parallelloop van TenneT met Rijkswaterstaat is in deze bijlage gegeven. Voor de infrastructuur van Rijkswaterstaat zijn de volgende letters gebruikt:

- X: geleiderail
- Y: IB-kabel
- Z: IT-kabel

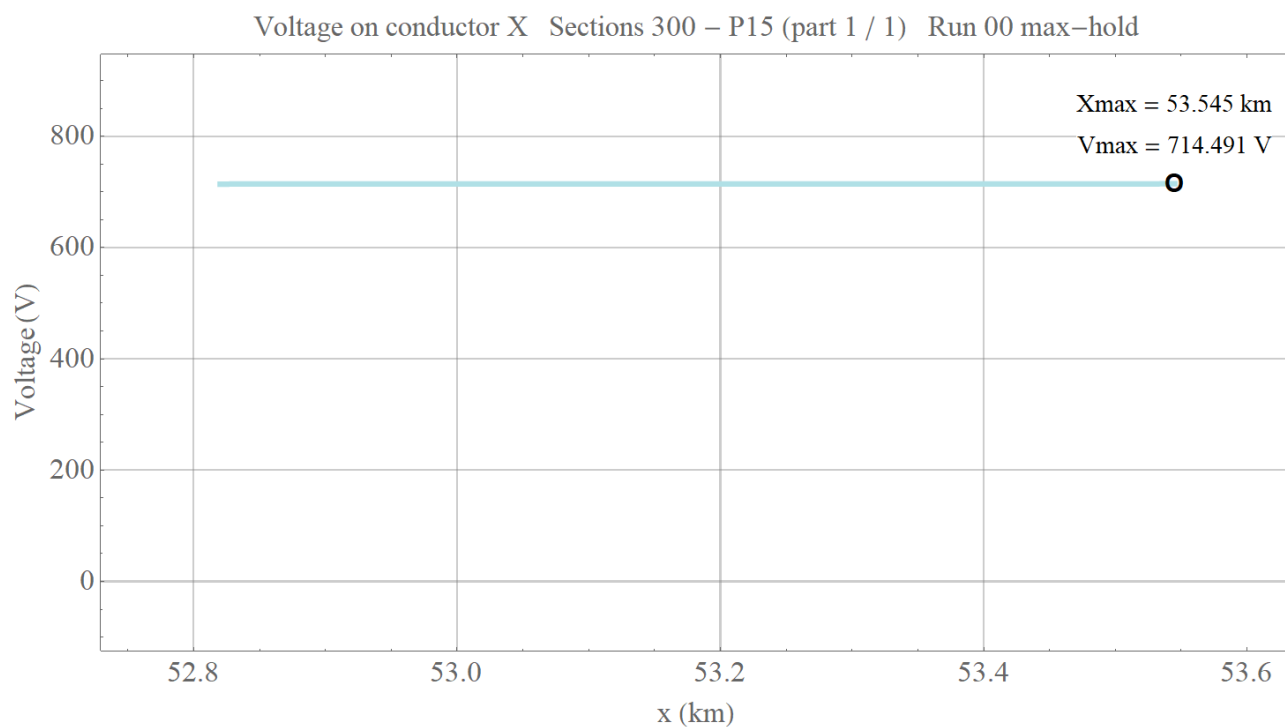
De geleiderail is zwevend gemodelleerd. De IB- en IT-kabel zijn per modelsectie éézijdig geaard. Hierdoor wordt het mogelijk om per lengte de gesommeerde spanning te bepalen.

De volgende bedrijfsvoeringen zijn beschouwd:

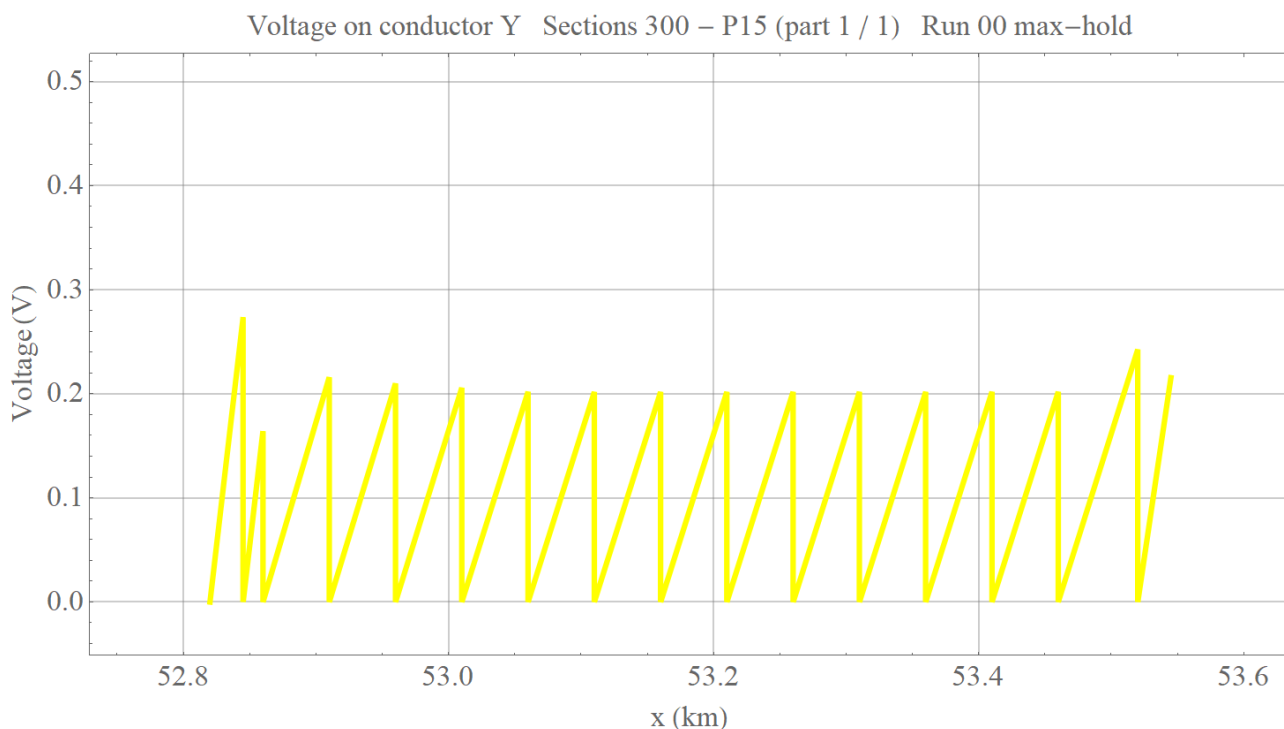
- a. Normaal bedrijf
- b. Onderhoud
- c. Kortsluiting

De kilometrering is gebaseerd op de hectometerpaaltjes langs de A9.

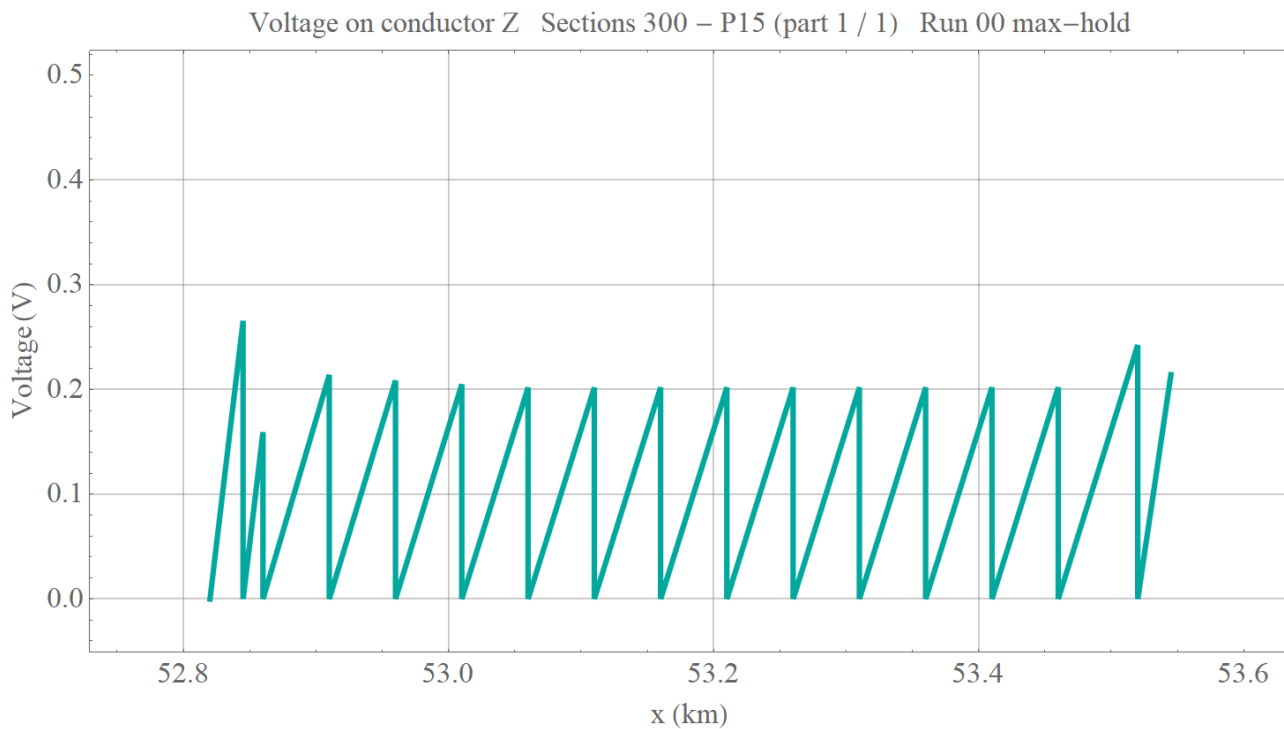
- a. Normaal bedrijf



Afbeelding 204: Maximaal optredende spanning op locatie voor geleiderail (geleider X).

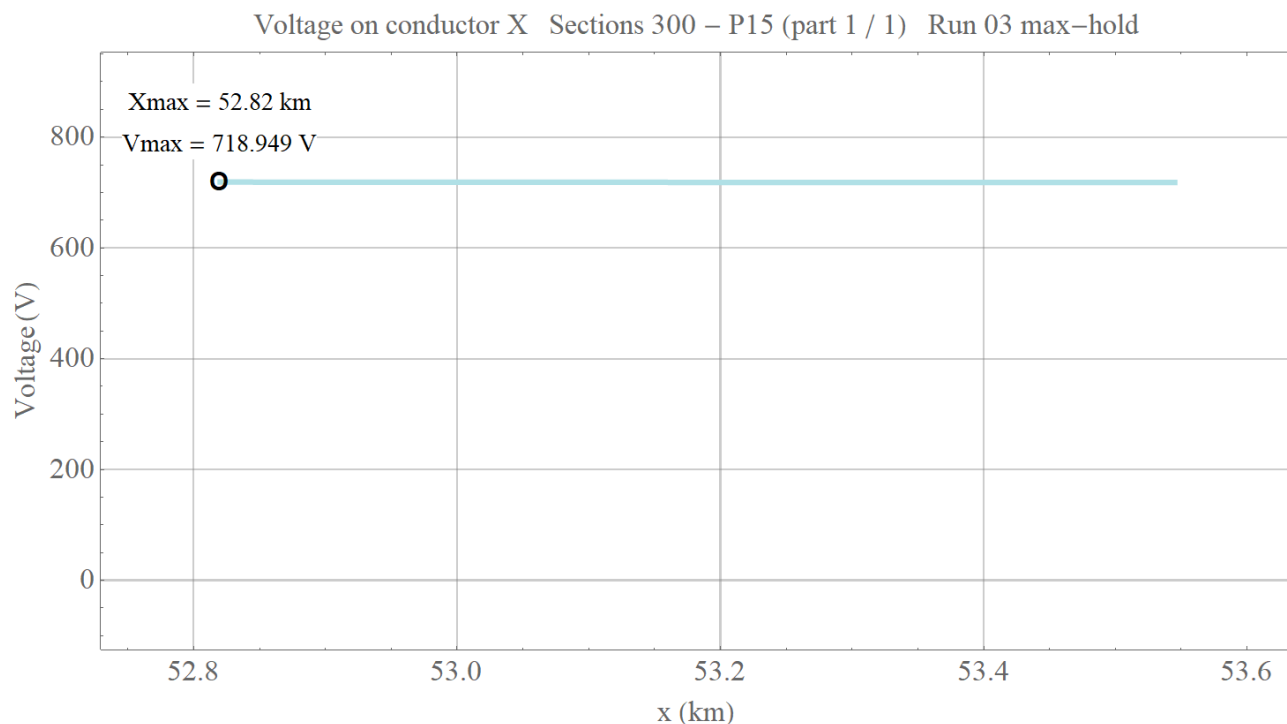


Abbeelding 205: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y).

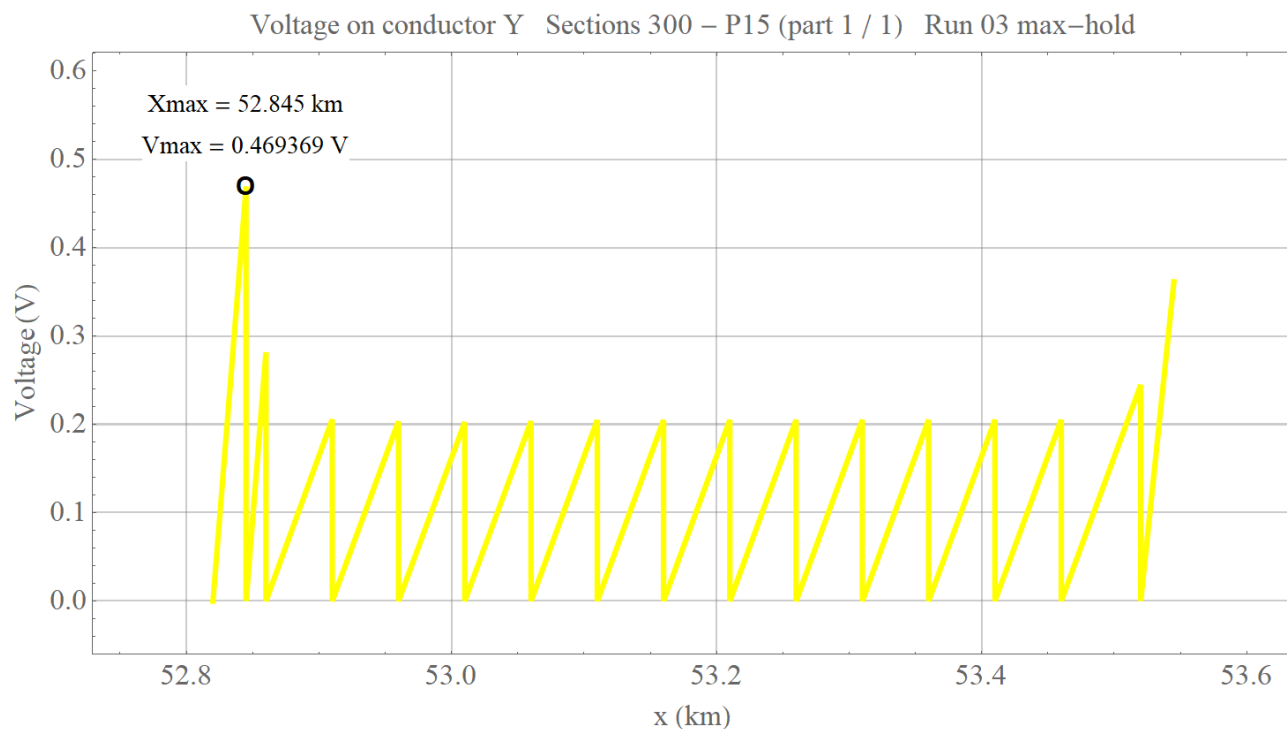


Abbeelding 206: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z).

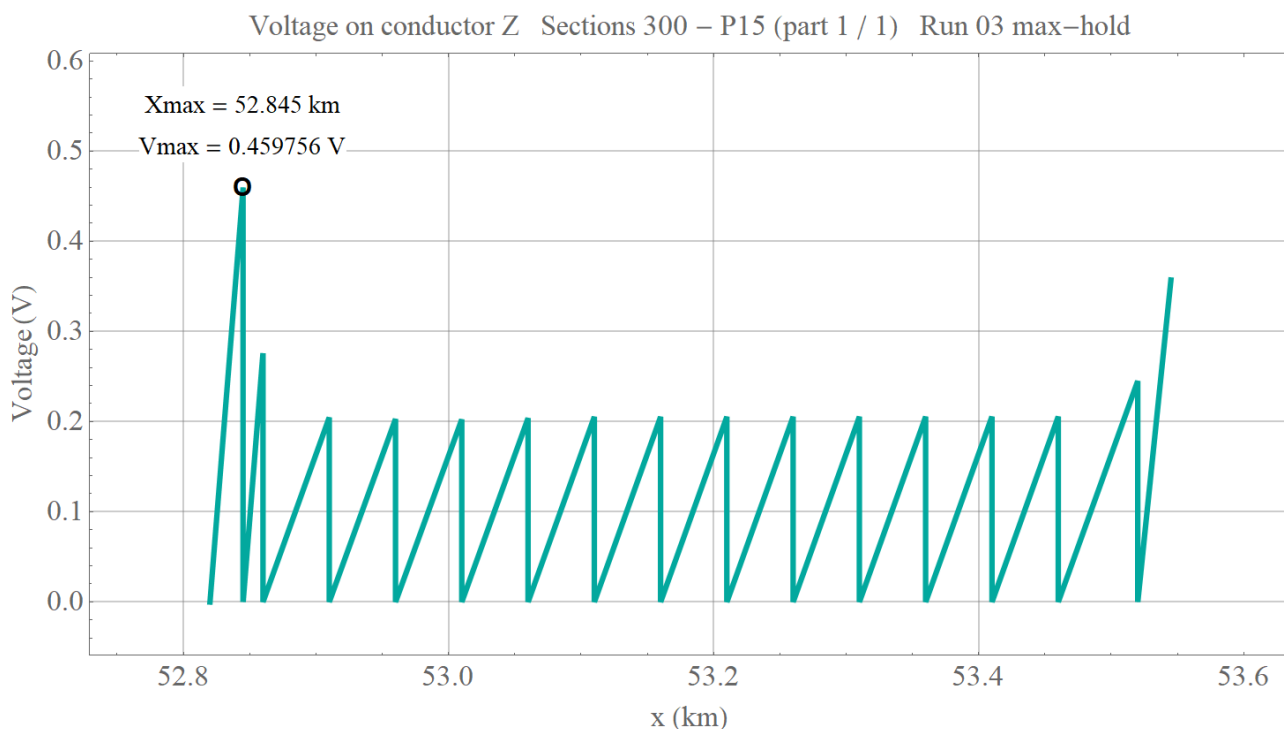
b. Onderhoud



Afbeelding 207: Maximaal optredende spanning op locatie voor geleiderail (geleider X).

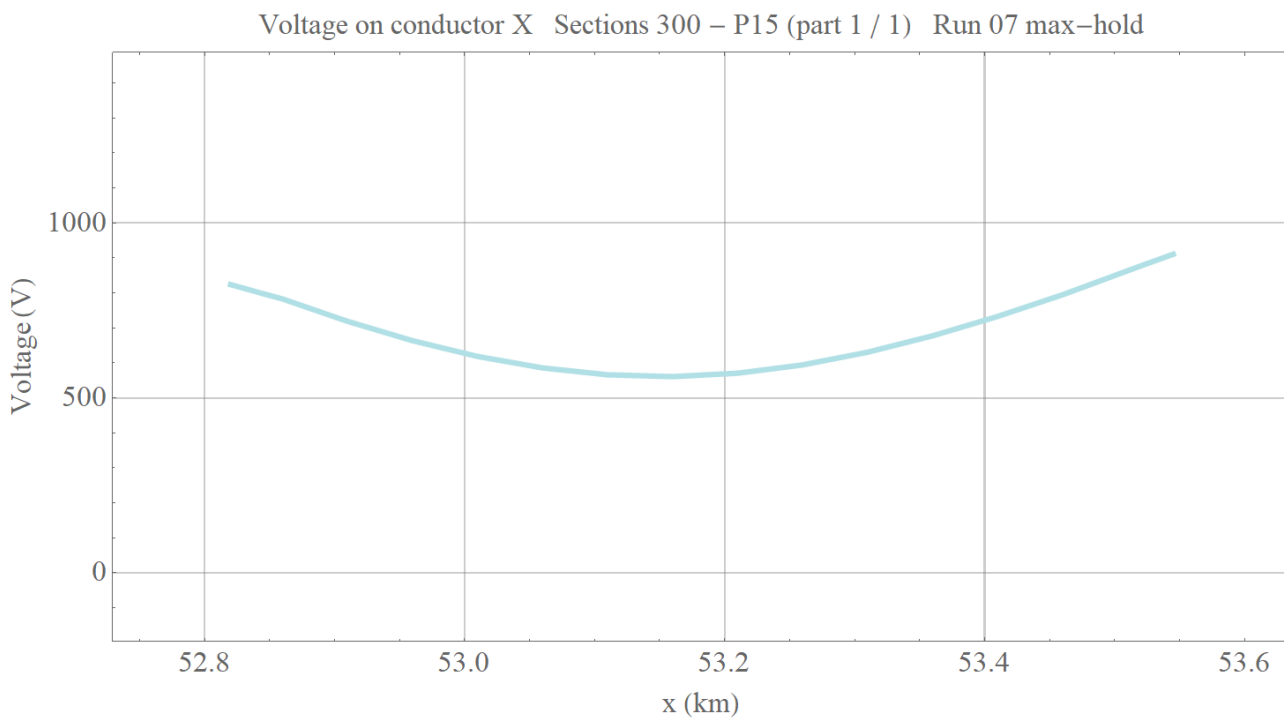


Afbeelding 208: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y).



Afbeelding 209: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z).

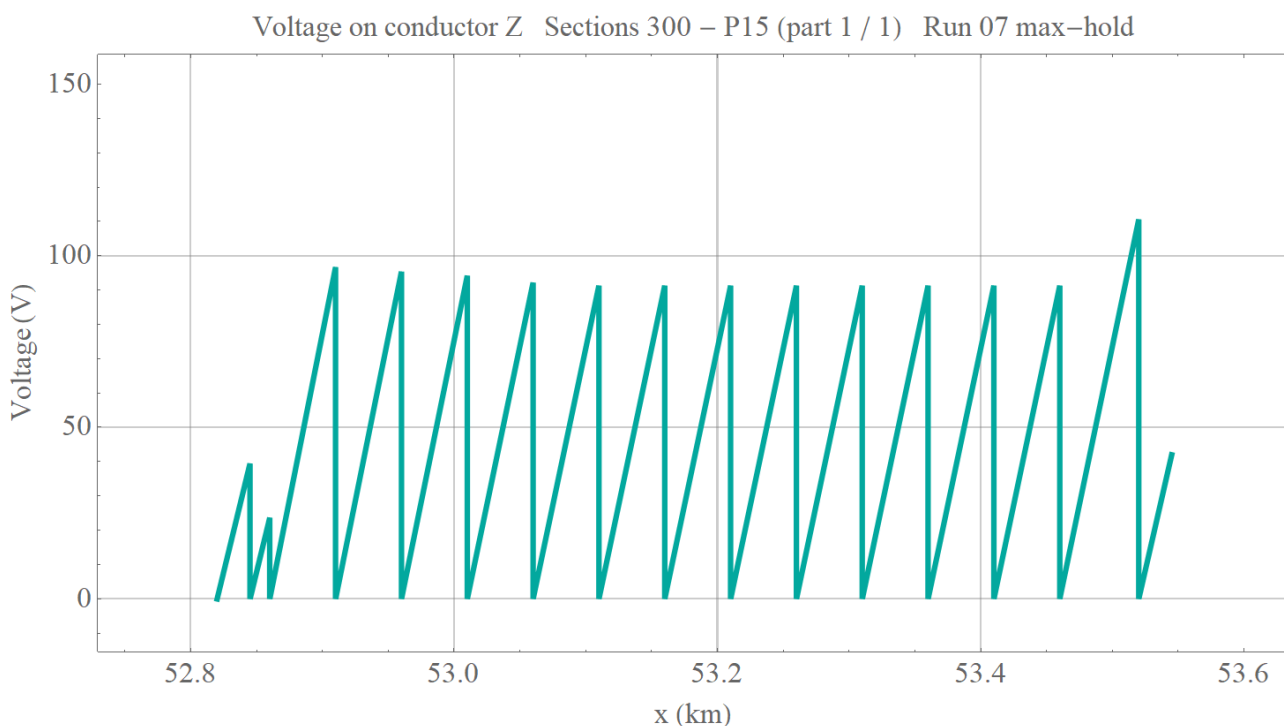
c. Kortsluiting



Afbeelding 210: Maximaal optredende spanning op locatie voor geleiderail (geleider X).



Afbeelding 211: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IB-kabel (geleider Y).



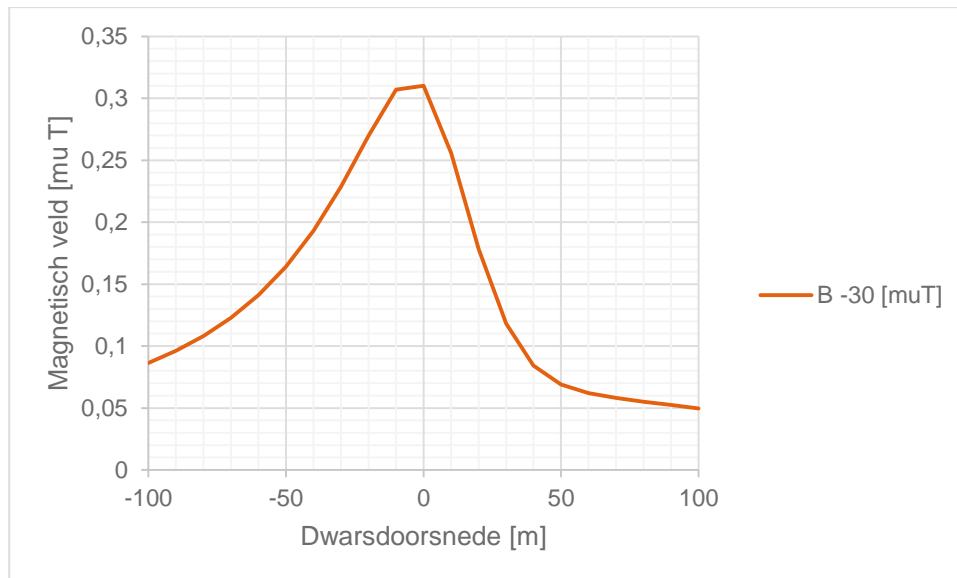
Afbeelding 212: Maximaal optredende spanning per sectie voor de IT-kabel (geleider Z).

12 BIJLAGE: RESULTATEN MAGNETISCH VELD RIJKSWATERSTAAT

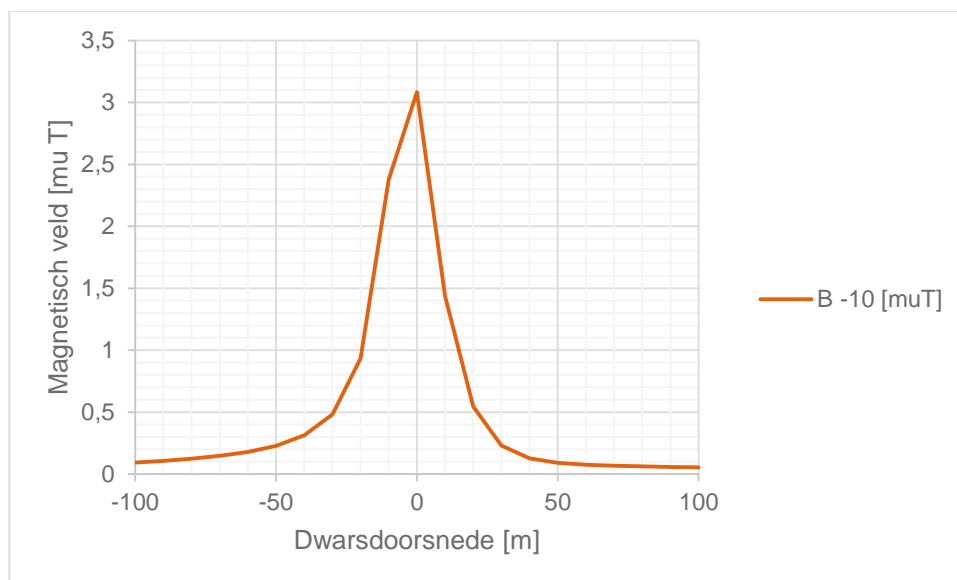
In onderstaande afbeeldingen is het magnetisch veld gegeven voor de liggingsdiepten -30, -10 en -1,6m van net op zee Hollands Kust (noord) en net op zee Hollandse Kust (west Alpha) op 1 meter boven maaiveld ten opzichte van hart circuit.

Dit is gedaan voor de normale bedrijfsvoering en de onderhoudssituatie.

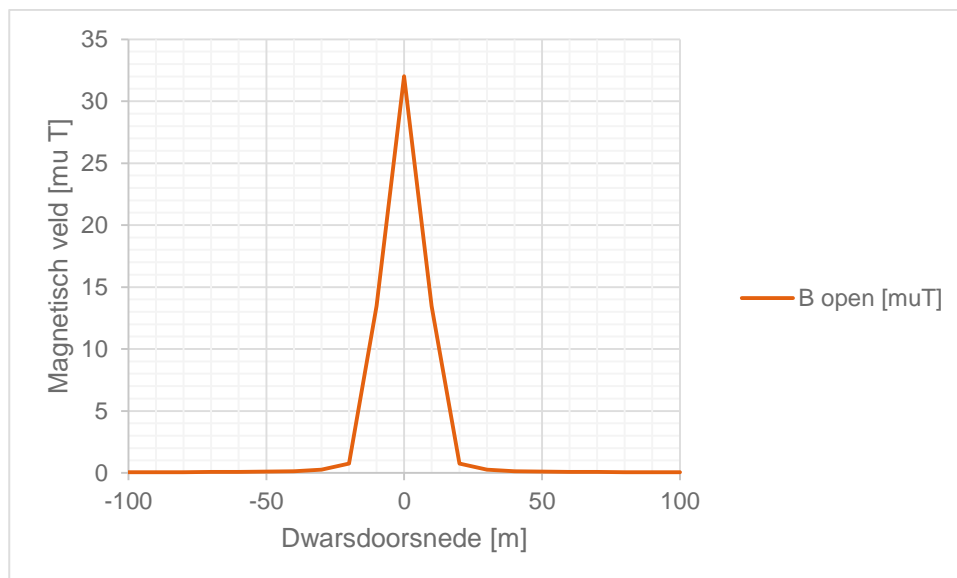
Normale bedrijfsvoering



Afbeelding 213: Magnetisch veld op 30 meter diepte.

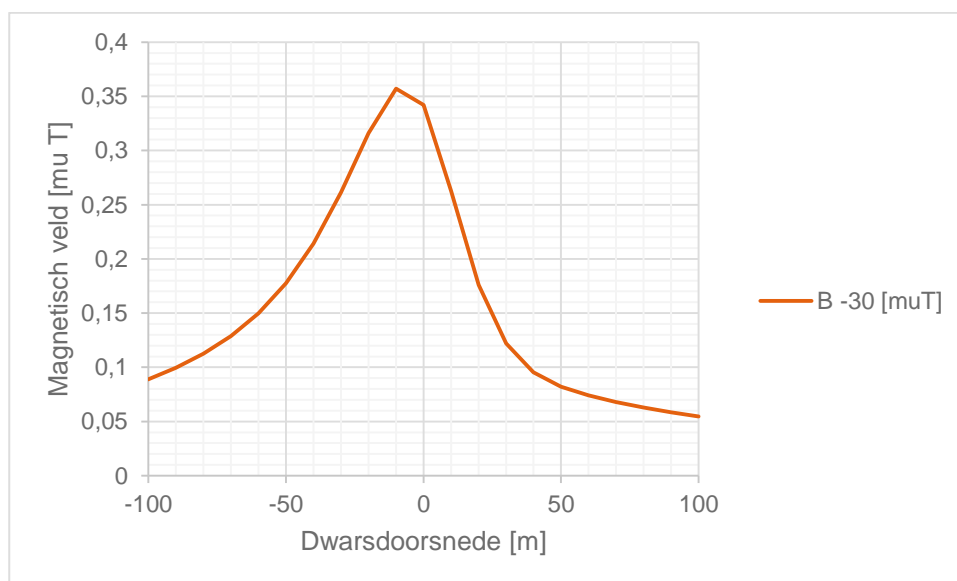


Afbeelding 214: Magnetisch veld op 10 meter diepte.

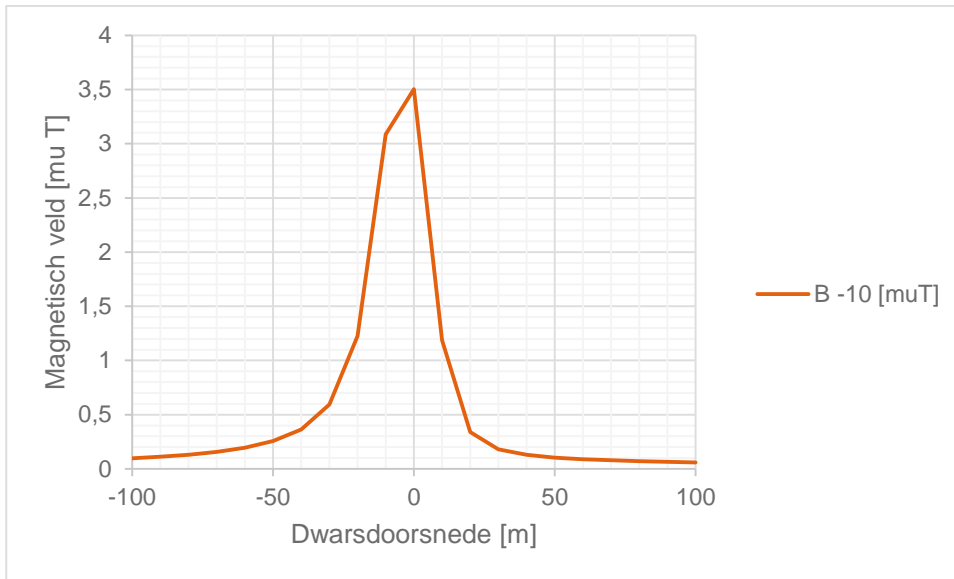


Afbeelding 215 : Magnetisch veld op 1,6 meter diepte (open ontgraving).

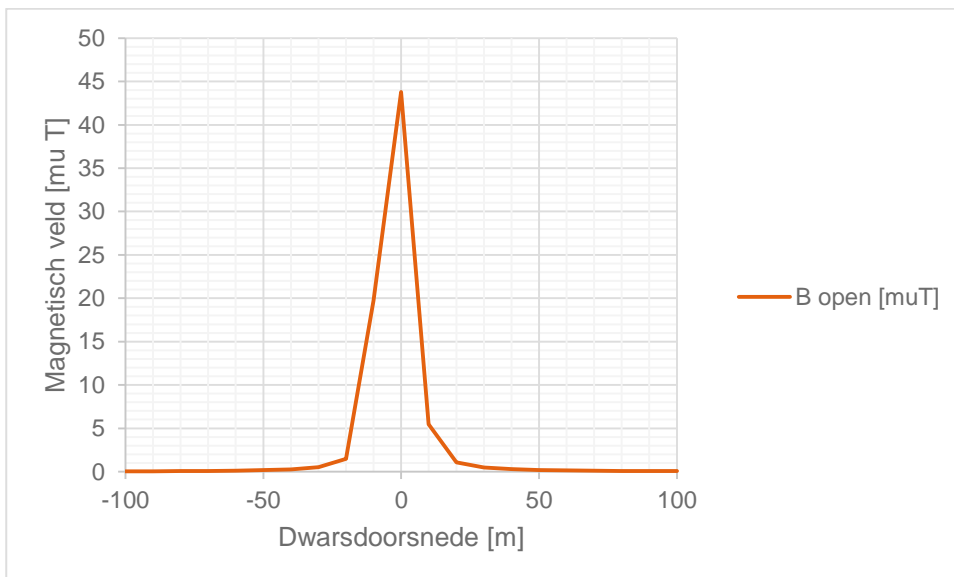
Onderhoudssituatie



Afbeelding 216: Magnetisch veld op 30 meter diepte.



Afbeelding 217: Magnetisch veld op 10 meter diepte.



Afbeelding 218: Magnetisch veld op 1,6 meter diepte (open ontgraving).

COLOFON

NET OP ZEE HOLLANDSE KUST (NOORD) EN HOLLANDSE KUST (WEST ALPHA) EMC-
BEREKENINGEN
EMC-BEREKENINGENRAPPORTAGE T.B.V. VERGUNNINGAANVRAGEN

KLANT

TenneT

AUTEUR

Remco Paulussen & Hesse Hoeksma

ONZE REFERENTIE

079912617 D

DATUM

8 oktober 2018

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Prerna van de Vall
Specialist

VRIJGEGEVEN DOOR

Gertjan Bloemberg
Senior Projectleider

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland
+31 (0)88 4261261

www.arcadis.com