

BVW150

Berekeningen magneetvelden BVW150

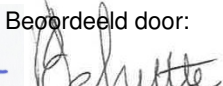
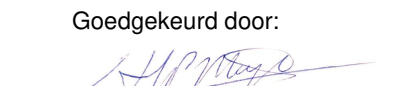
TenneT TSO B.V

Rapport nr.: 21-1552, Rev. 2

Datum: 2022-04-26



Projectnaam:	BVW150	Energy Systems
Rapport titel:	Berekeningen magneetvelden BVW150	DNV Netherlands B.V.
Klant:	TenneT TSO B.V , Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem	Utrechtseweg 310-B50
Contactpersoon klant:	Arend middelburg	6812 AR Arnhem
Datum uitgave:	2022-04-26	
Project nr.:	10288336	
Organisatie unit:	TDT	Tel: 026 356 9111
Rapport nr.:	21-1552, Rev. 2	Handelsregister Arnhem 09006404

Geschreven door:	Beoordeeld door:	Goedgekeurd door:
		
P. Stoevelaar Consultant D. Venkatesh Consultant	P. Schutte Senior Consultant	H. Meijs Senior Consultant

Copyright © DNV 2022. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited.

DNV Distributie:

Trefwoorden:

EMV, elektromagnetische velden,
gezondheidseffecten,
voorzorgsbeleid, hoogspanningslijn,
opstijgpunten, specifieke
magneetveldzone, RIVM-handreiking

- ☐ Open
☐ Intern
☒ Commercieel vertrouwelijk
☐ Vertrouwelijk
☐ Geheim

*Specificatie distributie: --

Rev.	Datum	Reden van uitgave	Auteur	Beoordelaar	Goedgekeurd door
0	2021-09-30	Eerst uitgave	P. Stoevelaar	P. Schutte	H. Meijs
1	2021-10-11	Tweede uitgave	P. Stoevelaar	P. Schutte	H. Meijs
2	2022-04-26	Herberekening nieuwe kabel layout	P. Stoevelaar D. Venkatesh	P. Schutte	H. Meijs

Inhoudsopgave

1	SAMENVATTING	1
2	ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN VOOR JAARGEMIDDELDE BLOOTSTELLING AAN 0,4 MICROTESLA	1
2.1	Handreiking van het RIVM	1
2.2	Indicatieve en specifieke zone	2
2.3	Zoneberekening	3
2.4	Klokgetal-optimalisatie	3
2.5	Uitgangspunten, Rekenmodel en methode	6
2.6	Resultaten berekeningen 0,4 µT-contouren	7
3	ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN VOOR KORTETERMIJN BLOOTSTELLING AAN 100 MICROTESLA	9
3.1	Uitgangspunten, Rekenmodel en methode	9
3.2	Resultaten berekeningen 100 µT-contouren	10
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	12
4.1	Conclusies en aanbevelingen 0,4-microtesla	12
4.2	Conclusies en aanbevelingen 100 microtesla	12
Appendix A	BVW150 Tekeningen	
Appendix B	Appendix A	
Appendix C	GIS Details	
Appendix D	GIS COMSOL Magneetveldberekeningen	
Appendix E	Aditionele informatie	
Appendix F	100 µT - Stroomrichtingen en	
Appendix G	Phase optimalisatie resultaten	
Appendix H	Referentie limieten ICNIRP en IEEE	

1 SAMENVATTING

DNV was gevraagd om 0,4uT studie uit te voeren voor lange termijn blootstelling en een 100uT studie voor kortetermijn blootstelling van het magneetveld rond het onderstation BVW150. Binnen dit project is er een aparte studie gedaan voor de GIS binnen het station, hieruit bleek dat de bijdrage van het GIS aan de magneetveldcontouren verwaarloosbaar is. Verder is er een fase optimalisatie gedaan voor alle kabels die op het station aankomen.

2 ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN VOOR JAARGEMIDDELDE BLOOTSTELLING AAN 0,4 MICROTESLA

TenneT B.V. heeft DNV de opdracht gegeven om het magneetveld te bepalen rondom BVW150 binnen het "Netverzwaring Beverwijk - Velsen – Oterleek", daarbij rekening houdend met de eigenschappen van de hoogspanningskabelverbindingen. De kabel layout en situatie in de omgeving rond het station is te vinden in 0.

2.1 Handreiking van het RIVM

Voor het berekenen van de magneetveldzone van een specifieke bovengrondse hoogspanningslijn heeft het RIVM in opdracht van de Nederlandse overheid een zogenoemde 'Handreiking' opgesteld.¹ Hierin worden de benodigde gegevens en de rekenmethode vastgelegd om tot de 'specifieke magneetveldzone' voor de betreffende lijn te komen, dus met de specifieke kenmerken van die lijn. In de rekenmethode zijn vereenvoudigingen aangebracht die leiden tot een ruime inschatting van de breedte van de magneetveldzone. Omdat het voorzorgbeleid zich specifiek richt op *bovengrondse* hoogspanningslijnen is er door het RIVM geen handreiking voor *ondergrondse* hoogspanningskabels, stations en opstijgpunten ontwikkeld.

Voor berekeningen van de specifieke magneetveldcontour van ondergrondse hoogspanningskabels wordt meestal gebruik gemaakt van afspraken over berekeningen voor ondergrondse hoogspanningskabels, die onder begeleiding van het RIVM zijn gemaakt voor het project 'Randstad 380 kV' van TenneT.² Deze afspraken worden in Nederland frequent gebruikt door adviesbureaus en netbeheerders. Met deze methode kan de specifieke magneetveldcontour van de kabel worden uitgerekend, dat wil zeggen "het gebied waarbinnen het magnetische veld gemiddeld over een jaar boven 0,4 microtesla ligt".

Voor de berekeningen van de hoogspanningskabels zijn de specifieke uitgangspunten hieronder samengevat:

- Voor alle kabels in dit project wordt de 0,4 microteslacontour weergegeven, specifieke magneetveldzone zijn voor kabels dicht bij het station niet gedefinieerd, zij vallen onder overgangsgebieden. Dus de contouren worden niet afgerond.
- Zoals in de Handreiking wordt beschreven, wordt voor 150 kV-circuits een rekenstroom gekozen van 50% van de ontwerpstroom. Als een circuit zwaarder belast wordt, mag er in overleg met netbeheerder van deze percentages worden afgeweken. TenneT heeft gecontroleerd of er hogere stroomwaarden dan de standaard percentages gehanteerd moeten worden en heeft bepaald dat dit niet nodig is.

Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij behorende Handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen. In deze rapportage zijn ook breedtes van "magneetveldzones" berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de notitie 'Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningstations behorende

¹ Zie: "Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen", versie 4.1, RIVM, 26 oktober 2015 (te vinden op <https://www.rivm.nl/hoogspanningslijnen/handreiking>).

² Zie notitie "Afspraken over de berekening van de 'magneetveldzone' bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV-verbinding", RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM).

tot de Randstad 380 kV verbinding', RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

2.2 Indicatieve en specifieke zone

In het Nederlandse voorzorgsbeleid is de term *magneetveldzone* gedefinieerd. Dit is de strook grond van een bepaalde breedte die zich aan beide zijden langs de bovengrondse hoogspanningslijn bevindt, waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 microtesla. Voor elke hoogspanningslijn in Nederland kan de magneetveldzone worden uitgerekend. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de *indicatieve* magneetveldzone en de *specifieke* magneetveldzone.

Het RIVM heeft ten behoeve van partijen die ruimtelijke ontwikkelingen nastreven, zoals gemeentes, de Netkaart ontwikkeld waarop voor elke bestaande bovengrondse hoogspanningslijn een indicatie van de breedte van de magneetveldzone kan worden opgezocht. Deze indicaties fungeren als een snelle eerste afwegingsmogelijkheid om in te schatten hoe breed de magneetveldzone ter plaatse is.

De specifieke magneetveldzone is de zone die specifiek voor een bovengrondse hoogspanningslijn is berekend volgens de methode die is vastgelegd in de Handreiking van het RIVM. Het resultaat van deze specifieke berekening is nauwkeuriger dan de indicatieve magneetveldzone. Vanwege de conservatieve keuze voor de berekeningsparameters bij het bepalen van de indicatieve zones zal de op een bepaalde locatie berekende specifieke zone meestal smaller zijn dan de indicatieve zone. Het verschil tussen de indicatieve en de specifieke magneetveldzone bij een bovengrondse hoogspanningslijn is dat een indicatieve magneetveldzone globaal is bepaald, terwijl de specifieke magneetveldzone is berekend volgens de Handreiking van het RIVM, toegespitst op de locatie-specifieke technische configuratie. De hoogte voor de berekening is steeds 1 m boven maaiveld.

Om de specifieke magneetveldzone van een hoogspanningslijn te berekenen, is informatie van TenneT nodig. De verschillende parameters die een rol spelen worden uitgebreid beschreven in genoemde Handreiking van het RIVM. De belangrijkste hiervan zijn:

- *bedrijfsspanning*: het voltage van het circuit, uitgedrukt in volt (V) of kilovolt (kV);
- *aantal circuits*: een circuit bestaat uit een enkel driefasen-systeem van drie geleiders op één spanningsniveau;
- *mastgeometrie*: het gaat dan om de precieze locatie van de ophanging van de geleiders in de hoogspanningsmast (hoogte boven maaiveld, de laterale afstand tot het hart van de hoogspanningslijn, de onderlinge afstand tussen de geleiders);
- *ontwerpbelasting*: dit is de belasting, uitgedrukt in voltampère (VA) of megavoltampère (MVA), die de geleiders van een hoogspanningslijn op grond van hun thermische eigenschappen gedurende langere tijd maximaal kunnen doorstaan;
- *stroomrichting*: de richting van het transport van de elektrische energie;
- *symmetrie*: binnen een hoogspanningsverbinding wordt ervan uitgegaan dat de stroom zich symmetrisch over de aanwezige circuits (en fasen) verdeelt.

De specifieke magneetveldzone hangt vooral af van de sterkte van de stroom door de geleiders, gemeten in ampère (A) of kiloampère (kA). De sterkte van het magnetisch veld van een hoogspanningslijn is recht evenredig met deze stroomsterkte. Verdubbeling van de stroomsterkte geeft, gemeten op een bepaalde plaats, een verdubbeling van de sterkte van het magnetisch veld. De sterkte van het magnetisch veld is daarnaast omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand tot de hoogspanningslijn. Een verdubbeling van de afstand tot een hoogspanningslijn, bijvoorbeeld van tien naar twintig meter, geeft een vier keer lagere magnetische veldsterkte.

De stroomsterkte in een hoogspanningslijn is echter nooit constant. De stroomsterkte is afhankelijk van de elektriciteitsvraag. Wanneer er een hoge elektriciteitsvraag is, is de stroom meestal hoger dan wanneer de elektriciteitsvraag laag is. Om het jaargemiddelde magnetisch veld, dat in het voorzorgsbeleid van de rijksoverheid wordt gebruikt, uit te rekenen, moet eerst de jaargemiddelde stroomsterkte worden bepaald. Dit is de stroom die gemiddeld over een jaar door een circuit van een hoogspanningslijn loopt.

Om de jaargemiddelde stroom door een circuit te schatten en om rekening te houden met toekomstige groei in de belasting van het hoogspanningsnet, wordt in de Handreiking van het RIVM voor de circuits van een hoogspanningslijn met een bedrijfsspanning van 150 kV uitgegaan van een *rekenstroom* van 50% van de ontwerpstroom. De ontwerpstroom is te berekenen op basis van de ontwerpbelasting en de ontwerpspanning.³

Voor verdere details wordt verwezen naar de Handreiking.

Hoewel de bovenstaande uitleg zich richt op bovengrondse lijnen, gelden dezelfde concepten voor ondergrondse verbindingen². Ook voor deze ondergrondse kabels wordt de specifieke magneetveldzone bepaald en worden dezelfde regels omtrent de berekening ervan gevolgd.

2.3 Zoneberekening

DNV hanteert bij berekeningen van magneetveldzones van hoogspanningskabels altijd de werkwijze van genoemde Handreiking en de Afspraken over de berekening van de 'magneetveldzone' bij ondergrondse kabels. DNV is opgenomen in de lijst van het RIVM met "Adviesbureaus waarvan bekend is dat ze ervaring hebben met zoneberekeningen volgens de RIVM-handreiking".

De berekening in deze rapportage is uitgevoerd volgens genoemde Handreiking.

Om de onzekere wetenschappelijke aanwijzingen te vertalen naar een concrete zoneberekening zijn in de genoemde Handreiking bepaalde keuzes en vereenvoudigingen gemaakt. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een belangrijke vereenvoudiging is dat de berekening plaatsvindt tussen twee opeenvolgende masten. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemdraden niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningslijn.

Deze vereenvoudigingen leiden ertoe dat de in deze rapportage berekende specifieke magneetveldzone niet de werkelijke sterkte van het magnetische veld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip weergeeft, maar een toekomstgerichte magneetveldzone die past binnen het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid. Er zijn gevallen waar de magneetveldzone niet met een rechte lijn kan worden weergegeven. Dit is vaak het geval in ingewikkeldere situaties zoals parallelle en kruisende lijnen en opstijpunten. Hier is de magneetveldsterkte als contour in een plat vlak (eveneens op 1 m boven maaiveld) weergegeven.

Door de complexe situatie rondom het onderstation is er voor gekozen de 0,4uT contour weer te geven voor de ondergrondse kabelverbindingen. Binnen deze berekening zijn de kabels van het station tot de aansluiting op de bestaande kabel verbinding gemodelleerd.

2.4 Klokgetal-optimalisatie

Klokgetal-optimalisatie (wijzigen van de fase-volgorde) is een manier om in specifieke gevallen de magneetveldzone van bovengrondse hoogspanningslijnen smaller te maken.⁴ De smallere zones buiten de lijnen worden bereikt doordat de fasegeleiders aan de ene kant van de mast ten opzichte van de fasegeleiders aan de andere kant van de mast zodanig worden gepositioneerd dat het resulterende magneetveld minimaal is. De magneetvelden van de circuits in de lijn compenseren elkaar dan zoveel mogelijk waardoor de magneetveldzone aan weerszijden van de lijn smaller wordt.

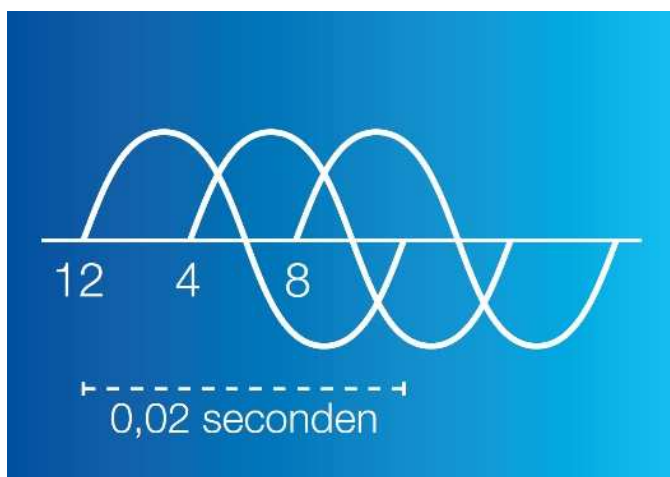
In onderstaande figuren wordt een en ander verduidelijkt. Het magneetveld rond de hoogspanningslijn is de som van de magneetvelden van de circuits van de lijn. In het voorbeeld wordt het magneetveld beschouwd in punt A.

³ De formule hiervoor is: $\text{ontwerpbelasting (in MVA)} = \sqrt{3} \cdot \text{ontwerpspanning (in kV)} \cdot \text{ontwerpstroom (in kA)}$.

⁴ Vanzelfsprekend heeft klokgetal-optimalisatie uitsluitend nut en effect als optimalisatie nog mogelijk is, m.a.w. als de fasen van een verbinding in de bestaande situatie nog niet optimaal ten opzichte van elkaar zijn gepositioneerd.

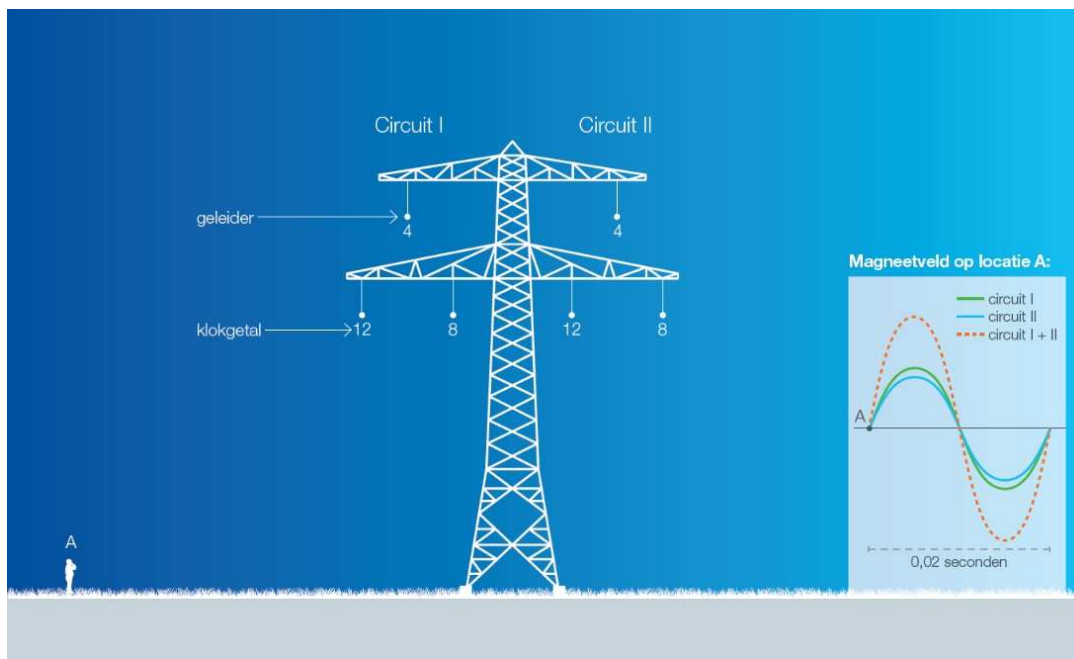
Figuur 2 toont de typische situatie terwijl Figuur 3 een geoptimaliseerde situatie laat zien. Ten opzichte van de typische situatie zijn hierbij twee fasen in circuit II van plaats gewisseld. Als resultaat daarvan zullen in punt A de magnetische velden van beide circuits in tijd (fase) iets verschoven zijn. De som van beide magnetische velden wordt daardoor kleiner en daarmee wordt de magneetveldzone van de verbinding smaller.

De stroomvoerende "draden" in een bovengrondse hoogspanningsverbinding worden geleiders genoemd. Voor elektriciteitstransport op basis van driefasenwisselspanning zijn tenminste drie geleiders nodig, voor elk van de drie wisselspanningen één geleider. Elk van de drie geleiders heeft een fase die aangeduid wordt met een klokgetal. De drie geleiders samen wordt een circuit genoemd. In Nederland bestaan de meeste bovengrondse hoogspanningsverbindingen uit twee circuits; aan iedere kant van de mast één.

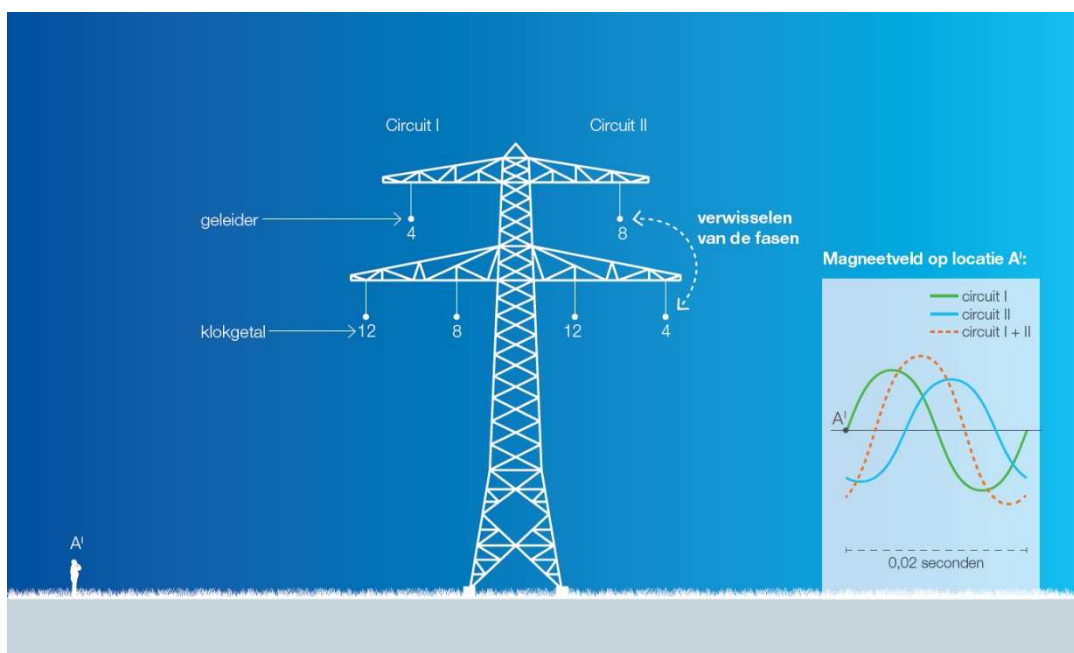


Figuur 1 Klokgetallen en spanningsverloop binnen één circuit (voorbeeld)

De drie fasen worden elk aangeduid met een klokgetal (12, 4 en 8) zoals in Figuur 1. Die aanduiding is ontleend aan de wijzerplaat van een klok. Op een klok waarvan de wijzer in 0,02 seconde rond zou gaan, zouden alle drie de fasen in dat tijdsbestek één keer starten vanuit hun nulpunt. En dat zou zijn op de momenten waarop de wijzer zou staan op 12, resp. 4 en 8 (zie Figuur 2).



Figuur 2 Typische situatie (voorbeeld)



Figuur 3 Geoptimaliseerde situatie (voorbeeld)

Door de positie van de klokgetallen (fasen) aan te passen, kan worden gezocht naar de situatie waarin de magneetvelden van de afzonderlijke circuits elkaar maximaal dempen, waardoor de magneetveldzone van de verbinding wordt geminimaliseerd.

Zoals de fase voor bovengrondse verbindingen kan worden geoptimaliseerd om de magneetveldzone te verkleinen kan ditzelfde worden gedaan voor ondergrondse verbindingen. Hierin is de werkwijze identiek aan bovengronds verbindingen. DNV heeft voor dit rapport klokgetaloptimalisatie uitgevoerd.

2.5 Uitgangspunten, Rekenmodel en methode

De software die is gebruikt voor de berekening is een DNV tool, deze is gevalideerd met EFC 400 van Narda.^{5 6}

Alle berekeningen zijn uitgevoerd in de periode september 2021 t/m april 2022.

Voor de berekeningen van de hoogspanningskabels zijn de specifieke uitgangspunten hieronder samengevat:

Voor alle kabels in dit project wordt de 0.4 microteslacontour weergegeven, specifieke magneetveldzone zijn voor kabels dicht bij het station niet gedefinieerd, zij vallen onder overgangsgebieden. Dus de contouren worden niet afgerond.

Bij berekeningen van de 0,4 microteslacontour wordt altijd een 'rekenstroom' gebruikt. Deze stroom kan worden gezien als een schatting van de (eventueel in de toekomst) maximaal te verwachten, jaargemiddelde stroomsterkte. De rekenstroom is gerelateerd aan de ontwerpstroom van een circuit en wordt bepaald door in de berekeningen uit te gaan van 50% van de ontwerpstroom voor 150, 110 en 50 kV-circuits. Bij een 150 kV-kabel moet derhalve uitgegaan worden van 50% van de ontwerpstroom. De gebruikte stromen zijn conform de RIVM-handreiking en Afspraken over de rekenmethodiek.

Alle gegevens van de hoogspanningslijnen zoals gebruikt voor de berekeningen zijn opgenomen in de volgende secties. Deze informatie is of door TenneT aan DNV verstrekt of door DNV berekend en daarna door TenneT geverifieerd en goedgekeurd.

Dit hoofdstuk heeft betrekking op de ondergrondse hoogspanningskabels nabij de BVW150 station. De verbindingen zijn samengevat in Tabel 2-1. Voor al deze verbindingen wordt een rekenstroom gebruikt die 50% is van de ontwerpstroom. Voor verbindingen die met dubbele kabels zijn uitgevoerd, is aangenomen dat de stroom zich gelijk verdeelt over beide kabels.

Tabel 2-1 Details van de verbindingen

Officiële naam kabelverbinding	Afkorting	Kabeltype	geleider-diameter [mm]	Nominale spanning [kV]	Ontwerpstroom [A]	Rekenstroom [A] (50%)	Nominaal vermogen [MVA]
Velsen Wit	VLN-BVW150 W	2500 Cu Mil	62	150	1924	962	500 MVA
Velsen Zwart	VLN-BVW150 Z	2x 2500 Cu Mil	62	150	1924	962	500 MVA
Velsen Oranje	VLN-BVW150 O	2x 1600 Al Mil	50	150	1924	962	500 MVA
Oterleek Wit	OTL-BVW150 W	1600 Al Mil	50	150	785	393	240 MVA
Oterleek Zwart	OTL-BVW150 Z	1600 Al Mil	50	150	785	393	240 MVA
Oterleek Oranje	OTL-BVW150 O	2500 Cu Mil	62	150	1186	593	308 MVA
Oterleek Paars	OTL-BVW150 P	2500 Cu Mil	62	150	1186	593	308 MVA
BVW TR 411	BVW150-BVW380 O	2x 2500 Al Mil	50	150	1924	962	500 MVA
BVW TR 412	BVW150-BVW380 W	2500 Cu Mil	62	150	1924	962	500 MVA
BVW TR 413	BVW150-BVW380 Z	2x 2500 Cu Mil	62	150	1924	962	500 MVA

⁵ Zie: <https://www.narda-sts.com/en/wideband-emf/efc-400-software/>.

⁶ Bij de opname in de lijst met 'Adviesbureaus waarvan bekend is dat ze ervaring hebben met zoneberekeningen volgens de Handreiking van het RIVM' heeft DNV de zogenoemde standaardconfiguraties doorgerekend met het programma Herbs 2.0 (applet "EMF-6"). Momenteel wordt door DNV het programma EFC-400 gebruikt. In het interne kwaliteitssysteem van DNV is vastgelegd dat dit nieuwe programma voor de standaardconfiguraties dezelfde resultaten laat zien."

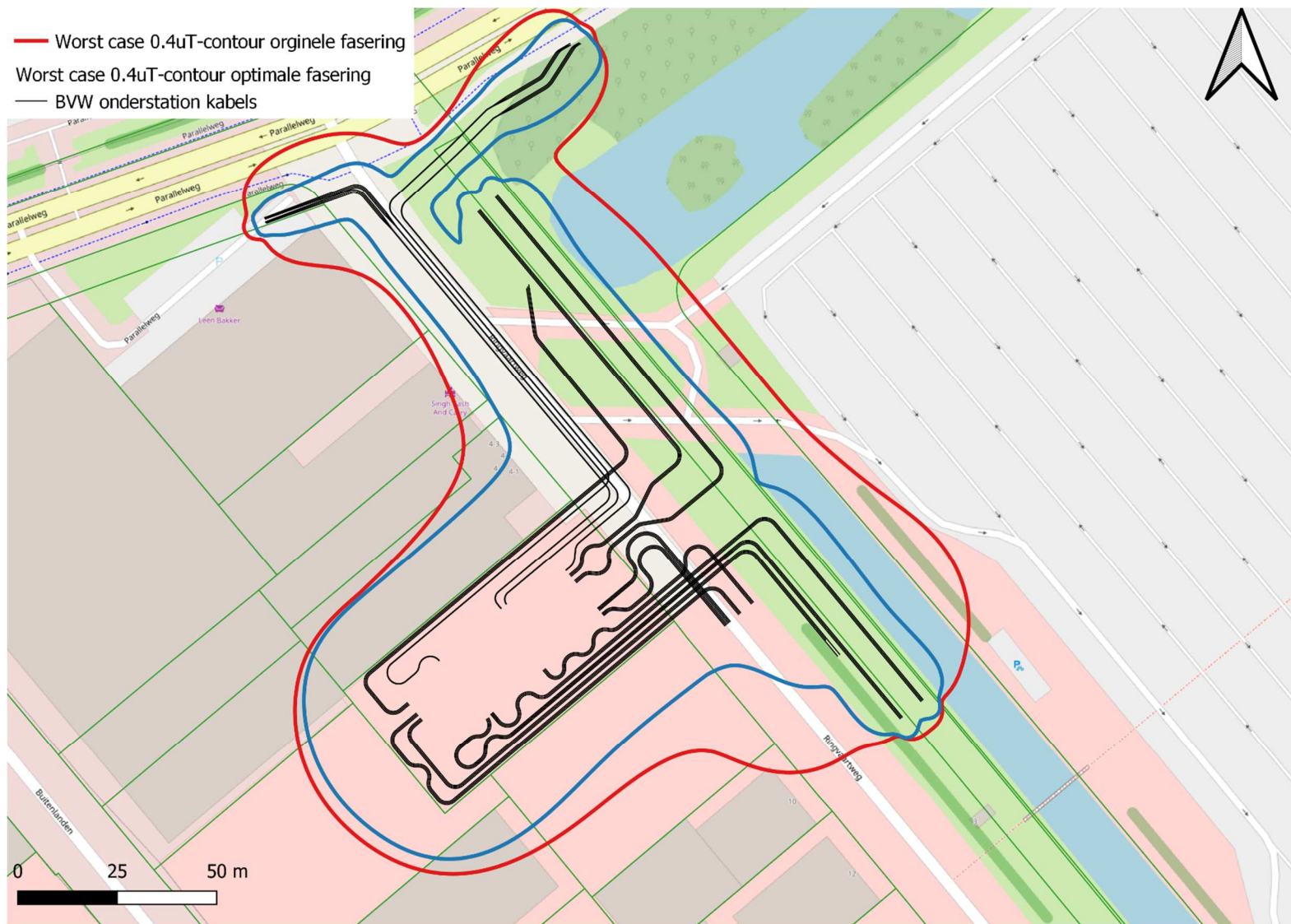
In Tabel 2-2 zijn de verschillende stroomrichtingen gedefinieerd zoals deze zijn toegepast voor de berekeningen. Hierin geven de pijlen aan of de stroom van (→) of naar (←) het onderstation loopt. De fase van de individuele kabel is opgenomen in Tabel F.1; zowel de originele als geoptimaliseerde fase is weergegeven.

Tabel 2-2 Toegepaste stroomrichtingen

Connection	Stroomrichting 1	Stroomrichting 2	Stroomrichting 3	Stroomrichting 4
OTL-BVW150 O	→	→	→	→
OTL-BVW150 W	→	→	→	→
OTL-BVW150 P	→	→	→	→
OTL-BVW150 Z	→	→	→	→
VLN-BVW150 O	→	→	←	→
VLN-BVW150 Z	→	→	←	→
VLN-BVW150 W	→	→	←	→
BVW150-BVW380 Z	→	←	→	←
BVW150-BVW380 W	→	←	→	←
BVW150-BVW380 O	→	←	→	←

2.6 Resultaten berekeningen 0,4 μ T-contouren

In Figuur 4 staan de *worst case* 0,4 μ T-contouren voor de originele en optimale fase. De optimale fasering zorgt voor een aanzienlijke verkleining van de contour aan de westzijde van het station en aan de straat. De oppervlakte binnen de 0,4 μ T-contour is teruggebracht van 20.523 m² tot 14.248 m² voor de optimale configuratie. Voor deze resultaten, zie Appendix G Tabel G.1. Voor het station wordt een gedetailleerde simulatie van de GIS-busducts gemaakt. Dit omdat deze duct voor een magnetische afscherming van de busbars zorgt en het de magneetveldcontour van het onderstation verkleint. Hierdoor mag deze bijdrage verwaarloosd worden. Voor de studie van het GIS zie Appendix D.



Figuur 4 Worst case 0.4 μT-contour orginele fasering en optimale fasering

3 ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN VOOR KORTETERMIJN BLOOTSTELLING AAN 100 MICROTESLA

In 1998 heeft ICNIRP, de International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection, de blootstellingslimiet voor velden van 50 hertz vastgelegd op 100 microtesla.⁷ Deze limiet geldt op voor publiek toegankelijke plaatsen. Hierin is met een veiligheidsmarge rekening gehouden met de onzekerheden die in wetenschappelijk onderzoek zitten. De Europese Unie heeft deze blootstellingslimiet in 1999 overgenomen in een Europese aanbeveling (1999/519/EG). Nederland volgt deze aanbeveling. Concreet betekent dit bijvoorbeeld dat buiten een 'transformatorhuisje' dat in de openbare ruimte staat de magnetische veldsterkte altijd lager dient te zijn dan 100 microtesla. Volgens het RIVM blijft de magnetische veldsterkte van bovengrondse hoogspanningslijnen, ondergrondse hoogspanningskabels en transformatorhuisjes op voor het publiek toegankelijke plaatsen ruim onder deze limiet.⁸

Om te onderzoeken of dit rondom BWV150 binnen het project "Netverzwaring Beverwijk - Velsen – Oterleek" ook het geval is, heeft TenneT aan DNV de opdracht gegeven om het magneetveld te bepalen rondom BWV150, daarbij rekening houdend met de eigenschappen van de hoogspanningskabelverbindingen.

3.1 Uitgangspunten, Rekenmodel en methode

Voor de berekening van de 100 μ T-contouren is gebruik gemaakt van een DNV tool. Deze interne tool werkt op dezelfde wijze als EFC 400 en is geverifieerd met EFC 400.

De hoogspanningskabel is als geleider gemodelleerd; het metalen kabelomhulsel (de mantel) is in de berekeningen niet beschouwd.

De blootstellingslimiet van 100 μ T geldt onder de maximale bedrijfswaarden op elke plek in de openbare ruimte. Voor hoogspanningskabels geldt hierbij het uitgangspunt van de maximale continue belastbaarheid van de verbinding,

Hoogspanningsnetwerken zijn voorzien van een zekere mate van redundantie, zodat in het geval van storing of onderhoud het netwerk blijft functioneren. Deze redundantie is uitgedrukt met de zogenaamde 'N-1'-situatie (dit wil zeggen: het aantal verbindingen min 1 buiten bedrijf waarbij N altijd groter moet blijven dan 0). Bij de 'N-1'-situatie is dus sprake dat één van de circuits uit bedrijf is. Bij normaal bedrijf is de stroom van de kabels verdeeld over twee circuits en zal deze stroom nooit groter zijn dan 50% van de belastbaarheid van de kabel. Een belasting van meer dan 50% komt bij normaal bedrijf niet voor, want dan zou in geval van storing het netwerk overbelast raken met langdurige uitval tot gevolg. Voor de berekening van de maximale veldsterkte bij maximaal bedrijf wordt dan ook uitgegaan van de zogenoemde 'N-1'-situatie. In de figuren waarin de 100 μ T-contouren worden weergegeven zijn steeds twee situaties zichtbaar, de situatie waarin alleen het linkercircuit belast is of de situatie waar alleen het rechtercircuit belast is. De afbeeldingen geven dus worst case aan.

Voor de 100 μ T-studie is gekozen voor een worst case aanpak omtrent het bepalen van de contouren. In deze aanpak wordt gekeken naar een 2D-doorsnede van het kabelbed op een plek waar veel kabels bij elkaar in de buurt liggen, omdat het alleen daar in de verwachting ligt dat het veld boven het maaiveld zal uitkomen. Een goede keus voor de worst case locatie direct grenzend aan het onderstation (zie Figuur 5 blauwe lijn). De locatie van alle individuele kabels en fase is weergegeven in Appendix G Tabel G.2. Vanwege het grote aanstroom richtingen (320) zijn deze opgenomen in Appendix F. De rekenstromen worden gegeven door de eerder benoemde N-1 situatie en zijn opgenomen in Appendix F.

⁷ Zie: "ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", gepubliceerd in *Health Physics* (volume 74, nr. 4, pp. 494-522, april 1998).

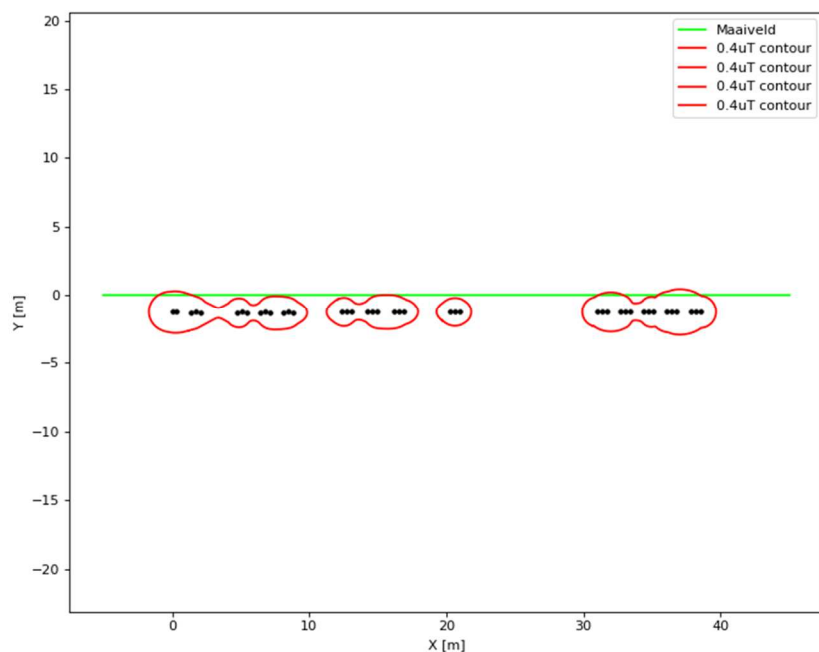
⁸ Zie: RIVM, "Verkenning van extreem-laagfrequente (ELF) magnetische velden bij verschillende bronnen; literatuur en metingen", te vinden op <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609300011.pdf>.



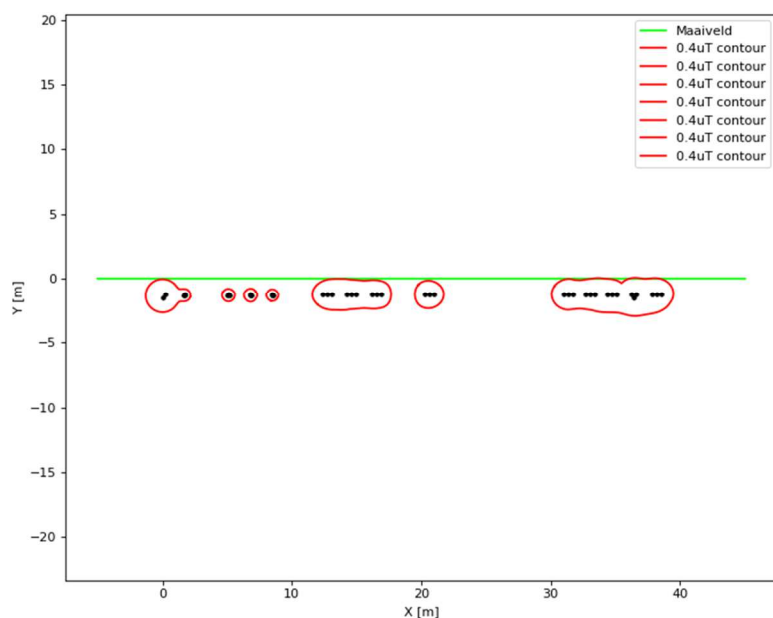
Figuur 5 Worst case 2D locatie

3.2 Resultaten berekeningen 100 μ T-contouren

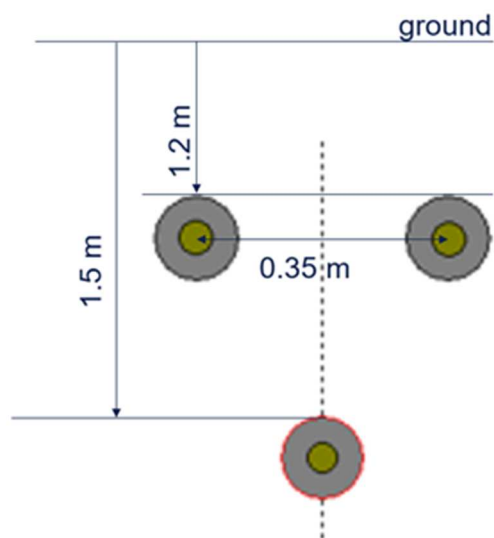
De worst case 100 μ T-contour nabij het onderstation Beverwijk 150 is weergegeven in Figuur 5. Daarin is het duidelijk dat de contour boven het maaiveld uitkomt. Daarom is er als mitigerende maatregel een optimale faseconfiguratie en aangepaste kabel positie bepaald, deze configuratie is beschreven in Appendix G. Alleen de positie van de BVW150-BVW380 W en de VLN-BVW150 is aangepast; zij liggen nu in delta formatie (zie Appendix F Tabel F.2 en Figuur 8). De worst case contour voor deze optimale configuratie is weergegeven in Figuur 7 , hierin komt de contour niet boven het maaiveld uit.



Figuur 6 Worst case 100µT contour Originele configuratie



Figuur 7 Worst case 100µT contour Optimale configuratie



Figuur 8 Delta configuratie BVW150-BVW380 W en VLN-BVW150

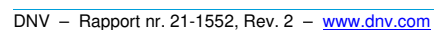
4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

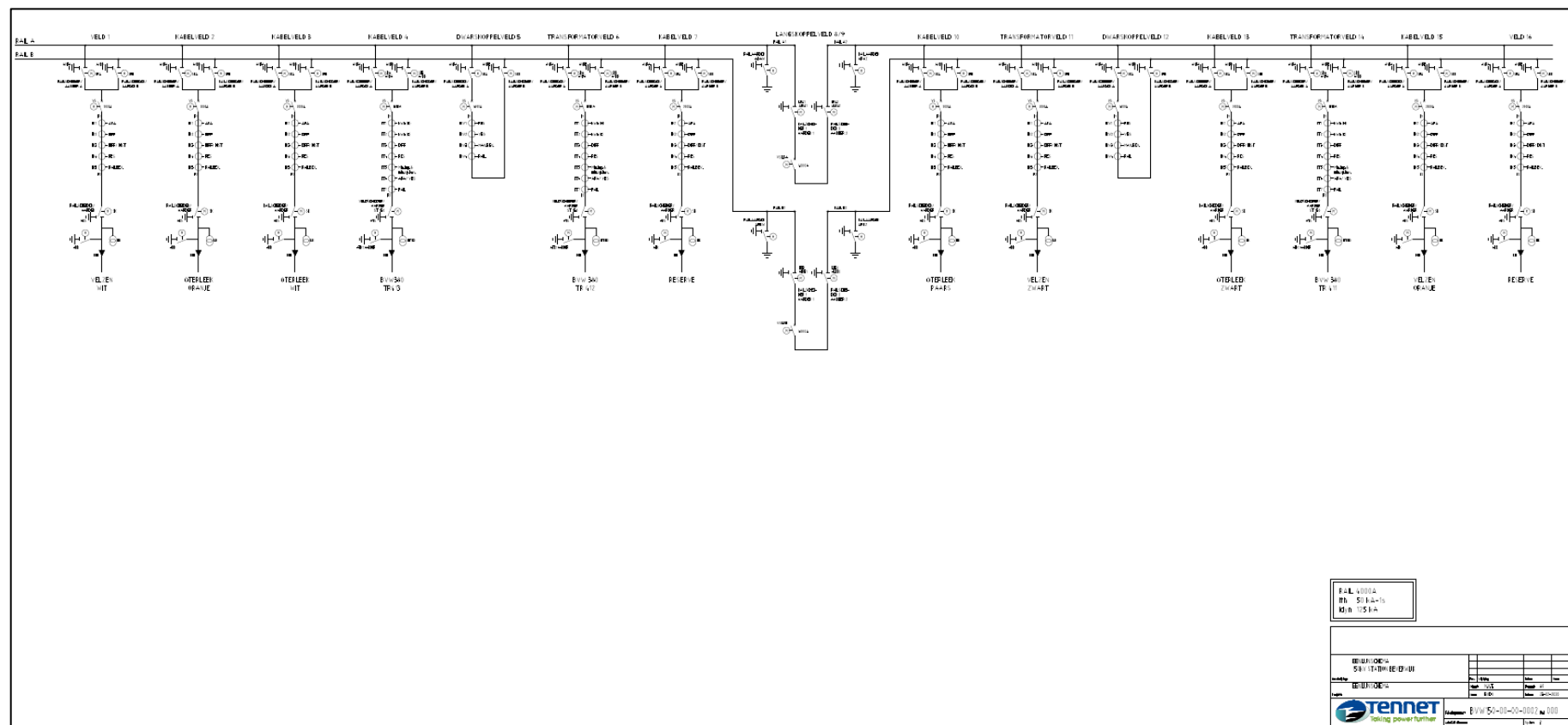
4.1 Conclusies en aanbevelingen 0,4-microtesla

Er is een berekening gedaan voor de 0,4 μT -magneetveldcontour. Deze is uitgevoerd voor zowel de originele configuratie als een fase-geoptimaliseerde configuratie. Om de magneetveld contour van het station te minimaliseren wordt aangeraden om de geoptimaliseerde faseconfiguratie te gebruiken. Meer details over deze maatregelen worden gegeven in Appendix G. Verder is er een gedetailleerde studie naar de GIS gedaan zie Appendix C, hieruit blijkt dat de GIS geen significante bijdrage heeft op de 0,4 μT -contour van de kabels.

4.2 Conclusies en aanbevelingen 100 microtesla

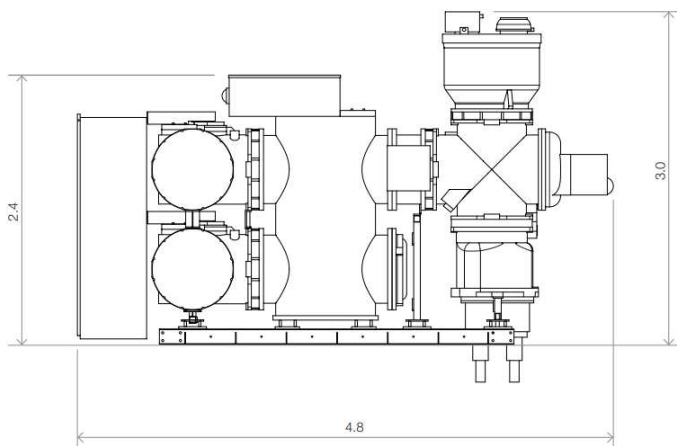
In de 100 μT -studie is de worst case contour op een worst case locatie bij het station. Hieruit blijkt dat een phase optimalisatie en het in een aangepaste configuratie leggen van de verbinding BVW380-BVW150 W en VLN-BVW150 W nodig is om de 100 μT contour onder het maaiveld te houden. Zowel BVW380-BVW150 W als VLN-BVW150 W moeten in een delta configuratie worden geplaatst zoals aangegeven in Figuur 8.





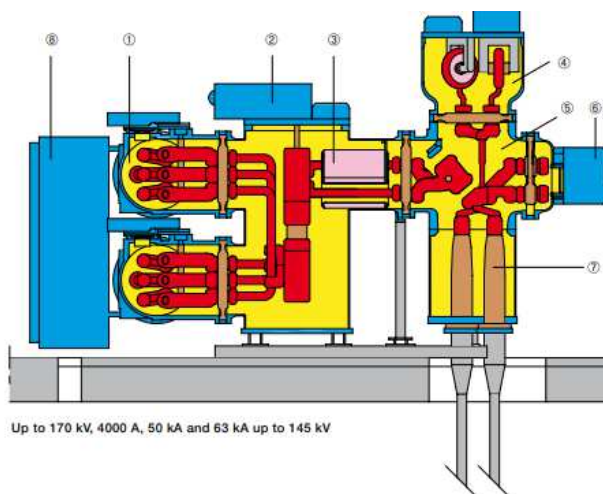
APPENDIX B

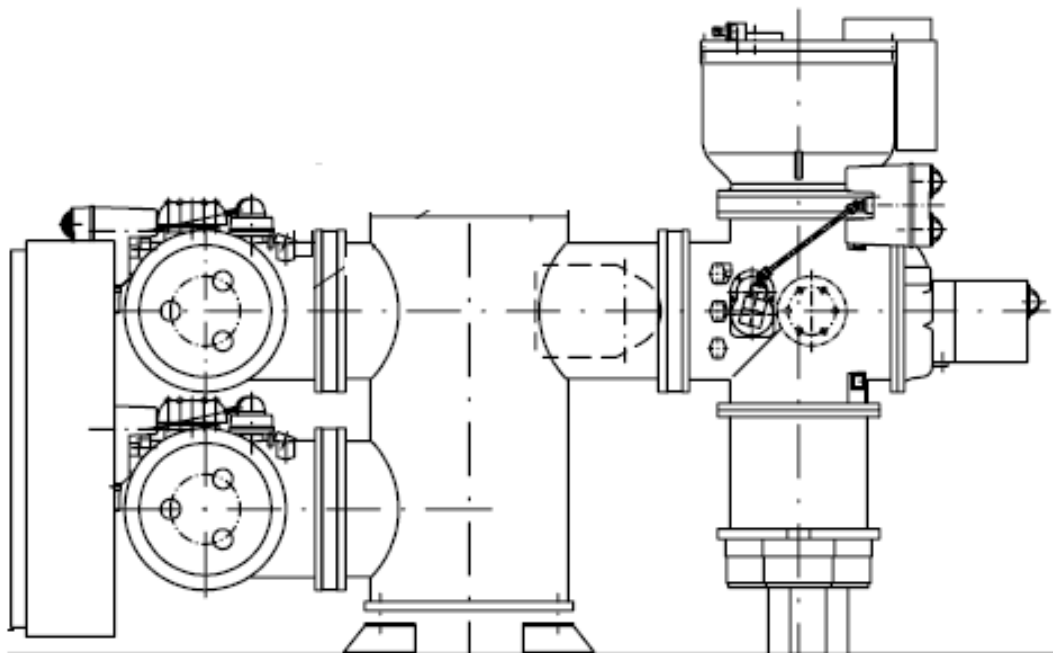
GIS Details



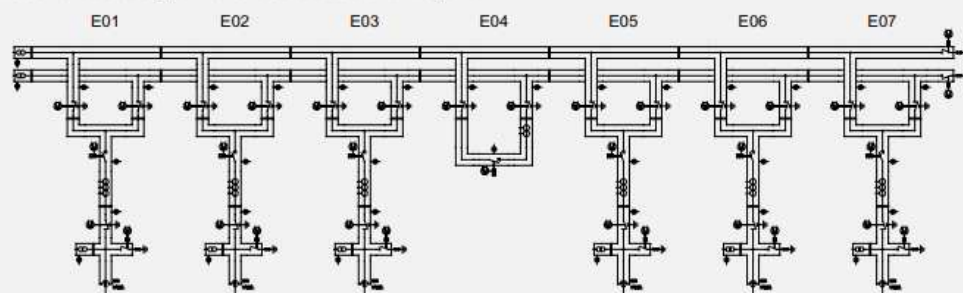
- ① Busbar with disconnecter and earthing switch
- ② Circuit breaker
- ③ Current transformer
- ④ Voltage transformer
- ⑤ Feeder disconnecter and earthing switch
- ⑥ Make-proof earthing switch
- ⑦ Cable end unit
- ⑧ Local control cabinet

- Active parts under high voltage
- Enclosure
- SF₆-Gas
- Insulation material
- Mechanical parts, structures
- Low voltage parts

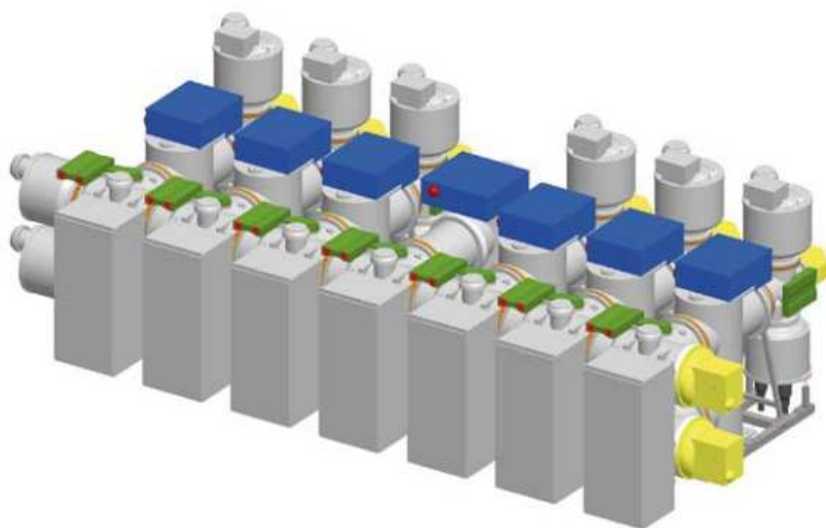




Gas scheme and single line for double busbar arrangement



Isometric projection for double busbar arrangement with integrated local control cabinets



Rated Values according to IEC

Operating voltage	kV	72.5	123/126	145	170
Operating frequency	Hz	50/60	50/60	50/60	50/60
Lightning impulse withstand voltage against earth	kV	325	550	650	750
across isolating distance	kV	375	630	750	860
Power frequency withstand voltage against earth	kV	140	230	275	325
across isolating distance	kV	160	265	315	375
Normal current	A	1250–4000			
Peak withstand current	kA	80–164			
Short circuit breaking current	kA	31.5–63			
Minimum insulating gas pressure at 20 °C	kPa	520/600			
Minimum quenching gas pressure at 20 °C	kPa	600/630			
Permissible ambient temperature	°C	-30/+40			
Encapsulation	three-phase				
Location of installation	indoor/outdoor				
Dimensions	m	1.0 x 3.6 x 2.7 – 1.2 x 5.3 x 3.2 (for double busbar bay with integrated local control cabinet and voltage transformer)			
Weight	kg	2400 – 3800 (for double busbar bay)			
Circuit breaker operating mechanism	hydromechanical, with energy storage in spring				

The above data should not be understood as limiting values. Further data upon request.

Example

Bus (4 m + 2 m) + moving contact (4 x) =
 $4 \times 10 \mu\Omega + 2 \times 10 \mu\Omega + 4 \times 5 \mu\Omega = 80 \mu\Omega$

2m ago

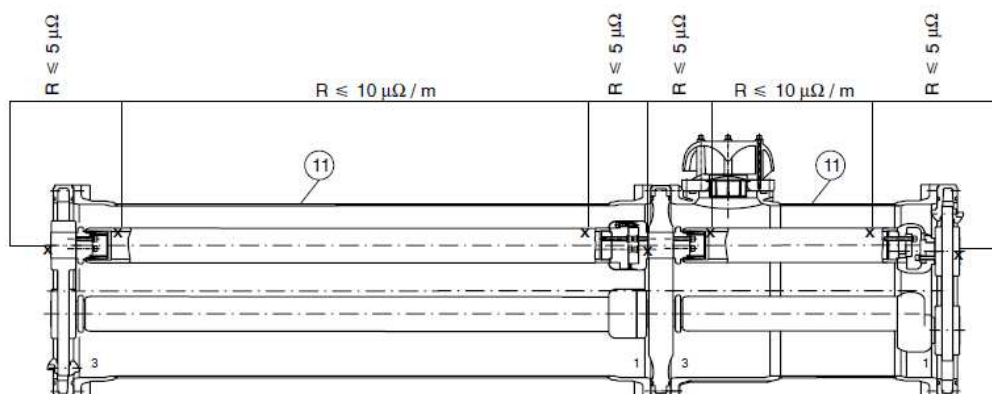


Figure 3.1-20: Pipe module ($\leq 3150 \text{ A}$, $\leq 4 \text{ m}$)

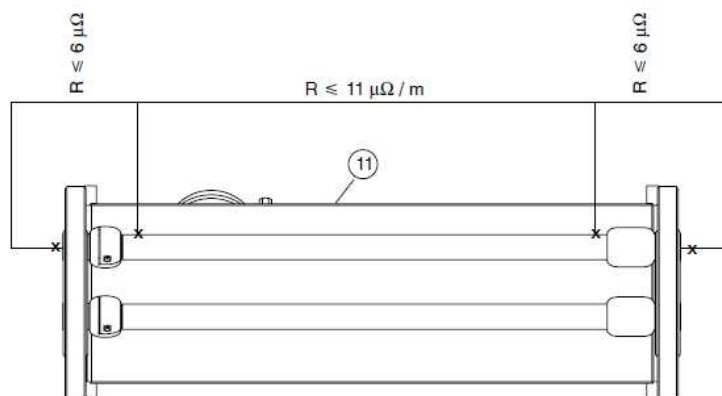


Figure 3.1-21: Pipe module ($\leq 3150 \text{ A}$, $\leq 6 \text{ m}$)

APPENDIX C

GIS COMSOL Magneetveldberekeningen

Rekenmodel GIS busducts

Voor de berekening van de 0.4 μ T-contouren is gebruik gemaakt van de software COMSOL Multiphysics van COMSOL⁹.

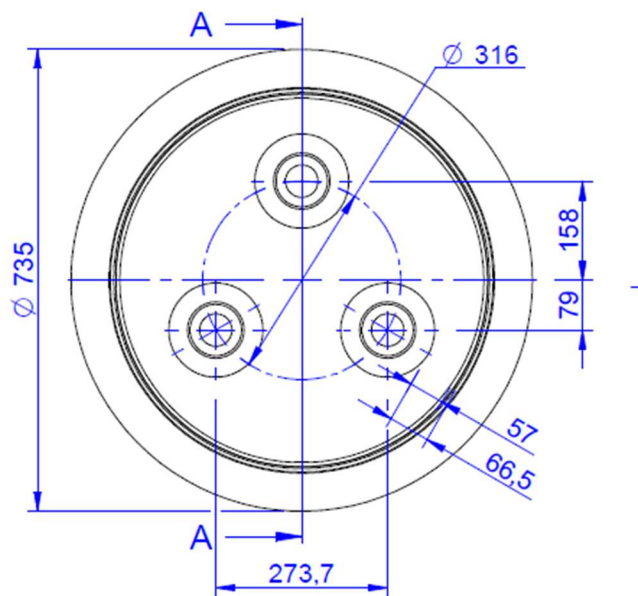
De busbars zijn als geleider gemodelleerd; de metalen duct is in de berekeningen meegenomen.

Bij berekeningen van de 0,4 microteslacontour wordt altijd een 'rekenstroom' gebruikt. Deze stroom kan worden gezien als een schatting van de (eventueel in de toekomst) maximaal te verwachten, jaargemiddelde stroomsterkte. De rekenstroom is gerelateerd aan de ontwerpstroom van een circuit en wordt bepaald door in de berekeningen uit te gaan van 50% van de ontwerpstroom voor 150, 110 en 50 kV-circuits. Bij een 150 kV-kabel moet derhalve uitgegaan worden van 50% van de ontwerpstroom. De gebruikte stromen zijn conform de RIVM-handreiking en Afspraken over de rekenmethodiek.

Berekeningen

De berekening van de busducts is apart genomen van de berekening van de kabels, omdat de omsluitende buis voor magnetische afscherming van het veld zorgt. Hierdoor is het magnetisch veld lager dan in een openluchtstation en is dus de bijbehorende contour ook kleiner.

De afmetingen van de busduct zijn weergegeven in Figuur 9. Het hart van de twee busducts van het station bevinden zich 90 cm verticaal van elkaar. De ontwerpstroom van de busbars heeft een waarde van 3.150 kA en de gebruikte rekenstroom is daarom 1.575 kA. Ook zijn er twee stroomrichtingen gebruikt, één waarin de stroom in beide ducts in dezelfde richting loopt en één waar in de stroom in tegengestelde richting loopt.

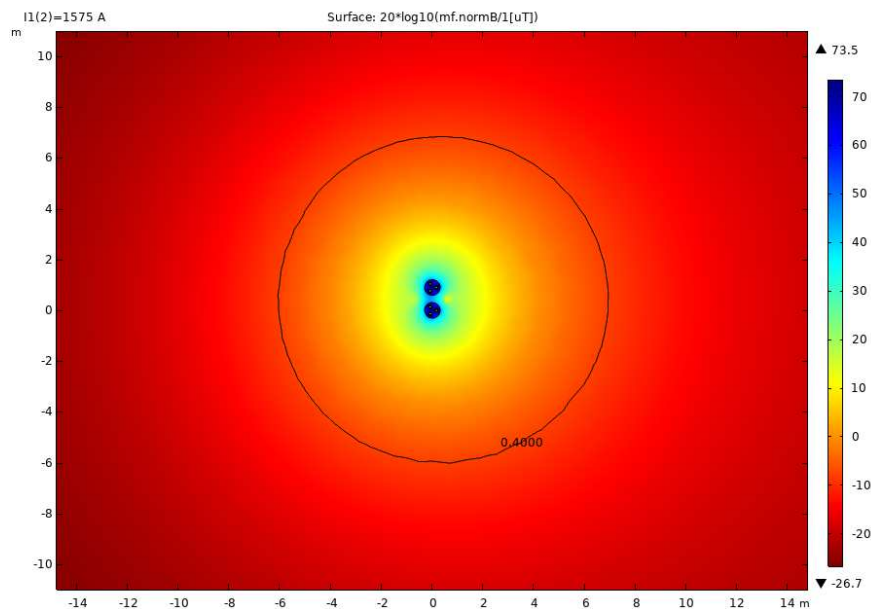


Figuur 9 Afmetingen GIS Busduct

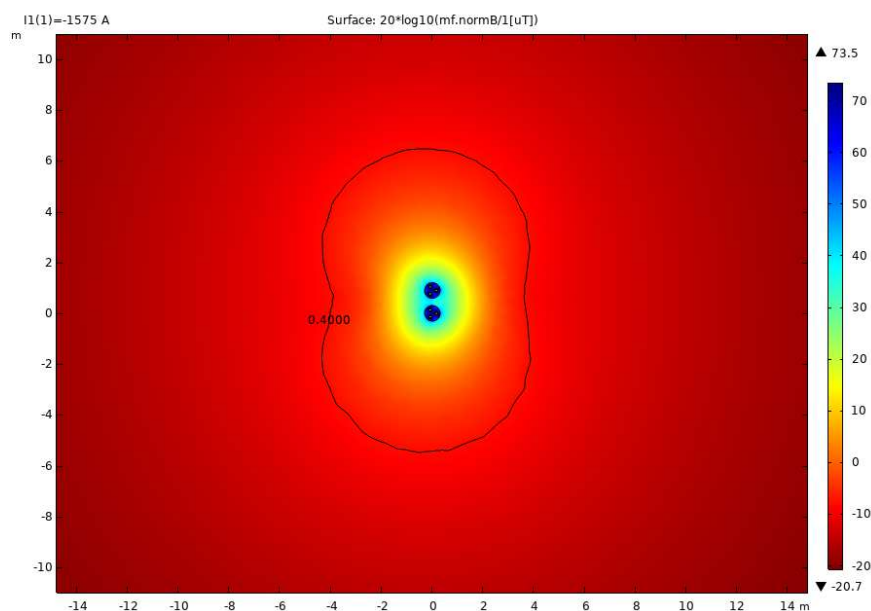
⁹ Zie <https://www.comsol.com/products>

Resultaten

In Figuur 10 en Figuur 11 staat de 0.4 μ T-contour van de busbars binnen het station weergegeven. Hieruit kan worden afgeleid dat contour zich maximaal 6,5 m van de locatie van van de busbars bevindt en dus geen grote invloed heeft op de 0.4 μ T-contour buiten het station.



Figuur 10 0.4uT contour GIS busduct gelijke stroomrichting



Figuur 11 0.4uT contour GIS busduct tegengestelde stroomrichting

Conclusie

Een 2D-berekening van de busducts binnen het onderstation is uitgevoerd, waarbij rekening is gehouden met het afschermende effect van de omsluitende buis. Uit deze berekening blijkt dat de 0.4 μ T-contour zich nooit verder dan 8 m van de busducts bevindt. Hierdoor kan deze bijdrage in de berekening van de kabels worden verwaarloosd.

APPENDIX D

Aditionele informatie

Veldindeling BVW 150 GIS

veldnr	richting	kabeltype	nominaal vermogen
1	OTL Oranje	2500 Cu Mil	308 MVA
2	VLN Wit	2500 Cu Mil	500 MVA
3	OTL Wit	1600 Al Mil	240 MVA
4	BVW380 TR413	2x 2500 Cu Mil	500 MVA
5	dwarskoppelveld		
6	BVW380 TR412	2500 Cu Mil	500 MVA
7	reserve		
8	langskoppelveld		
9	langskoppelveld		
10	OTL Paars	2500 Cu Mil	308 MVA
11	VLN Oranje	2x 1600 Al Mil	500 MVA
12	dwarskoppelveld		
13	OTL Zwart	1600 Al Mil	240 MVA
14	BVW380 TR411	2x 2500 Al Mil	500 MVA
15	VLN Zwart	2x 2500 Cu Mil	500 MVA
16	reserve		

Schutte, Peet

From: Vet HJA de (Bart) <bart.de.vet@movares.nl>
Sent: dinsdag 10 augustus 2021 12:58
To: Enthoven, Jasper (Rhoon); Schutte, Peet
Subject: informatie tbv magneetveldstudie Beverwijk RFC003
Attachments: veldindeling GIS.xlsx; B3.1.2-g1.1 grondschemas BVW150.pdf; BVW150-00-00-0002-bl 000-dd 27-11-2020-kabeltek.pdf; kabelloop terrein BVW150.pptx; 002.00654-21-100XX BVW150_20210806-0.0-met klic.pdf

Beste Jasper en Peet,

In de bijlage heb ik de benodigde informatie staan voor de magneetveld studie RFC003

Enkele gegevens die in de tekeningen niet zijn terug te vinden:

- De kabels liggen standaard op 1,2 onder maaiveld
- Bij kruisingen zal één van de twee kabels op 1,8 meter onder maaiveld worden gelegd
- De nieuwe verbinding BVW380-BVW150 heeft 2 kabels per fase. In de boring worden 7 mantelbuizen ingetrokken

Eventuele vragen kun we donderdag a.s. doornemen.

Met vriendelijke groeten / Kind regards / Mit freundlichen Grüßen,

Bart de Vet

Engineer

M +31 (0)6 53 95 18 77
E Bart.de.vet@movares.nl
I www.tennet.eu



TenneT TSO B.V.
Utrechtseweg 310
Arnhem
Postbus 718
6800 AS Arnhem
Nederland

Handelsregister: Arnhem 09155985

Denk aan het milieu. Print dit bericht alleen als het noodzakelijk is.

RE: BVW150 modelering

 Vet HJA de (Bart) <bart.de.vet@movares.nl>
To  Stoevelaar, Pjotr

Beste Pjotr,
Onderstaand overzicht is akkoord!

Met vriendelijke groet,

Bart de Vet



Movares Nederland B.V.
Daalseplein 100
3511 SX Utrecht
M 06 53 95 18 77

bart.de.vet@movares.nl
www.movares.nl | info@movares.nl



Van: Stoevelaar, Pjotr <Pjotr.Stoevelaar@dnv.com>

Verzonden: dinsdag 21 september 2021 15:53

Aan: Vet HJA de (Bart) <bart.de.vet@movares.nl>

Onderwerp: RE: BVW150 modelering

Dank je voor de feedback,

Ik heb het aangepast de nieuwe tabel staat hier onder.

Voor mij is het voor de berekening nu het belangrijkste dat je akkoord bent met de ontwerpstroom en rekenstroom en vermogen.

Kun je dit nog bevestigen

Groeten,

Pjotr

Officiële naam kabelverbinding	Afkorting	Kabeltype	geleider-diameter [mm]	Nominale spanning [kV]	Ontwerpstroom [A]	Reken-stroom [A] (50%)	Nominaal vermogen [MVA]
Velzen Wit	VLN-BVW150 W	2500 Cu Mil	62	150	1924	962	500 MVA
Velzen Zwart	VLN-BVW150 Z	2x 2500 Cu Mil	62	150	1924	962	500 MVA
Velzen Oranje	VLN-BVW150 O	2x 1600 Al Mil	50	150	1924	962	500 MVA
Oterleek Wit	OTL-BVW150 W	1600 Al Mil	50	150	785	393	240 MVA
Oterleek Zwart	OTL-BVW150 Z	1600 Al Mil	50	150	785	393	240 MVA
Oterleek Oranje	OTL-BVW150 O	2500 Cu Mil	62	150	1186	593	308 MVA
Oterleek Paars	OTL-BVW150 P	2500 Cu Mil	62	150	1186	593	308 MVA
BVW TR 411	BVW150-BVW380 O	2x 2500 Al Mil	50	150	1924	962	500 MVA
BVW TR 412	BVW150-BVW380 W	2500 Cu Mil	62	150	1924	962	500 MVA
BVW TR 413	BVW150-BVW380 Z	2x 2500 Cu Mil	62	150	1924	962	500 MVA

APPENDIX E

100 μ T - Stroomrichtingen en rekenstromen

Tabel E.1 Stroomrichtingen 100uT

Stroom- rich- ting	OTL- BVW15 O O	OTL- BVW15 O W	OTL- BVW15 O P	OTL- BVW15 O Z	VLN- BVW15 O O	VLN- BVW15 O Z	VLN- BVW15 O W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT1	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
100uT2	→	→	→	→	→	→	→	←	←	←
100uT3	→	→	→	→	←	←	←	→	→	→
100uT4	→	→	→	→	←	←	←	←	←	←
100uT5	0	→	→	→	→	→	→	→	→	→
100uT6	0	→	→	→	0	→	→	→	→	→
100uT7	0	→	→	→	→	0	→	→	→	→
100uT8	0	→	→	→	→	→	0	→	→	→
100uT9	0	→	→	→	→	→	→	0	→	→
100uT10	0	→	→	→	→	→	→	→	0	→
100uT11	0	→	→	→	→	→	→	→	→	0
100uT12	0	→	→	→	0	→	→	0	→	→
100uT13	0	→	→	→	0	→	→	→	0	→
100uT14	0	→	→	→	0	→	→	→	→	0
100uT15	0	→	→	→	→	0	→	0	→	→
100uT16	0	→	→	→	→	0	→	→	0	→
100uT17	0	→	→	→	→	0	→	→	→	0
100uT18	0	→	→	→	→	→	0	0	→	→
100uT19	0	→	→	→	→	→	0	→	0	→
100uT20	0	→	→	→	→	→	0	→	→	0
100uT21	→	0	→	→	→	→	→	→	→	→

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT2 2	→	0	→	→	0	→	→	→	→	→
100uT2 3	→	0	→	→	→	0	→	→	→	→
100uT2 4	→	0	→	→	→	→	0	→	→	→
100uT2 5	→	0	→	→	→	→	→	0	→	→
100uT2 6	→	0	→	→	→	→	→	→	0	→
100uT2 7	→	0	→	→	→	→	→	→	→	0
100uT2 8	→	0	→	→	0	→	→	0	→	→
100uT2 9	→	0	→	→	0	→	→	→	0	→
100uT3 0	→	0	→	→	0	→	→	→	→	0
100uT3 1	→	0	→	→	→	0	→	0	→	→
100uT3 2	→	0	→	→	→	0	→	→	0	→
100uT3 3	→	0	→	→	→	0	→	→	→	0
100uT3 4	→	0	→	→	→	→	0	0	→	→
100uT3 5	→	0	→	→	→	→	0	→	0	→
100uT3 6	→	0	→	→	→	→	0	→	→	0
100uT3 7	→	→	0	→	→	→	→	→	→	→
100uT3 8	→	→	0	→	0	→	→	→	→	→
100uT3 9	→	→	0	→	→	0	→	→	→	→
100uT4 0	→	→	0	→	→	→	0	→	→	→
100uT4 1	→	→	0	→	→	→	→	0	→	→

Stroom- rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT4 2	→	→	0	→	→	→	→	→	0	→
100uT4 3	→	→	0	→	→	→	→	→	→	0
100uT4 4	→	→	0	→	0	→	→	0	→	→
100uT4 5	→	→	0	→	0	→	→	→	0	→
100uT4 6	→	→	0	→	0	→	→	→	→	0
100uT4 7	→	→	0	→	→	0	→	0	→	→
100uT4 8	→	→	0	→	→	0	→	→	0	→
100uT4 9	→	→	0	→	→	0	→	→	→	0
100uT5 0	→	→	0	→	→	→	0	0	→	→
100uT5 1	→	→	0	→	→	→	0	→	0	→
100uT5 2	→	→	0	→	→	→	0	→	→	0
100uT5 3	→	→	→	0	→	→	→	→	→	→
100uT5 4	→	→	→	0	0	→	→	→	→	→
100uT5 5	→	→	→	0	→	0	→	→	→	→
100uT5 6	→	→	→	0	→	→	0	→	→	→
100uT5 7	→	→	→	0	→	→	→	0	→	→
100uT5 8	→	→	→	0	→	→	→	→	0	→
100uT5 9	→	→	→	0	→	→	→	→	→	0
100uT6 0	→	→	→	0	0	→	→	0	→	→
100uT6 1	→	→	→	0	0	→	→	→	0	→

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT6 2	→	→	→	0	0	→	→	→	→	0
100uT6 3	→	→	→	0	→	0	→	0	→	→
100uT6 4	→	→	→	0	→	0	→	→	0	→
100uT6 5	→	→	→	0	→	0	→	→	→	0
100uT6 6	→	→	→	0	→	→	0	0	→	→
100uT6 7	→	→	→	0	→	→	0	→	0	→
100uT6 8	→	→	→	0	→	→	0	→	→	0
100uT6 9	→	→	→	→	0	→	→	→	→	→
100uT7 0	→	→	→	→	→	0	→	→	→	→
100uT7 1	→	→	→	→	→	→	0	→	→	→
100uT7 2	→	→	→	→	0	→	→	0	→	→
100uT7 3	→	→	→	→	0	→	→	→	0	→
100uT7 4	→	→	→	→	0	→	→	→	→	0
100uT7 5	→	→	→	→	→	0	→	0	→	0
100uT7 6	→	→	→	→	→	0	→	→	0	→
100uT7 7	→	→	→	→	→	0	→	→	→	0
100uT7 8	→	→	→	→	→	→	0	0	→	0
100uT7 9	→	→	→	→	→	→	0	→	0	→
100uT8 0	→	→	→	→	→	→	0	→	→	0
100uT8 1	→	→	→	→	→	→	→	0	→	→

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT8 2	→	→	→	→	→	→	→	→	0	→
100uT8 3	→	→	→	→	→	→	→	→	→	0
100uT8 4	0	→	→	→	→	→	→	←	←	←
100uT8 5	0	→	→	→	0	→	→	←	←	←
100uT8 6	0	→	→	→	→	0	→	←	←	←
100uT8 7	0	→	→	→	→	→	0	←	←	←
100uT8 8	0	→	→	→	→	→	→	0	←	←
100uT8 9	0	→	→	→	→	→	→	←	0	←
100uT9 0	0	→	→	→	→	→	→	←	←	0
100uT9 1	0	→	→	→	0	→	→	0	←	←
100uT9 2	0	→	→	→	0	→	→	←	0	←
100uT9 3	0	→	→	→	0	→	→	←	←	0
100uT9 4	0	→	→	→	→	0	→	0	←	←
100uT9 5	0	→	→	→	→	0	→	←	0	←
100uT9 6	0	→	→	→	→	0	→	←	←	0
100uT9 7	0	→	→	→	→	→	0	0	←	←
100uT9 8	0	→	→	→	→	→	0	←	0	←
100uT9 9	0	→	→	→	→	→	0	←	←	0
100uT1 00	→	0	→	→	→	→	→	←	←	←
100uT1 01	→	0	→	→	0	→	→	←	←	←

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT1 02	→	0	→	→	→	0	→	←	←	←
100uT1 03	→	0	→	→	→	→	0	←	←	←
100uT1 04	→	0	→	→	→	→	→	0	←	←
100uT1 05	→	0	→	→	→	→	→	←	0	←
100uT1 06	→	0	→	→	→	→	→	←	←	0
100uT1 07	→	0	→	→	0	→	→	0	←	←
100uT1 08	→	0	→	→	0	→	→	←	0	←
100uT1 09	→	0	→	→	0	→	→	←	←	0
100uT1 10	→	0	→	→	→	0	→	0	←	←
100uT1 11	→	0	→	→	→	0	→	←	0	←
100uT1 12	→	0	→	→	→	0	→	←	←	0
100uT1 13	→	0	→	→	→	→	0	0	←	←
100uT1 14	→	0	→	→	→	→	0	←	0	←
100uT1 15	→	0	→	→	→	→	0	←	←	0
100uT1 16	→	→	0	→	→	→	→	←	←	←
100uT1 17	→	→	0	→	0	→	→	←	←	←
100uT1 18	→	→	0	→	→	0	→	←	←	←
100uT1 19	→	→	0	→	→	→	0	←	←	←
100uT1 20	→	→	0	→	→	→	→	0	←	←
100uT1 21	→	→	0	→	→	→	→	←	0	←

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT1 22	→	→	0	→	→	→	→	←	←	0
100uT1 23	→	→	0	→	0	→	→	0	←	←
100uT1 24	→	→	0	→	0	→	→	←	0	←
100uT1 25	→	→	0	→	0	→	→	←	←	0
100uT1 26	→	→	0	→	→	0	→	0	←	←
100uT1 27	→	→	0	→	→	0	→	←	0	←
100uT1 28	→	→	0	→	→	0	→	←	←	0
100uT1 29	→	→	0	→	→	→	0	0	←	←
100uT1 30	→	→	0	→	→	→	0	←	0	←
100uT1 31	→	→	0	→	→	→	0	←	←	0
100uT1 32	→	→	→	0	→	→	→	←	←	←
100uT1 33	→	→	→	0	0	→	→	←	←	←
100uT1 34	→	→	→	0	→	0	→	←	←	←
100uT1 35	→	→	→	0	→	→	0	←	←	←
100uT1 36	→	→	→	0	→	→	→	0	←	←
100uT1 37	→	→	→	0	→	→	→	←	0	←
100uT1 38	→	→	→	0	→	→	→	←	←	0
100uT1 39	→	→	→	0	0	→	→	0	←	←
100uT1 40	→	→	→	0	0	→	→	←	0	←
100uT1 41	→	→	→	0	0	→	→	←	←	0

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT1 42	→	→	→	0	→	0	→	0	←	←
100uT1 43	→	→	→	0	→	0	→	←	0	←
100uT1 44	→	→	→	0	→	0	→	←	←	0
100uT1 45	→	→	→	0	→	→	0	0	←	←
100uT1 46	→	→	→	0	→	→	0	←	0	←
100uT1 47	→	→	→	0	→	→	0	←	←	0
100uT1 48	→	→	→	→	0	→	→	←	←	←
100uT1 49	→	→	→	→	→	0	→	←	←	←
100uT1 50	→	→	→	→	→	→	0	←	←	←
100uT1 51	→	→	→	→	0	→	→	0	←	←
100uT1 52	→	→	→	→	0	→	→	←	0	←
100uT1 53	→	→	→	→	0	→	→	←	←	0
100uT1 54	→	→	→	→	→	0	→	0	←	0
100uT1 55	→	→	→	→	→	0	→	←	0	←
100uT1 56	→	→	→	→	→	0	→	←	←	0
100uT1 57	→	→	→	→	→	→	0	0	←	0
100uT1 58	→	→	→	→	→	→	0	←	0	←
100uT1 59	→	→	→	→	→	→	0	←	←	0
100uT1 60	→	→	→	→	→	→	→	0	←	←
100uT1 61	→	→	→	→	→	→	→	←	0	←

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT1 62	→	→	→	→	→	→	→	←	←	0
100uT1 63	0	→	→	→	←	←	←	→	→	→
100uT1 64	0	→	→	→	0	←	←	→	→	→
100uT1 65	0	→	→	→	←	0	←	→	→	→
100uT1 66	0	→	→	→	←	←	0	→	→	→
100uT1 67	0	→	→	→	←	←	←	0	→	→
100uT1 68	0	→	→	→	←	←	←	→	0	→
100uT1 69	0	→	→	→	←	←	←	→	→	0
100uT1 70	0	→	→	→	0	←	←	0	→	→
100uT1 71	0	→	→	→	0	←	←	→	0	→
100uT1 72	0	→	→	→	0	←	←	→	→	0
100uT1 73	0	→	→	→	←	0	←	0	→	→
100uT1 74	0	→	→	→	←	0	←	→	0	→
100uT1 75	0	→	→	→	←	0	←	→	→	0
100uT1 76	0	→	→	→	←	←	0	0	→	→
100uT1 77	0	→	→	→	←	←	0	→	0	→
100uT1 78	0	→	→	→	←	←	0	→	→	0
100uT1 79	→	0	→	→	←	←	←	→	→	→
100uT1 80	→	0	→	→	0	←	←	→	→	→
100uT1 81	→	0	→	→	←	0	←	→	→	→

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT1 82	→	0	→	→	←	←	0	→	→	→
100uT1 83	→	0	→	→	←	←	←	0	→	→
100uT1 84	→	0	→	→	←	←	←	→	0	→
100uT1 85	→	0	→	→	←	←	←	→	→	0
100uT1 86	→	0	→	→	0	←	←	0	→	→
100uT1 87	→	0	→	→	0	←	←	→	0	→
100uT1 88	→	0	→	→	0	←	←	→	→	0
100uT1 89	→	0	→	→	←	0	←	0	→	→
100uT1 90	→	0	→	→	←	0	←	→	0	→
100uT1 91	→	0	→	→	←	0	←	→	→	0
100uT1 92	→	0	→	→	←	←	0	0	→	→
100uT1 93	→	0	→	→	←	←	0	→	0	→
100uT1 94	→	0	→	→	←	←	0	→	→	0
100uT1 95	→	→	0	→	←	←	←	→	→	→
100uT1 96	→	→	0	→	0	←	←	→	→	→
100uT1 97	→	→	0	→	←	0	←	→	→	→
100uT1 98	→	→	0	→	←	←	0	→	→	→
100uT1 99	→	→	0	→	←	←	←	0	→	→
100uT2 00	→	→	0	→	←	←	←	→	0	→
100uT2 01	→	→	0	→	←	←	←	→	→	0

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT2 02	→	→	0	→	0	←	←	0	→	→
100uT2 03	→	→	0	→	0	←	←	→	0	→
100uT2 04	→	→	0	→	0	←	←	→	→	0
100uT2 05	→	→	0	→	←	0	←	0	→	→
100uT2 06	→	→	0	→	←	0	←	→	0	→
100uT2 07	→	→	0	→	←	0	←	→	→	0
100uT2 08	→	→	0	→	←	←	0	0	→	→
100uT2 09	→	→	0	→	←	←	0	→	0	→
100uT2 10	→	→	0	→	←	←	0	→	→	0
100uT2 11	→	→	→	0	←	←	←	→	→	→
100uT2 12	→	→	→	0	0	←	←	→	→	→
100uT2 13	→	→	→	0	←	0	←	→	→	→
100uT2 14	→	→	→	0	←	←	0	→	→	→
100uT2 15	→	→	→	0	←	←	←	0	→	→
100uT2 16	→	→	→	0	←	←	←	→	0	→
100uT2 17	→	→	→	0	←	←	←	→	→	0
100uT2 18	→	→	→	0	0	←	←	0	→	→
100uT2 19	→	→	→	0	0	←	←	→	0	→
100uT2 20	→	→	→	0	0	←	←	→	→	0
100uT2 21	→	→	→	0	←	0	←	0	→	→

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT2 22	→	→	→	0	←	0	←	→	0	→
100uT2 23	→	→	→	0	←	0	←	→	→	0
100uT2 24	→	→	→	0	←	←	0	0	→	→
100uT2 25	→	→	→	0	←	←	0	→	0	→
100uT2 26	→	→	→	0	←	←	0	→	→	0
100uT2 27	→	→	→	→	0	←	←	→	→	→
100uT2 28	→	→	→	→	←	0	←	→	→	→
100uT2 29	→	→	→	→	←	←	0	→	→	→
100uT2 30	→	→	→	→	0	←	←	0	→	→
100uT2 31	→	→	→	→	0	←	←	→	0	→
100uT2 32	→	→	→	→	0	←	←	→	→	0
100uT2 33	→	→	→	→	←	0	←	0	→	0
100uT2 34	→	→	→	→	←	0	←	→	0	→
100uT2 35	→	→	→	→	←	0	←	→	→	0
100uT2 36	→	→	→	→	←	←	0	0	→	0
100uT2 37	→	→	→	→	←	←	0	→	0	→
100uT2 38	→	→	→	→	←	←	0	→	→	0
100uT2 39	→	→	→	→	←	←	←	0	→	→
100uT2 40	→	→	→	→	←	←	←	→	0	→
100uT2 41	→	→	→	→	←	←	←	→	→	0

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT2 42	0	→	→	→	←	←	←	←	←	←
100uT2 43	0	→	→	→	0	←	←	←	←	←
100uT2 44	0	→	→	→	←	0	←	←	←	←
100uT2 45	0	→	→	→	←	←	0	←	←	←
100uT2 46	0	→	→	→	←	←	←	0	←	←
100uT2 47	0	→	→	→	←	←	←	←	0	←
100uT2 48	0	→	→	→	←	←	←	←	←	0
100uT2 49	0	→	→	→	0	←	←	0	←	←
100uT2 50	0	→	→	→	0	←	←	←	0	←
100uT2 51	0	→	→	→	0	←	←	←	←	0
100uT2 52	0	→	→	→	←	0	←	0	←	←
100uT2 53	0	→	→	→	←	0	←	←	0	←
100uT2 54	0	→	→	→	←	0	←	←	←	0
100uT2 55	0	→	→	→	←	←	0	0	←	←
100uT2 56	0	→	→	→	←	←	0	←	0	←
100uT2 57	0	→	→	→	←	←	0	←	←	0
100uT2 58	→	0	→	→	←	←	←	←	←	←
100uT2 59	→	0	→	→	0	←	←	←	←	←
100uT2 60	→	0	→	→	←	0	←	←	←	←
100uT2 61	→	0	→	→	←	←	0	←	←	←

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT2 62	→	0	→	→	←	←	←	0	←	←
100uT2 63	→	0	→	→	←	←	←	←	0	←
100uT2 64	→	0	→	→	←	←	←	←	←	0
100uT2 65	→	0	→	→	0	←	←	0	←	←
100uT2 66	→	0	→	→	0	←	←	←	0	←
100uT2 67	→	0	→	→	0	←	←	←	←	0
100uT2 68	→	0	→	→	←	0	←	0	←	←
100uT2 69	→	0	→	→	←	0	←	←	0	←
100uT2 70	→	0	→	→	←	0	←	←	←	0
100uT2 71	→	0	→	→	←	←	0	0	←	←
100uT2 72	→	0	→	→	←	←	0	←	0	←
100uT2 73	→	0	→	→	←	←	0	←	←	0
100uT2 74	→	→	0	→	←	←	←	←	←	←
100uT2 75	→	→	0	→	0	←	←	←	←	←
100uT2 76	→	→	0	→	←	0	←	←	←	←
100uT2 77	→	→	0	→	←	←	0	←	←	←
100uT2 78	→	→	0	→	←	←	←	0	←	←
100uT2 79	→	→	0	→	←	←	←	←	0	←
100uT2 80	→	→	0	→	←	←	←	←	←	0
100uT2 81	→	→	0	→	0	←	←	0	←	←

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT2 82	→	→	0	→	0	←	←	←	0	←
100uT2 83	→	→	0	→	0	←	←	←	←	0
100uT2 84	→	→	0	→	←	0	←	0	←	←
100uT2 85	→	→	0	→	←	0	←	←	0	←
100uT2 86	→	→	0	→	←	0	←	←	←	0
100uT2 87	→	→	0	→	←	←	0	0	←	←
100uT2 88	→	→	0	→	←	←	0	←	0	←
100uT2 89	→	→	0	→	←	←	0	←	←	0
100uT2 90	→	→	→	0	←	←	←	←	←	←
100uT2 91	→	→	→	0	0	←	←	←	←	←
100uT2 92	→	→	→	0	←	0	←	←	←	←
100uT2 93	→	→	→	0	←	←	0	←	←	←
100uT2 94	→	→	→	0	←	←	←	0	←	←
100uT2 95	→	→	→	0	←	←	←	←	0	←
100uT2 96	→	→	→	0	←	←	←	←	←	0
100uT2 97	→	→	→	0	0	←	←	0	←	←
100uT2 98	→	→	→	0	0	←	←	←	0	←
100uT2 99	→	→	→	0	0	←	←	←	←	0
100uT3 00	→	→	→	0	←	0	←	0	←	←
100uT3 01	→	→	→	0	←	0	←	←	0	←

Stroom rich- ting	OTL- BVW15 0 O	OTL- BVW15 0 W	OTL- BVW15 0 P	OTL- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 O	VLN- BVW15 0 Z	VLN- BVW15 0 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT3 02	→	→	→	0	←	0	←	←	←	0
100uT3 03	→	→	→	0	←	←	0	0	←	←
100uT3 04	→	→	→	0	←	←	0	←	0	←
100uT3 05	→	→	→	0	←	←	0	←	←	0
100uT3 06	→	→	→	→	0	←	←	←	←	←
100uT3 07	→	→	→	→	←	0	←	←	←	←
100uT3 08	→	→	→	→	←	←	0	←	←	←
100uT3 09	→	→	→	→	0	←	←	0	←	←
100uT3 10	→	→	→	→	0	←	←	←	0	←
100uT3 11	→	→	→	→	0	←	←	←	←	0
100uT3 12	→	→	→	→	←	0	←	0	←	←
100uT3 13	→	→	→	→	←	0	←	←	0	←
100uT3 14	→	→	→	→	←	0	←	←	←	0
100uT3 15	→	→	→	→	←	←	0	0	←	←
100uT3 16	→	→	→	→	←	←	0	←	0	←
100uT3 17	→	→	→	→	←	←	0	←	←	0
100uT3 18	→	→	→	→	←	←	←	0	←	←
100uT3 19	→	→	→	→	←	←	←	←	0	←
100uT3 20	→	→	→	→	←	←	←	←	←	0

Tabel E.2: Rekenstromen 100uT

Circuit	OTL- BVW150 O	OTL- BVW150 W	OTL- BVW150 P	OTL- BVW150 Z	VLN- BVW150 O	VLN- BVW150 Z	VLN- BVW150 W	BVW150- BVW380 Z	BVW150- BVW380 W	BVW150- BVW380 O
100uT1	889	589	889	589	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT2	889	589	889	589	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT3	889	589	889	589	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT4	889	589	889	589	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT5	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT6	0	785	1185	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT7	0	785	1185	785	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT8	0	785	1185	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT9	0	785	1185	785	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT10	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT11	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT12	0	785	1185	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT13	0	785	1185	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT14	0	785	1185	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT15	0	785	1185	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT16	0	785	1185	785	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT17	0	785	1185	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT18	0	785	1185	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT19	0	785	1185	785	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT20	0	785	1185	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT21	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT22	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT23	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT24	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT25	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT26	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT27	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT28	1185	0	1185	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT29	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT30	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT31	1185	0	1185	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT32	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT33	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT34	1185	0	1185	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT35	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT36	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT37	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT38	1185	785	0	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT39	1185	785	0	785	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT40	1185	785	0	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT41	1185	785	0	785	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT42	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1925	0	1925

100uT43	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT44	1185	785	0	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT45	1185	785	0	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT46	1185	785	0	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT47	1185	785	0	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT48	1185	785	0	785	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT49	1185	785	0	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT50	1185	785	0	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT51	1185	785	0	785	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT52	1185	785	0	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT53	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT54	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT55	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT56	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT57	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT58	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT59	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT60	1185	785	1185	0	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT61	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT62	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT63	1185	785	1185	0	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT64	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT65	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT66	1185	785	1185	0	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT67	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT68	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT69	889	589	889	589	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT70	889	589	889	589	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT71	889	589	889	589	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT72	889	589	889	589	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT73	889	589	889	589	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT74	889	589	889	589	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT75	889	589	889	589	1925	0	1925	0	1925	0
100uT76	889	589	889	589	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT77	889	589	889	589	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT78	889	589	889	589	1925	1925	0	0	1925	0
100uT79	889	589	889	589	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT80	889	589	889	589	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT81	889	589	889	589	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT82	889	589	889	589	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT83	889	589	889	589	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT84	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT85	0	785	1185	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT86	0	785	1185	785	1925	0	1925	1283	1283	1283

100uT87	0	785	1185	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT88	0	785	1185	785	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT89	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT90	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT91	0	785	1185	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT92	0	785	1185	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT93	0	785	1185	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT94	0	785	1185	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT95	0	785	1185	785	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT96	0	785	1185	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT97	0	785	1185	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT98	0	785	1185	785	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT99	0	785	1185	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT100	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT101	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT102	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT103	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT104	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT105	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT106	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT107	1185	0	1185	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT108	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT109	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT110	1185	0	1185	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT111	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT112	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT113	1185	0	1185	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT114	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT115	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT116	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT117	1185	785	0	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT118	1185	785	0	785	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT119	1185	785	0	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT120	1185	785	0	785	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT121	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT122	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT123	1185	785	0	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT124	1185	785	0	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT125	1185	785	0	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT126	1185	785	0	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT127	1185	785	0	785	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT128	1185	785	0	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT129	1185	785	0	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT130	1185	785	0	785	1925	1925	0	1925	0	1925

100uT131	1185	785	0	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT132	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT133	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT134	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT135	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT136	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT137	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT138	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT139	1185	785	1185	0	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT140	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT141	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT142	1185	785	1185	0	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT143	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT144	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT145	1185	785	1185	0	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT146	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT147	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT148	889	589	889	589	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT149	889	589	889	589	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT150	889	589	889	589	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT151	889	589	889	589	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT152	889	589	889	589	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT153	889	589	889	589	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT154	889	589	889	589	1925	0	1925	0	1925	0
100uT155	889	589	889	589	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT156	889	589	889	589	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT157	889	589	889	589	1925	1925	0	0	1925	0
100uT158	889	589	889	589	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT159	889	589	889	589	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT160	889	589	889	589	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT161	889	589	889	589	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT162	889	589	889	589	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT163	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT164	0	785	1185	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT165	0	785	1185	785	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT166	0	785	1185	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT167	0	785	1185	785	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT168	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT169	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT170	0	785	1185	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT171	0	785	1185	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT172	0	785	1185	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT173	0	785	1185	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT174	0	785	1185	785	1925	0	1925	1925	0	1925

100uT175	0	785	1185	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT176	0	785	1185	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT177	0	785	1185	785	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT178	0	785	1185	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT179	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT180	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT181	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT182	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT183	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT184	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT185	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT186	1185	0	1185	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT187	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT188	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT189	1185	0	1185	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT190	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT191	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT192	1185	0	1185	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT193	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT194	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT195	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT196	1185	785	0	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT197	1185	785	0	785	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT198	1185	785	0	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT199	1185	785	0	785	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT200	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT201	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT202	1185	785	0	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT203	1185	785	0	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT204	1185	785	0	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT205	1185	785	0	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT206	1185	785	0	785	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT207	1185	785	0	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT208	1185	785	0	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT209	1185	785	0	785	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT210	1185	785	0	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT211	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT212	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT213	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT214	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT215	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT216	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT217	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT218	1185	785	1185	0	0	1925	1925	0	1925	1925

100uT219	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT220	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT221	1185	785	1185	0	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT222	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT223	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT224	1185	785	1185	0	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT225	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT226	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT227	889	589	889	589	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT228	889	589	889	589	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT229	889	589	889	589	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT230	889	589	889	589	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT231	889	589	889	589	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT232	889	589	889	589	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT233	889	589	889	589	1925	0	1925	0	1925	0
100uT234	889	589	889	589	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT235	889	589	889	589	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT236	889	589	889	589	1925	1925	0	0	1925	0
100uT237	889	589	889	589	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT238	889	589	889	589	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT239	889	589	889	589	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT240	889	589	889	589	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT241	889	589	889	589	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT242	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT243	0	785	1185	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT244	0	785	1185	785	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT245	0	785	1185	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT246	0	785	1185	785	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT247	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT248	0	785	1185	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT249	0	785	1185	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT250	0	785	1185	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT251	0	785	1185	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT252	0	785	1185	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT253	0	785	1185	785	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT254	0	785	1185	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT255	0	785	1185	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT256	0	785	1185	785	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT257	0	785	1185	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT258	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT259	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT260	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT261	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT262	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	0	1925	1925

100uT263	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT264	1185	0	1185	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT265	1185	0	1185	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT266	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT267	1185	0	1185	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT268	1185	0	1185	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT269	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT270	1185	0	1185	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT271	1185	0	1185	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT272	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT273	1185	0	1185	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT274	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT275	1185	785	0	785	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT276	1185	785	0	785	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT277	1185	785	0	785	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT278	1185	785	0	785	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT279	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT280	1185	785	0	785	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT281	1185	785	0	785	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT282	1185	785	0	785	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT283	1185	785	0	785	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT284	1185	785	0	785	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT285	1185	785	0	785	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT286	1185	785	0	785	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT287	1185	785	0	785	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT288	1185	785	0	785	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT289	1185	785	0	785	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT290	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1283	1283	1283
100uT291	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1283	1283	1283
100uT292	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT293	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT294	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT295	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT296	1185	785	1185	0	1283	1283	1283	1925	1925	0
100uT297	1185	785	1185	0	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT298	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT299	1185	785	1185	0	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT300	1185	785	1185	0	1925	0	1925	0	1925	1925
100uT301	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT302	1185	785	1185	0	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT303	1185	785	1185	0	1925	1925	0	0	1925	1925
100uT304	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT305	1185	785	1185	0	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT306	889	589	889	589	0	1925	1925	1283	1283	1283

100uT307	889	589	889	589	1925	0	1925	1283	1283	1283
100uT308	889	589	889	589	1925	1925	0	1283	1283	1283
100uT309	889	589	889	589	0	1925	1925	0	1925	1925
100uT310	889	589	889	589	0	1925	1925	1925	0	1925
100uT311	889	589	889	589	0	1925	1925	1925	1925	0
100uT312	889	589	889	589	1925	0	1925	0	1925	0
100uT313	889	589	889	589	1925	0	1925	1925	0	1925
100uT314	889	589	889	589	1925	0	1925	1925	1925	0
100uT315	889	589	889	589	1925	1925	0	0	1925	0
100uT316	889	589	889	589	1925	1925	0	1925	0	1925
100uT317	889	589	889	589	1925	1925	0	1925	1925	0
100uT318	889	589	889	589	1283	1283	1283	0	1925	1925
100uT319	889	589	889	589	1283	1283	1283	1925	0	1925
100uT320	889	589	889	589	1283	1283	1283	1925	1925	0

APPENDIX F

Phase optimalisatie resultaten

In tabel F.1 staat de originele en optimale fase weergegeven. Binnen de optimale fase liggen kabelbundels op hetzelfde circuit altijd gespiegeld, dit leidt tot bijvoorbeeld tot de fase volgorde 12,4,8,8,4,12 voor een dubbel uitgevoerd circuit.. Voor alle fase wijzigingen geldt dat dit een transpositie is van de kabels met label 12, met kabels met het label 8, kabels met het label 4 zijn veranderen nooit. Kabels waarbij de fase is gewijzigd zijn in de tabel aangegeven in oranje.

In tabel F.d2 staan de kabel posities bij het station voor de originele en optimale situatie, hierbij is alleen de positie BVW150-BVW380 W en VLN-BVW150 W aangepast.

Tabel F.1 Kabelfases voor optimale fasering

Kabel naam	Originele Fase [°]	Optimale Fase [°]
VLN-BVW150 W 12	0	0
VLN-BVW150 W 4	120	120
VLN-BVW150 W 8	240	240
OTL-BVW150 W 12	0	0
OTL-BVW150 W 4	120	120
OTL-BVW150 W 8	240	240
VLN-BVW150 O 12	0	0
VLN-BVW150 O 4	120	120
VLN-BVW150 O 8	240	240
VLN-BVW150 O 12	0	240
VLN-BVW150 O 4	120	120
VLN-BVW150 O 8	240	0
OTL-BVW150 Z 12	0	240
OTL-BVW150 Z 4	120	120
OTL-BVW150 Z 8	240	0
VLN-BVW150 Z 12	0	0
VLN-BVW150 Z 4	120	120
VLN-BVW150 Z 8	240	240
VLN-BVW150 Z 12	0	240
VLN-BVW150 Z 4	120	120
VLN-BVW150 Z 8	240	0
BVW150-BVW380 O 12	0	240
BVW150-BVW380 O 4	120	120
BVW150-BVW380 O 8	240	0
BVW150-BVW380 O 12	0	0
BVW150-BVW380 O 4	120	120
BVW150-BVW380 O 8	240	240
OTL-BVW150 P 12	0	120
OTL-BVW150 P 4	120	240
OTL-BVW150 P 8	240	0
BVW150-BVW380 Z 12	0	240
BVW150-BVW380 Z 4	120	120
BVW150-BVW380 Z 8	240	0
BVW150-BVW380 Z 12	0	0
BVW150-BVW380 Z 4	120	120

BVW150-BVW380 Z 8	240	240
BVW150-BVW380 W 12	0	0
BVW150-BVW380 W 4	120	240
BVW150-BVW380 W 8	240	120
OTL-BVW150 O 12	0	240
OTL-BVW150 O 4	120	120
OTL-BVW150 O 8	240	0

Tabel F.2 Kabel posities 100uT

Kabel naam	X [m] originele positie	Y [m] originele positie	X[m] Optimale positie	Y[m] Optimale positie
VLN-BVW150 W 12 K1	-0.35	-1.25	-0.35	-1.25
VLN-BVW150 W 4 K1	0	-1.25	0	-1.55
VLN-BVW150 W 8 K1	0.35	-1.25	0.35	-1.25
OTL-BVW150 W 12 K1	1.35	-1.33660254	1.35	-1.33660254
OTL-BVW150 W 4 K1	1.7	-1.25	1.7	-1.25
OTL-BVW150 W 8 K1	2.05	-1.33660254	2.05	-1.33660254
VLN-BVW150 O 12 K1	4.75	-1.33660254	4.75	-1.33660254
VLN-BVW150 O 4 K1	5.1	-1.25	5.1	-1.25
VLN-BVW150 O 8 K1	5.45	-1.33660254	5.45	-1.33660254
VLN-BVW150 O 12 K2	6.45	-1.33660254	6.45	-1.33660254
VLN-BVW150 O 4 K2	6.8	-1.25	6.8	-1.25
VLN-BVW150 O 8 K2	7.15	-1.33660254	7.15	-1.33660254
OTL-BVW150 Z 12 K1	8.15	-1.33660254	8.15	-1.33660254
OTL-BVW150 Z 4 K1	8.5	-1.25	8.5	-1.25
OTL-BVW150 Z 8 K1	8.85	-1.33660254	8.85	-1.33660254
VLN-BVW150 Z 12 K1	12.345	-1.25	12.345	-1.25
VLN-BVW150 Z 4 K1	12.695	-1.25	12.695	-1.25
VLN-BVW150 Z 8 K1	13.045	-1.25	13.045	-1.25
VLN-BVW150 Z 12 K2	14.27	-1.25	14.27	-1.25
VLN-BVW150 Z 4 K2	14.62	-1.25	14.62	-1.25
VLN-BVW150 Z 8 K2	14.97	-1.25	14.97	-1.25
BVW150-BVW380 O 12 K1	16.195	-1.25	16.195	-1.25
BVW150-BVW380 O 4 K1	16.545	-1.25	16.545	-1.25
BVW150-BVW380 O 8 K1	16.895	-1.25	16.895	-1.25
BVW150-BVW380 O 12 K2	20.253	-1.25	20.253	-1.25
BVW150-BVW380 O 4 K2	20.603	-1.25	20.603	-1.25
BVW150-BVW380 O 8 K2	20.953	-1.25	20.953	-1.25
OTL-BVW150 P 12 K1	31	-1.25	31	-1.25
OTL-BVW150 P 4 K1	31.35	-1.25	31.35	-1.25
OTL-BVW150 P 8 K1	31.7	-1.25	31.7	-1.25
BVW150-BVW380 Z 12 K1	32.7	-1.25	32.7	-1.25

BVW150-BVW380 Z 4 K1	33.05	-1.25	33.05	-1.25
BVW150-BVW380 Z 8 K1	33.4	-1.25	33.4	-1.25
BVW150-BVW380 Z 12 K2	34.4	-1.25	34.4	-1.25
BVW150-BVW380 Z 4 K2	34.75	-1.25	34.75	-1.25
BVW150-BVW380 Z 8 K2	35.1	-1.25	35.1	-1.25
BVW150-BVW380 W 12 K1	36.1	-1.25	36.1	-1.25
BVW150-BVW380 W 4 K1	36.45	-1.25	36.45	-1.55
BVW150-BVW380 W 8 K1	36.8	-1.25	36.8	-1.25
OTL-BVW150 O 12 K1	37.8	-1.25	37.8	-1.25
OTL-BVW150 O 4 K1	38.15	-1.25	38.15	-1.25
OTL-BVW150 O 8 K1	38.5	-1.25	38.5	-1.25

APPENDIX G

Referentie limieten ICNIRP en IEEE

	50 Hz fields		60 Hz fields		Static fields	
	General public	Occupational	General public	Occupational	General public	Occupational
ICNIRP 2010 Reference levels					ICNIRP 2009 limits	
Magnetic fields	200 μ T	1,000 μ T	200 μ T	1,000 μ T	400 mT	NA
Magnetic field (head and trunk)	NA	NA	NA	NA	NA	2 T
Magnetic field (limbs)	NA	NA	NA	NA	NA	8 T
Electric fields	5 kV/m	10 kV/m	4.17 kV/m	8.33 kV/m	NA	NA
IEEE 2019 Exposure reference levels						
Magnetic fields (head / torso)	904 μ T	2,710 μ T	904 μ T	2,710 μ T	118 mT	353 mT
Magnetic field (arms / legs)	75,800 μ T	75,800 μ T	63,200 μ T	63,200 μ T	353 mT	353 mT
Electric fields	5 kV/m 10 kV/m (ROW)	20 kV/m	5 kV/m	20 kV/m	NA	NA
ICNIRP 1998 Reference levels						
Magnetic fields	100 μ T	500 μ T	83.33 μ T	416.67 μ T	NA	NA
Electric fields	5 kV/m	10 kV/m	4.17 kV/m	8.33 kV/m	NA	NA



About DNV

DNV is the independent expert in risk management and assurance, operating in more than 100 countries. Through its broad experience and deep expertise DNV advances safety and sustainable performance, sets industry benchmarks, and inspires and invents solutions.

Whether assessing a new ship design, optimizing the performance of a wind farm, analyzing sensor data from a gas pipeline or certifying a food company's supply chain, DNV enables its customers and their stakeholders to make critical decisions with confidence.

Driven by its purpose, to safeguard life, property, and the environment, DNV helps tackle the challenges and global transformations facing its customers and the world today and is a trusted voice for many of the world's most successful and forward-thinking companies.