



Oplegnotitie

Magneetveldberekening Onderstation de Weel

Van: Qirion

Voor: Gemeente Hollands Kroon

Auteur: Tim van Dijken

Datum: 08-11-2022

Qirion | Energy Consulting | Elektrotechniek 1

Qirion B.V.

Dijkgraaf 4, 6921 RL Duiven

Postbus 50, 6920 AB Duiven

Telefoon: (088) 191 00 00

www.qirion.nl

magneetveldberekeningen@qirion.nl

Qirion

Bij Qirion zijn de strategische kennis en kunde op het gebied van energieopwek, -opslag, energie-infrastructuren alsmede eindverbruikerstoepassingen gebundeld. Deze gebundelde kennis dient als basis voor het uitvoeren van turnkey projecten alsmede het doen van advisering en onderzoek. Daarmee wil Qirion het mogelijk maken dat haar klanten kunnen acteren als world class spelers.

In 2017 is er door TenneT aan Liandon (tegenwoordig Qirion) gevraagd magneetveldberekeningen uit te voeren voor het ontwerp van het onderstation (OS) De Weel in het dorp 't Veld in gemeente Hollands Kroon. Hierbij zijn de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone en de 100 microtesla grenswaardecontour berekend. Toentertijd is een magneetveldberekening gemaakt waarbij uitgegaan is van een toekomstig scenario, in dit scenario is gerekend met vier transformatoren in het onderstation.

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen. In de rapportage zijn ook breedtes van "magneetveldzones" berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet zoals OS De Weel. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de 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 via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

Op dit moment (8 november 2022) zijn de in 2017 gehanteerde uitgangspunten voor de berekening van de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone nog steeds leidend. De berekeningen die in 2017 zijn gemaakt voor OS De Weel zijn dus nog steeds actueel. In de nieuwe situatie voor OS De Weel zal een 3^e transformator geplaatst worden, de magneetveldberekeningen zijn gemaakt op basis van 4 transformatoren. De magneetveldzone zal in de nieuwe situatie, met maar 3 transformatoren, kleiner uitvallen dan de berekende magneetveldzone op basis van 4 transformatoren.

Tim van Dijken
Consultant Elektrotechniek
Qirion Magneetveldberekeningen (magneetveldberekeningen@qirion.nl)

Datum: 8 november 2022
Plaats: Amsterdam





150/20 kV Onderstation De Weel

Jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone

Opdrachtgever : TenneT
Uitgevoerd door : Liandon
Auteur : Karolina Atanasova
Gecontroleerd door : Frank van Minnen
Datum : 14 april 2017
Documentnummer : RTO0643KA140417OS, v0.91

COLOFON

Liandon

Bij Liandon zijn de strategische kennis en kunde op het gebied van energieopwek, -opslag, energie-infrastructuren alsmede eindverbruikerstoepassingen gebundeld. Deze gebundelde kennis dient als basis voor het uitvoeren van turnkey projecten alsmede het doen van advisering en onderzoek. Daarmee wil Liandon het mogelijk maken dat haar klanten kunnen acteren als world class spelers.

Liandon BV

Bezoekadressen:

Dijkgraaf 4, 6921 RL Duiven

Basisweg 10, 1043 AP Amsterdam

Melkemastate 2 8925 AP Leeuwarden

Postbus 50, 6920 AB Duiven

Telefoon: (088) 191 00 00

www.liandon.nl

Versie	Versie	Datum	Auteur	Opmerking
	0.9	29-03-2017	K. Atanasova	Concept ter accordering
	0.91	29-05-2017	F.C. van Minnen	Correctie bijschrift Figuur 3

Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende 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 hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding', RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

© 2017, Liandon BV, Arnhem

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, in enige vorm of enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Liandon.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Beschrijving onderstation De Weel	5
2.1	Algemeen	5
2.2	Componenten.....	5
2.2.1	Grondschem.....	6
2.2.2	150 kV open schakelinstallatie.....	6
2.3	Lay-out	7
3	Uitgangspunten	9
3.1	Model.....	9
3.1.1	Ontwerp.....	9
3.1.2	Software	9
3.1.3	Grenzen van het model.....	10
3.1.4	Stroomrichtingen	10
3.2	Rekenstromen	10
4	Resultaten modellering.....	12
4.1	3D-model.....	12
4.2	Magneetveldzone	13
4.2.1	Jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone	13
4.2.2	100 microtesla grenswaardecontour	14
5	Conclusie	15
5.1.1	Jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone	15
5.1.2	100 microtesla grenswaardecontour	15
Bijlage 1	Referenties	16
Bijlage 2	Achtergrond en uitgangspunten zoneberekeningen	17
Bijlage 3	Uitgangspunten magneetveldberekening	19

1 Inleiding

ACHTERGROND

In het gebied ten oosten van de kern De Weel en ten zuiden van het dorp 't Veld is een nieuw te stichten 150 kV station gepland (150/20 kV station de Weel). De locatie ligt binnen het geldende bestemmingsplan 'Buitengebied voormalige gemeente Niedorp'. Liandon is door TenneT gevraagd om van het voorliggende stationsontwerp de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone te berekenen.

DOELSTELLING

De doelstelling van dit rapport is:

1. Inzicht geven in de ligging van de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone rondom het onderstation;
2. Verificatie dat de 100 microtesla grenswaardecontour niet buiten de erfgrens van het onderstation treedt.

ZONEBEREKENING

De uitgangspunten voor de berekening van de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone zijn opgesteld aan de hand van de RIVM notitie '*Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding*', RIVM, 3 november 2011 (zie referentie 2 in Bijlage 1).

De rekenmethodiek zoals vastgelegd in de genoemde notitie is hier gehanteerd voor het 150 kV deel van het onderstation.

De 100 microtesla grenswaardecontour is berekend op basis van nominale belastbaarheid van alle componenten.

LEESWIJZER

Hoofdstuk twee geeft in hoofdlijnen een beschrijving van het onderstation De Weel, zoals de lay-out en de componenten. In hoofdstuk drie worden de uitgangspunten beschreven die gehanteerd zijn om de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone en de 100 microtesla grenswaardecontour te berekenen. In hoofdstuk vier wordt het model en de resultaten van de zoneberekening getoond. Hoofdstuk vijf sluit af met een conclusie.

2 Beschrijving onderstation De Weel

2.1 Algemeen

Onderstation de Weel bestaat uit een 150 kV deel dat in eigendom van TenneT is en een 20 kV deel dat in eigendom van Liander is. In Figuur 1 is een impressie van de ligging van het onderstation weergegeven. Onderstation de Weel wordt gerealiseerd in het hart van het tracé van de bestaande bovengrondse 150 kV hoogspanningslijn Oterleek – Anna Paulowna, ter hoogte van mast 31. Het onderstation wordt in deze hoogspanningslijn ingelust, waarbij de netconfiguratie wijzigt.



Figuur 1: Luchtfoto onderstation de Weel

2.2 Componenten

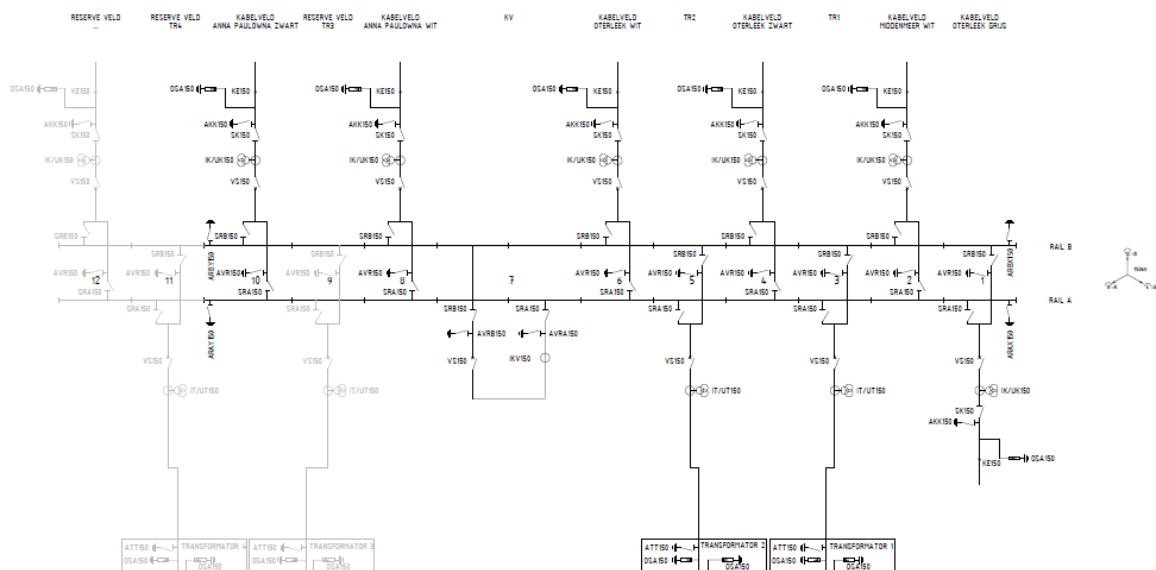
Het 150 kV deel van het onderstation zal, inclusief benutting van reservevelden, bestaan uit onderstaande onderdelen :

1. Een open 150 kV schakelinstallatie van 12 velden ,waarvan twee reserve transformatorvelden en een reserve kabelveld voor mogelijke toekomstige uitbreiding;
2. Twee nieuwe 150 kV bovengrondse hoogspanningsverbindingen van/naar het onderstation, respectievelijk:
 - 150 kV hoogspanningsverbinding Oterleek – De Weel (OTL-DWL150, circuits wit & zwart)
 - 150 kV hoogspanningsverbinding De Weel – Anna Paulowna (DWL-APL150, circuits wit & zwart)
3. Zes ondergrondse 150 kV kabelverbindingen. Vier kabelverbindingen zijn voor verbinding tussen de 150 kV schakelinstallatie en de bovengrondse lijncircuits naar Oterleek en Anna Paulowna, de overige twee zijn kabelverbindingen respectievelijk naar onderstation Middenmeer en een derde kabelcircuit naar onderstation Oterleek.
 - De Weel – Oterleek – Wit (DWL - OTL150W)
 - De Weel – Oterleek - Zwart (DWL - OTL150Z)

- De Weel – Anna Paulowna - Wit (DWL - APL150W)
 - De Weel – Anna Paulowna - Zwart (DWL - APL150Z)
 - De Weel - Middenmeer Wit (DWL - MDM150W)
 - De Weel - Oterleek Grijs (DWL- OTL150G)
4. Vier lijnverbindingen tussen de 150 kV schakelinstallatie en vier 80 MVA 150/20 kV transformatoren;

2.2.1 GRONDSCHEMA

Het grondschem van onderstation de Weel is weergegeven in onderstaande Figuur 2.



Figuur 2: Grondschem onderstation de Weel (Bron: BO RTO-0643)

Door de verkleinde weergave is de tekst in Figuur 2 niet meer leesbaar. Hiervoor wordt verwezen naar de originele tekening, opgenomen in BO RTO-643.

2.2.2 150 kV OPEN SCHAKELINSTALLATIE

In Figuur 2 bevindt zich veld 01 van de 150 kV schakelinstallatie rechts en veld 12 links. De veldindeling met benaming voor de 150 kV open schakelinstallatie is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Veldindeling 150 kV open schakelinstallatie, met benaming

Veldnummer	Type veld	Veldnaam	Veldnaam afkorting
Veld 01	Kabelveld	Oterleek Grijs	OTL150G
Veld 02	Kabelveld	Middenmeer Wit	MDM150W
Veld 03	Transformatorveld	Transformator 1	TR1
Veld 04	Kabelveld	Oterleek Zwart	OTL150Z
Veld 05	Transformatorveld	Transformator 2	TR2
Veld 06	Kabelveld	Oterleek Wit	OTL150W
Veld 07	Koppelveld	Koppelveld	KV
Veld 08	Kabelveld	Anna Paulowna Wit	APL150W
Veld 09	Transformatorveld	Reserve	TR3
Veld 10	Kabelveld	Anna Paulowna Zwart	APL150Z
Veld 11	Transformatorveld	Reserve	TR4

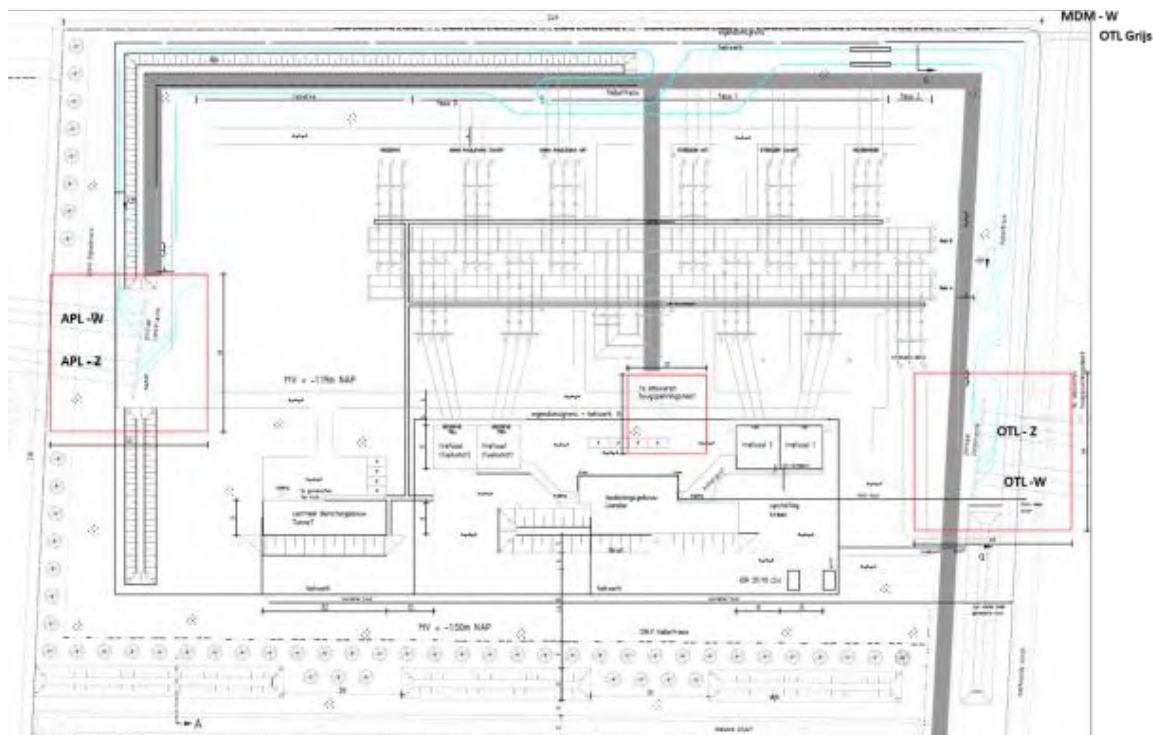
Veldnummer	Type veld	Veldnaam	Veldnaam afkorting
Veld 12	Kabelveld	Reserve	n.v.t.

De 150 kV schakelinstallatie heeft de onderstaande kenmerken:

- Dubbelrail op 150 kV met elkaar verbonden via een koppelveld (veld 07). De nominale stroombelastbaarheid van de hoofd rail bedraagt 3150 A;
- Beide rails zijn tijdens bedrijf parallel geschakeld door middel van het koppelveld. De nominale stroombelastbaarheid van het koppelveld bedraagt 3150 A;
- De kabelvelden hebben een nominale stroombelastbaarheid van 2000 A;
- De nominale stroombelastbaarheid van de transformatorvelden bedraagt 1000 A;
- Het onderstation heeft drie reservevelden (velden 09, 11 en 12). Voor de zoneberekening wordt ervan uitgegaan dat de volledige mogelijkheden van het onderstation benut worden, de reservevelden worden derhalve meegenomen in de bepaling van de magneetveldzone, op basis van een nominale stroombelastbaarheid van 2000 A voor het reserve kabelveld (veld 12), respectievelijk 1000 A voor de twee reserve transformatorvelden (velden 09, 11) .

2.3 Lay-out

In Figuur 3 is de lay-out van onderstation De Weel weergegeven. Het hekwerk rond het onderstation is weergegeven door middel van een lijn met stippen ter plekke van de palen. De 150 kV bovengrondse hoogspanningsverbindingen van/naar Anna Paulowna (circuit wit/zwart) en Oterleek (circuit wit/zwart) zijn gemarkeerd, respectievelijk met APL-W, APL-Z en OTL-W en OTL-Z. De twee voedende ondergrondse hoogspanningsverbindingen van/naar Middenmeer en Oterleek zijn gemarkeerd met respectievelijk MDM-W, OTL-Grijs.



Figuur 3: Lay-out van onderstation De Weel (Bron: BO RTO-0643, Aangepast 95530001P1)

Door de verkleinde weergave van de lay-out is de tekst in Figuur 3 niet meer leesbaar. Hiervoor wordt verwezen naar de originele tekening, opgenomen in BO RTO-0643.

3 Uitgangspunten

Voor de gedetailleerde uitwerking van de uitgangspunten voor de magneetveldberekening wordt verwezen naar de uitgangspunten, opgenomen in Bijlage 3.

3.1 Model

Door het RIVM is in opdracht van het voormalige ministerie van VROM een handreiking opgesteld voor magneetveldberekeningen bij bovengrondse lijnen (zie referentie 1 in Bijlage 1). Hierin staat nauwkeurig beschreven op welke manier de berekening uitgevoerd moet worden en welke waarde van het magneetveld nagestreefd dient te worden. In 2010 zijn er een aantal bijeenkomsten geweest met verschillende partijen om te komen tot eenduidige uitgangspunten en rekenregels voor kabelverbindingen en stations voor het Randstad 380 kV project. Van deze bijeenkomsten is een notitie met aanvullende afspraken gemaakt door het RIVM (zie referentie 2 in Bijlage 1).

Voor de berekeningen van de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone die in dit rapport zijn gemaakt, is de rekenmethodiek gehanteerd zoals deze is beschreven in de genoemde handreiking en de notitie.

Voor berekening van de 100 microtesla grenswaardecontour is deze zelfde rekenmethodiek gehanteerd, met als wijziging dat de rekenstromen gelijk zijn genomen aan de ontwerpbelasting van de verschillende componenten.

3.1.1 ONTWERP

De basis voor de magneetveldberekeningen is het ontwerp van onderstation de Weel, zoals beschreven in hoofdstuk 2. Het onderstation wordt in meerdere fasen gerealiseerd. Basis voor de magneetveldberekeningen is de geprojecteerde eindsituatie, waarbij de geplande mogelijkheden van het onderstation benut worden, conform de RIVM notitie.

Vanuit het ontwerp worden onderstaande invoergegevens gebruikt:

- Het aantal, de ligging, configuratie en de opbouw van de lijn- en kabelcircuits;
- De hoogte en positie van de rail boven maaiveld, de afstanden tussen de fasen;
- Positie van de kabelvelden en overige aansluitingen;
- Positie van het koppelveld;
- Positie en oriëntatie van de vier geplande transformatoren van 80 MVA;

De componenten die geen onderdeel zijn van de primaire installaties worden niet meegenomen in de berekening.

3.1.2 SOFTWARE

Voor het berekenen van de magnetische veldsterkte wordt het softwarepakket EFC400 versie 2008 (build 2786) gebruikt. Met EFC400 worden de berekeningen driedimensionaal uitgevoerd, waarbij de relevante stroomvoerende delen van het onderstation gemodelleerd worden.

[EFC400: Programmatuur van Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie (FGEU, mbH, Berlin, Duitsland)]

3.1.3 GRENZEN VAN HET MODEL

- Alleen stroomvoerende delen met een spanningsniveau van 50 kV en hoger worden gemodelleerd;
- Ondergrondse hoogspanningskabels worden gemodelleerd tot de erfgrens van het station.

3.1.4 STROOMRICHTINGEN

- De stromen in de geleiders van een circuit worden symmetrisch verondersteld over de drie fasen;
- De stroomrichting in de 150 kV lijn- en kabelverbindingen wordt in de richting van het onderstation gemodelleerd;
- De stroomrichting van de velden naar de transformatoren wordt gemodelleerd vanaf de 150 kV hoofd rail naar de transformatoren;
- De stroomrichting binnen het hoogspanningsstation is van hoge naar lage spanning;
- Voor de stromen door het 150 kV railsysteem wordt verondersteld dat die dezelfde richting hebben;
- In de 150 kV schakelinstallatie voeren de geleiders stroom tot aan de verst gelegen hoofd rail (grootste lengte);
- Magneetveldberekeningen worden uitgevoerd voor beide richtingen van de stroom door de hoofd rail van de 150 kV installatie, en voor beide richtingen van de stroom door het koppelveld;
- De gepresenteerde jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldcontour is de omhullende van deze berekeningen.

3.2 Rekenstromen

De rekenstromen die in deze paragraaf zijn opgenomen zijn afkomstig uit het uitgangspuntendocument, zie Bijlage 3.

In Tabel 2 is een vertaling gemaakt van de ontwerpstromen en -vermogens naar rekenstromen (vijfde kolom) om de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone te berekenen voor de stroomvoerende 150 kV componenten.

Voor berekening van de 100 microtesla grenswaardecontour zijn de stromen uit kolom vier gehanteerd.

Tabel 2: Gehanteerde rekenstromen voor de 150 kV geleiders

Nr.	Omschrijving	Vermogen [MVA]	Stroom [A]	Reken-stroom [A]	Opmerking t.a.v. rekenstroom
1	Veld 01, Kabelveld OTL150G	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
2	Veld 02, Kabelveld MDM150W	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
3	Veld 03, Transformatorveld Trafo: TR1	260	1000	750	Totaal 4 trafo's n-1 → 75% voor jaargemiddelde.
4	Veld 04, Kabelveld OTL150Z	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
5	Veld 05, Transformatorveld Trafo: TR2	260	1000	750	Totaal 4 trafo's n-1 → 75% voor jaargemiddelde.
6	Veld 06, Kabelveld OTL150W	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.

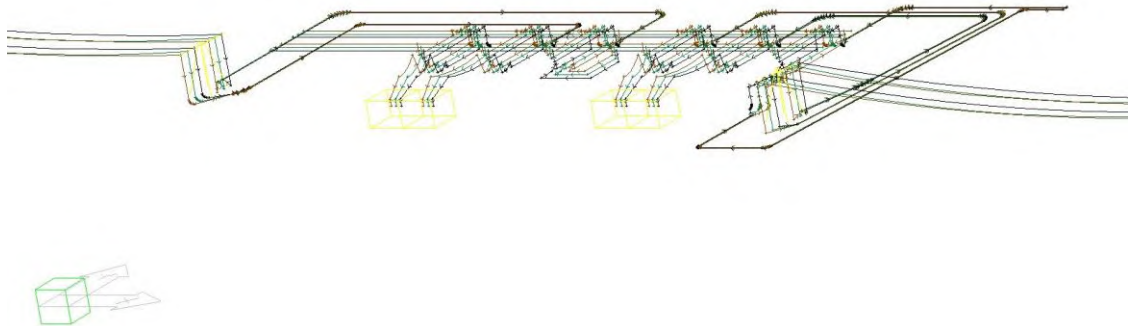
Nr.	Omschrijving	Vermogen [MVA]	Stroom [A]	Rekenstroom [A]	Opmerking t.a.v. rekenstroom
7	Veld 07, Koppelveld KV	818	3150	1575	Is op 50% van het vermogen van het koppelveld ingesteld.
8	Veld 08, Kabelveld APL150W	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
9	Veld 09, Reserve transformatorveld Trafo: TR3	260	1000	750	Totaal 4 trafo's n-1 → 75% voor jaargemiddelde.
10	Veld 10, Kabelveld APL150Z	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
11	Veld 11, Reserve transformatorveld Trafo: TR4	260	1000	750	Totaal 4 trafo's n-1 → 75% voor jaargemiddelde.
12	Veld 12, Reserve kabelveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
13	Kabelverbinding OTL150G	300	1155	577	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
14	Kabelverbinding MDM150W	300	1155	577	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
15	Kabelverbinding OTL150W	240	924	462	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
16	Kabelverbinding OTL150Z	240	924	462	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
17	Kabelverbinding APL150W	240	924	462	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
18	Kabelverbinding APL 150Z	240	924	462	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
19	Transformatorverbindingen, per circuit	260	1000	750	Totaal 4 trafo's n-1 → 75% voor jaargemiddelde.
20	Hoofdrail	818	3150	1575	De hoofdrail is ingesteld op 50% van de nominale stroom.

4 Resultaten modellering

4.1 3D-model

Om de magneetveldzone te kunnen berekenen is een 3D-model van het onderstation opgebouwd. Hiertoe zijn in het software pakket EFC-400 alle stroomvoerende delen van het 150 kV deel van het onderstation gemodelleerd. Vervolgens krijgt elk stroomvoerend deel de bijbehorende fase (klokgetal 4, 8 of 12), rekenstroomwaarde en stroomrichting.

In Figuur 4 is het 3D-model opgenomen van het 150 kV deel van het onderstation. De positie en oriëntatie is overeenkomstig met de lay-out van Figuur 3.



Figuur 4: 3D-model 150 kV deel van onderstation de Weel

4.2 Magneetveldzone

4.2.1 JAARGEMIDDELDE 0,4 MICROTESLA MAGNEETVELDZONE

In Figuur 5 is de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone van het nieuwe onderstation De Weel geprojecteerd op een kaart van de directe omgeving. Op deze kaart is het erf van onderstation de Weel aangegeven door middel van het lichtgele vlak. De omvang van de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone is aangegeven met de lichtblauwe contour.

De jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone is berekend op een hoogte van 1 meter boven maaiveld.



Figuur 5: Projectie jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone van onderstation de Weel

In Figuur 5 is te zien dat de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone zich langs een groot deel van de oostelijke en zuidoostelijke zijde van het onderstation tot buiten de erfgrens van het station uitstrekt. Ook aan de westelijke zijde van het stationsterrein treedt de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone licht buiten de erfgrens.

De grote uitlopers naar het noorden en zuiden komen voort uit het feit dat de bovengrondse lijnverbindingen in het model opgenomen zijn tot aan de eerste mast buiten de erfgrens van het station, conform de RIVM notitie. Deze uitlopers liggen onder de bestaande bovengrondse hoogspanningslijn.

4.2.2 100 MICROTESLA GRENSWAARDECONTOUR

Uit de berekeningen van de 100 microtesla grenswaardecontour bij nominale belasting van de verschillende componenten blijkt dat deze in zijn geheel ruimschoots binnen de erfgrens van het onderstation blijft.

5 Conclusie

5.1.1 JAARGEMIDDELDE 0,4 MICROTESLA MAGNEETVELDZONE

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone (referentie 1) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen (zie Bijlage 2). In voorliggende rapportage is de magneetveldzone berekend voor een ander deel van het hoogspanningsnet, namelijk een onderstation. Bij deze berekening is gebruik gemaakt van de notitie 'Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding' (referentie 2).

Conform de RIVM notitie is de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone van onderstation De Weel bepaald aan de hand van het ontwerp voor het 150 kV stationsdeel.

De jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone strekt zich langs een groot deel van de oostelijke en zuidoostelijke zijde van het onderstation uit tot buiten de erfgrens van het station. Ook aan de westelijke zijde van het stationsterrein treedt de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone licht buiten de erfgrens.

De grote uitlopers aan de noordelijke en zuidelijke zijde van het station liggen onder de bovengrondse 150 kV lijnverbindingen, welke tot aan de eerste mast buiten het erf van het onderstation in het rekenmodel zijn opgenomen, conform de RIVM notitie.

5.1.2 100 MICROTESLA GRENSWAARDECONTOUR

De 100 microtesla grenswaardecontour treedt nergens buiten de erfgrens van het onderstation. Op voor burgers toegankelijke locaties is dus geen sprake van overschrijding van deze waarde.

Bijlage 1 Referenties

Onderstaande referenties zijn gebruikt:

1. Kelfkens, G., Pruppers, M.J.M. *Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen*. RIVM, versie 4.1, 26 oktober 2015.
Bron: <http://www.rivm.nl/Onderwerpen/H/Hoogspanningslijnen/Handreiking>
2. Notitie 'Afspraken over de rekenmethodiek voor de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding', RIVM, 3 november 2011. Op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl.
3. Cramer, J., *Verduidelijking van het advies met betrekking tot hoogspanningslijnen*. Directoraat-Generaal Milieu, Directie Risicobeleid, 4 november 2008, kenmerk DGM\2008105664.
Bron: <http://www.rivm.nl/Onderwerpen/H/Hoogspanningslijnen>

Bijlage 2 Achtergrond en uitgangspunten zoneberekeningen

B2.1 Achtergronden zoneberekening bij bovengrondse hoogspanningslijnen

Onderstaande tekst is overgenomen uit bijlage 2 van de handreiking van het RIVM, versie 4.1 (zie referentie 1 in Bijlage 1).

MAGNEETVELDEN EN GEZONDHEID

Magneetvelden kunnen het functioneren van het menselijk lichaam beïnvloeden. Boven een bepaalde waarde van de veldsterkte kunnen acute effecten optreden, zoals het ‘zien’ van lichtflitsen en onwillekeurige spiersamentrekkingen. In de buurt van de elektriciteitsvoorziening gaat het om in de tijd wisselende velden met een frequentie van 50 hertz (Hz). Voor de sterkte van het magneetveld heeft de Europese Unie bij 50 Hz een referentieniveau voor leden van de bevolking van 100 microtesla aanbevolen. Beneden het referentieniveau veroorzaakt het magneetveld geen acute effecten. Bij bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland is de sterkte van het magneetveld op voor leden van de bevolking toegankelijke plaatsen overal lager dan 100 microtesla.

Het is minder duidelijk wat de effecten van langdurige blootstelling aan lagere sterkte van het magneetveld zijn. Het onderzoek in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen wijst er op dat kinderen die dicht bij een dergelijke hoogspanningslijn wonen, waar het magneetveld sterker is dan verder verwijderd van de hoogspanningslijn, mogelijk extra risico op leukemie lopen. Het (mogelijk) verhoogde risico op kinderleukemie tekent zich af bij langdurige blootstelling aan magneetvelden sterker dan ergens tussen 0,2 en 0,5 microtesla.

BELEIDSADVIES MET BETREKKING TOT HOOGSPANNINGSLIJNEN

Op grond van deze gegevens en uitgaande van het voorzorgsbeginsel heeft het toenmalige ministerie van VROM in 2005 een beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies wordt aangeraden om zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 microtesla (de magneetveldzone). Het beleidsadvies is in 2008 verduidelijkt.

ZONEBEREKENING

De manier waarop deze magneetveldzone kan worden berekend, is vastgelegd in de Handreiking van het RIVM.

Om een berekeningsmethode voor de in het beleidsadvies aangegeven magneetveldzone op te kunnen stellen, zijn enkele vereenvoudigingen van het hoogspanningsnet aangenomen. Vereenvoudigingen zijn onvermijdelijk omdat de volledige karakteristieken van de stroom niet altijd en overal in het hoogspanningsnet bekend zijn. Een eerste vereenvoudiging is dat er voor elk circuit met één stroom wordt gerekend. Deze rekenstroom is een schatting voor de maximale, jaargemiddelde stroom die nu of in de toekomst kan optreden. Een tweede vereenvoudiging is dat de stroom door de bliksemdraden (en andere geleiders in de buurt van de hoogspanningslijn zoals buisleidingen, vangrails en silo's) niet in de berekening wordt meegenomen. Een derde vereenvoudiging is dat de specifieke magneetveldzone, waar mogelijk, wordt voorgesteld door rechte lijnen evenwijdig aan de hoogspanningslijn. Een gevolg van deze aannames is dat een berekening volgens deze Handreiking niet de werkelijke sterkte van het magneetveld op een bepaalde locatie op een bepaald tijdstip (zoals die met een momentane meting bepaald zou kunnen worden) weergeeft. Een berekening volgens de Handreiking legt een toekomstgerichte specifieke magneetveldzone vast die past binnen het beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen.

B2.2 Achtergronden zoneberekening bij hoogspanningskabels en hoogspanningsstations

Onderstaande tekst is overgenomen uit de notitie *'Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding'*, RIVM, 3 november 2011 (zie referentie 2 in Bijlage 1).

In 2005 heeft het toenmalige ministerie van VROM (nu het ministerie van Infrastructuur en Milieu) - op basis van het voorzorgsbeginsel - een advies voor het hoogspanningslijnenbeleid aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies worden gemeenten en netbeheerders geadviseerd zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen nieuwe situaties ontstaan waar kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten die jaargemiddeld boven 0,4 microtesla liggen. De handreiking van het RIVM legt de manier vast om deze 'zone waar het magnetische veld gemiddeld over een jaar boven de 0,4 microtesla ligt', verder aangeduid als 'specifieke magneetveldzone', zo eenduidig en transparant mogelijk te berekenen.

Het hoogspanningslijnenbeleid, en daarmee ook de handreiking, is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen. Bij de voorbereiding van de Randstad 380 kV verbinding is door het toenmalige ministerie van Economische Zaken en het toenmalige ministerie van VROM besloten om bij de ondergrondse delen en hoogspanningstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding aan te sluiten bij het hoogspanningslijnenbeleid zoals dat geformuleerd is voor bovengrondse hoogspanningslijnen. Netbeheerder TenneT en enkele adviesbureaus die berekeningen volgens de handreiking van het RIVM kunnen uitvoeren, hebben met het oog op uniformering van de berekeningswijze aanvullende afspraken gemaakt over de te hanteren rekenmethodiek. Om tot deze afspraken te komen is er overleg gevoerd op 3 juni, 12 juli en 18 november 2010. Het RIVM was daarbij als secretaris betrokken en heeft de gemaakte afspraken vastgelegd.

Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende 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 hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding', RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

Bijlage 3 Uitgangspunten magneetveldberekening

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation de Weel

Datum : 14 april 2017
Auteur(s) : Karolina Atanasova, Liandon
Gecontroleerd door : Frank van Minnen, Liandon
Versie : 1.0

1 Algemene gegevens onderstation De Weel

Het ontwerp van onderstation de Weel bestaat uit een 150 kV deel dat in eigendom van TenneT is en een 20 kV deel dat in eigendom van Liander is. In Bijlage 1 (Figuur 1) is een weergave van de stationsindeling van het toekomstige onderstation opgenomen. Het 150/20 kV onderstation zal gerealiseerd worden in het gebied ten oosten van de kern De Weel en ten zuiden van het dorp 't Veld. De locatie ligt binnen het geldende bestemmingsplan 'Buitengebied voormalige gemeente Niedorp'. In voorliggend uitgangspunten document worden de uitgangspunten beschreven voor het 150 kV deel van het onderstation, zoals die gehanteerd worden in de magneetveldstudie.

2 Stationsontwerp

- *Spanning* : 150 kV
- *Grondschema* : Zie Figuur 2 in Bijlage 2.
- *Veldindeling* : zie onderstaande Tabel 1.

Tabel 1: Veldindeling onderstation de Weel

Veldnummer	Type veld	Veldnaam	Veldnaam afkorting
Veld 01	Kabelveld	Oterleek Grijs	OTL150G
Veld 02	Kabelveld	Middenmeer Wit	MDM150W
Veld 03	Transformatorveld	Transformator 1	TR1
Veld 04	Kabelveld	Oterleek Zwart	OTL150Z
Veld 05	Transformatorveld	Transformator 2	TR2
Veld 06	Kabelveld	Oterleek Wit	OTL150W
Veld 07	Koppelveld	Koppelveld	KV
Veld 08	Kabelveld	Anna Paulowna Wit	APL150W
Veld 09	Transformatorveld	Reserve	TR3
Veld 10	Kabelveld	Anna Paulowna Zwart	APL150Z
Veld 11	Transformatorveld	Reserve	TR4
Veld 12	Kabelveld	Reserve	n.v.t.

- *Kenmerken* :
 - Dubbelrail op 150 kV met elkaar verbonden via een koppelveld (veld 07). De nominale stroombelastbaarheid van de hoofd rail bedraagt 3150 A;
 - Beide rails zijn tijdens bedrijf parallel geschakeld door middel van het koppelveld. De nominale stroombelastbaarheid van het koppelveld bedraagt 3150 A;
 - De kabelvelden hebben een nominale stroombelastbaarheid van 2000 A;
 - De nominale stroombelastbaarheid van de transformatorvelden bedraagt 1000 A;
 - Het onderstation heeft drie reservevelden (velden 09, 11 en 12). Voor de zoneberekening wordt ervan uitgegaan dat de volledige mogelijkheden van het onderstation benut worden, de reservevelden worden derhalve meegenomen in de bepaling van de magneetveldzone, op basis van een nominale stroombelastbaarheid van 2000 A voor het reserve kabelveld (veld 12), respectievelijk 1000 A voor de twee reserve transformatorvelden (velden 09, 11) .
- *Lay-out* : zie Figuur 1 in Bijlage 1

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation de Weel

3 150 kV verbindingen

3.1 Voedende bovengrondse 150 kV lijnverbindingen

Onderstation de Weel wordt gerealiseerd in het hart van het tracé van de bestaande bovengrondse 150 kV hoogspanningslijn Oterleek – Anna Paulowna, ter hoogte van mast 31.

Het onderstation wordt in deze hoogspanningslijn ingelust, waarbij de netconfiguratie wijzigt.

De lijnverbinding Oterleek – Anna Paulowna (OTL-APL150) vervalt en wordt Oterleek – De Weel (OTL-DWL150) en De Weel – Anna Paulowna (DWL-APL150).

Onderstaand zijn de relevante uitgangspunten van beide hoogspanningsverbindingen opgenomen.

3.1.1 ALGEMENE GEGEVENS LIJNVERBINDINGEN

- *Bovengrondse hoogspanningsverbindingen* :
 - 150 kV hoogspanningsverbinding Oterleek – De Weel (OTL-DWL150)
 - 150 kV hoogspanningsverbinding De Weel – Anna Paulowna (DWL-APL150)
- *Mastnummers, masttypen en locaties* :
 - OTL – DWL150 : zie Tabel 2
 - DWL – APL150 : zie Tabel 3

Tabel 2: Mastnummers, masttypen en locaties OTL – DWL150

Mast nr.	Masttype	X coördinaat [m]	Y coördinaat [m]
30	SB	118833.80	526766.27
31A	Juk	118736.07	527063.62

Tabel 3: Mastnummers, masttypen en locaties DWL – APL150

Mast nr.	Masttype	X-coördinaat [m]	Y-coördinaat [m]
31B	Juk	118662.32	527287.96
32	SA	118584.56	527524.51

- *Mastgeometrie* : Zie mastbeelden per masttype in Bijlage 3
- *Aantal circuits* : 2 per hoogspanningsverbinding

3.1.2 CIRCUIT GEGEVENS

- *Circuitsaanduiding* : wit (oost), zwart (west).
- *Spanning* : beide circuits 150 kV.
- *Ontwerpbelasting* : 248 MVA (954 A) per circuit.

3.1.3 GELEIDERGEGEVENS

- *Rekenstroombelasting* : 477 A per circuit (50% van 954 A).
- *Positie en fasen* : zie Tabel 4

Tabel 4: Rekenstromen (grootte, positie en fase)

Geleiderpositie Nummer en positie in mastbeeld *)	Stroom [A]	Fase [°]	Positie geleider Mast 30 OTL – DWL150 Mast 32 DWL – APL150
1	477	240	Buitenfase zwart
2	477	120	Bovenfase zwart
3	477	0	Binnenfase zwart
4	477	240	Binnenfase wit
5	477	120	Bovenfase wit
6	477	0	Buitenfase wit

*) west: zwart, oost: wit

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation de Weel

Op het juk komen de geleiders als volgt:

- Binnenfase komt aan de binnenzijde;
- Bovenfase komt in het midden;
- Buitenfase komt aan de buitenzijde.

3.1.4 DOORHANG

De doorhang bij 15 °C is nog niet gespecificeerd. Als aanname is de doorhang overgenomen uit een eerdere magneetveldberekening voor OS De Weel, daterend uit 2012 (rapportage TER0761TB310112, Teunis Brand)

Vaksegment	Fasepositie	Doorhang bij 15°C [m]*
Mast 30 – Juk 31A (OTL-DWL150Z/W)	Buitenfase	6,05
	Bovenfase	6,86
	Binnenfase	6,05
Mast 31B – 32 (DWL-APL150Z/W)	Buitenfase	2,10
	Bovenfase	2,99
	Binnenfase	2,10

* De doorhang is bepaald t.o.v. het juk.

3.1.5 TRANSPORTRICHTING

Conform de RIVM notitie wordt voor beide hoogspanningsverbindingen aangenomen dat de stroom richting onderstation De Weel vloeit, dus van Oterleek naar De Weel en van Anna Paulowna naar De Weel.

3.2 Voedende 150 kV kabelverbindingen

Op het terrein van onderstation De Weel bevinden zich zes ondergrondse 150 kV kabelverbindingen. Vier kabelverbindingen zijn voor verbinding tussen de 150 kV schakelinstallatie en de bovengrondse lijncircuits naar Oterleek en Anna Paulowna, de overige twee zijn kabelverbindingen respectievelijk naar onderstation Middenmeer en een derde kabelcircuit naar onderstation Oterleek. Onderstaand zijn de relevante uitgangspunten opgenomen.

ALGEMENE GEGEVENS KABELVERBINDINGEN

- *Hoogspanningskabelverbindingen* :
 1. De Weel – Oterleek – Wit (DWL - OTL150W)
 2. De Weel – Oterleek - Zwart (DWL - OTL150Z)
 3. De Weel – Anna Paulowna - Wit (DWL - APL150W)
 4. De Weel – Anna Paulowna - Zwart (DWL - APL150Z)
 5. De Weel - Middenmeer Wit (DWL - MDM150W)
 6. De Weel - Oterleek Grijs (DWL - OTL150G)
- *Aantal circuits* : 1 per hoogspanningskabelverbinding

CIRCUIT GEGEVENS

- *Spanningsniveau* : 150 kV
- *Nominale frequentie* : 50 Hz
- *Ontwerpbelasting* : conform BO RTO-0643
 - 150 kV OTL150W : 240 MVA (924 A)
 - 150 kV OTL150Z : 240 MVA (924 A)
 - 150 kV APL150W : 240 MVA (924 A)

3/11

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation de Weel

- 150 kV APL150Z : 240 MVA (924 A)
- 150 kV MDM150W : 300 MVA (1154 A)
- 150 kV OTL150G : 300 MVA (1154 A)

KABELGEGEVENS

- Type kabel :
 - 150 kV OTL150W : EYLKrvlwd 87/150kV 1 x 1200 mm² Alrm
 - 150 kV OTL150Z : EYLKrvlwd 87/150kV 1 x 1200 mm² Alrm
 - 150 kV APL150W : EYLKrvlwd 87/150kV 1 x 1200 mm² Alrm
 - 150 kV APL150Z : EYLKrvlwd 87/150kV 1 x 1200 mm² Alrm
 - 150 kV MDM150W : *Nog niet vastgelegd*
 - 150 kV OTL150G : *Nog niet vastgelegd*
- Legconfiguratie : plat vlak
- Fase-fase afstand : 0,35 meter
- Dekking boven kabel : 1,20 meter op het erf van het onderstation.
- Kabeltracé : De betreffende kabeltracés op het stationsterrein zijn weergegeven in Figuur 1 in Bijlage 1.

3.3 150 kV transformatorverbindingen

Tussen de 150 kV schakelinstallatie en de transformatoren worden lijnverbindingen aangebracht.

ALGEMENE GEGEVENS TRANSFORMATORVERBINDINGEN

- Transformatorverbindingen :
 1. 150 kV kabelverbinding van Veld 03 naar Transformator 1
 2. 150 kV kabelverbinding van Veld 05 naar Transformator 2
 3. 150 kV kabelverbinding van Veld 09 naar Transformator 3
 4. 150 kV kabelverbinding van Veld 11 naar Transformator 4
- Aantal circuits : 1 per transformatorverbinding

CIRCUIT GEGEVENS

- Spanningsniveau : 150 kV
- Nominale frequentie : 50 Hz
- Ontwerpbelasting : 260 MVA, conform ontwerpbelasting transformatorvelden 150 kV schakelinstallatie

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation de Weel**4 Rekenstromen**

De uitgangspunten voor de te hanteren rekenstromen, weergegeven in Tabel 5, zijn opgesteld in analogie met de RIVM notitie *'Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding'* (RIVM, 3 november 2011).

Voor berekening van de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone wordt gebruik gemaakt van de rekenstromen uit kolom vijf van de tabel. Voor berekening van de 100 microtesla grenswaardecontour wordt gebruik gemaakt van de nominale stroombelastbaarheid uit kolom vier van de tabel.

Deze notitie is op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl.

Tabel 5: Te hanteren rekenstromen voor bepaling van de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone van OS De Weel

Nr.	Omschrijving	Vermogen [MVA]	Stroom [A]	Reken-stroom [A]	Opmerking t.a.v. rekenstroom
1	Veld 01, Kabelveld OTL150G	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
2	Veld 02, Kabelveld MDM150W	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
3	Veld 03, Transformatorveld Trafo: TR1	260	1000	750	Totaal 4 trafo's n-1 → 75% voor jaargemiddelde.
4	Veld 04, Kabelveld OTL150Z	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
5	Veld 05, Transformatorveld Trafo: TR2	260	1000	750	Totaal 4 trafo's n-1 → 75% voor jaargemiddelde.
6	Veld 06, Kabelveld OTL150W	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
7	Veld 07, Koppelveld KV	818	3150	1575	Is op 50% van het vermogen van het koppelveld ingesteld.
8	Veld 08, Kabelveld APL150W	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
9	Veld 09, Reserve transformatorveld Trafo: TR3	260	1000	750	Totaal 4 trafo's n-1 → 75% voor jaargemiddelde.
10	Veld 10, Kabelveld APL150Z	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
11	Veld 11, Reserve transformatorveld Trafo: TR4	260	1000	750	Totaal 4 trafo's n-1 → 75% voor jaargemiddelde.
12	Veld 12, Reserve kabelveld	520	2000	1000	Is op 50% van het vermogen van het kabelveld ingesteld.
13	Kabelverbinding OTL150G	300	1155	577	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
14	Kabelverbinding MDM150W	300	1155	577	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
15	Kabelverbinding OTL150W	240	924	462	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
16	Kabelverbinding OTL150Z	240	924	462	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
17	Kabelverbinding APL150W	240	924	462	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
18	Kabelverbinding APL 150Z	240	924	462	Is op 50% van de ontwerpstroom van de kabel ingesteld.
19	Transformatorverbindingen, per circuit	260	1000	750	Totaal 4 trafo's n-1 → 75% voor jaargemiddelde.

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation de Weel

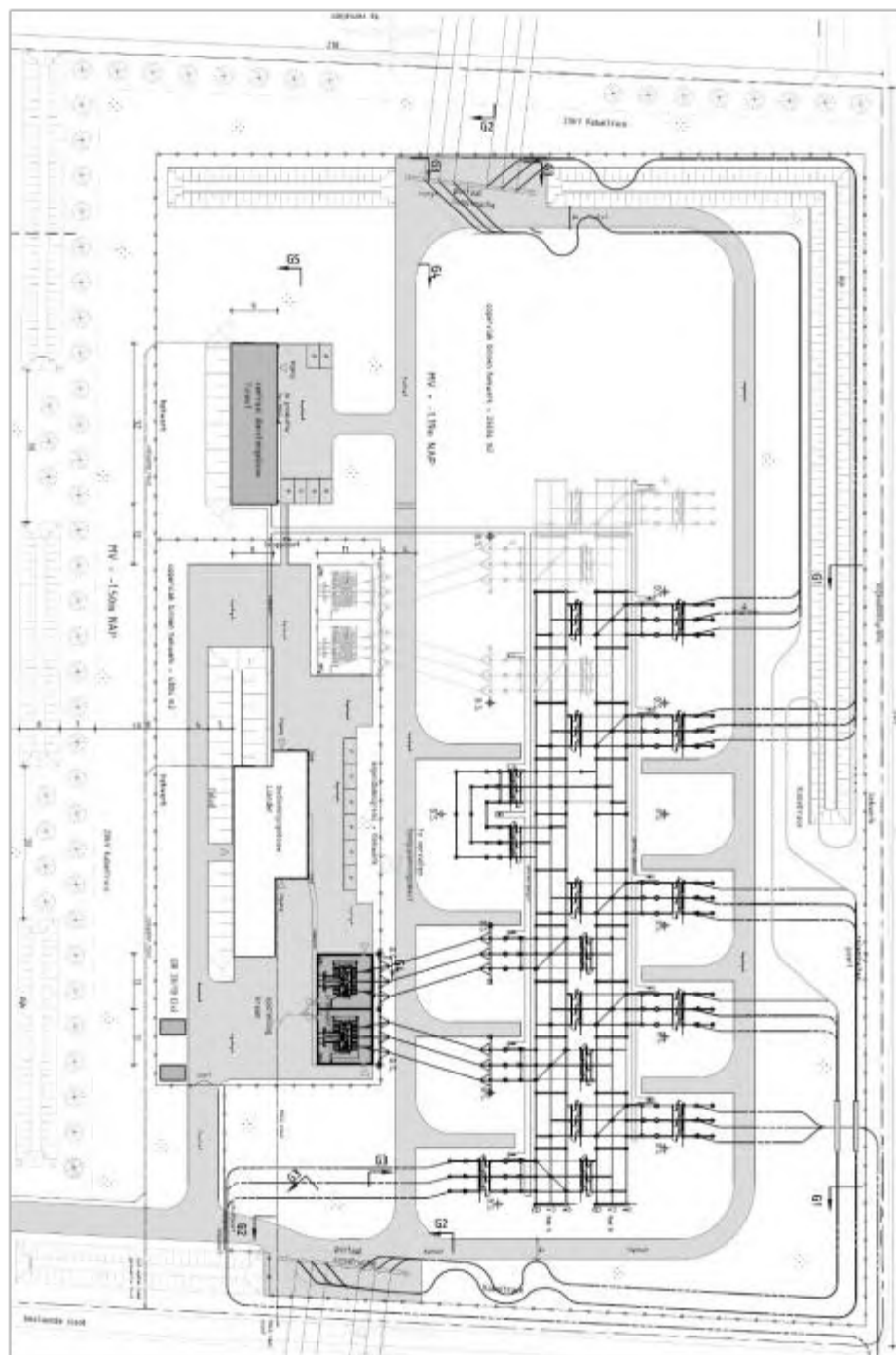
Nr.	Omschrijving	Vermogen [MVA]	Stroom [A]	Reken-stroom [A]	Opmerking t.a.v. rekenstroom
20	Hoofdrail	818	3150	1575	De hoofdrail is ingesteld op 50% van de nominale stroom.

Conform de RIVM notitie zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd ten aanzien van de verdeling en richting van de stromen in het model:

- De stromen in de geleiders van een circuit worden symmetrisch verondersteld over de drie fasen;
- De stroomrichting in de voedende 150 kV lijnverbindingen en 150 kV kabelverbindingen wordt het station in gemodelleerd;
- De stroomrichting van de velden naar de transformatoren wordt gemodelleerd vanaf de 150 kV hoofdrail naar de transformatoren;
- De stroomrichting binnen het hoogspanningsstation is van hoge naar lage spanning;
- Voor de stromen door het 150 kV railsysteem wordt verondersteld dat die dezelfde richting hebben;
- In de 150 kV schakelinstallatie voeren de geleiders stroom tot aan de verst gelegen hoofdrail (grootste lengte);
- Berekening van de jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone worden uitgevoerd voor beide richtingen van de stroom door de hoofdrail van de 150 kV installatie, en voor beide richtingen van de stroom door het koppelveld. De omhullende contour wordt gepresenteerd.

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation de Weel

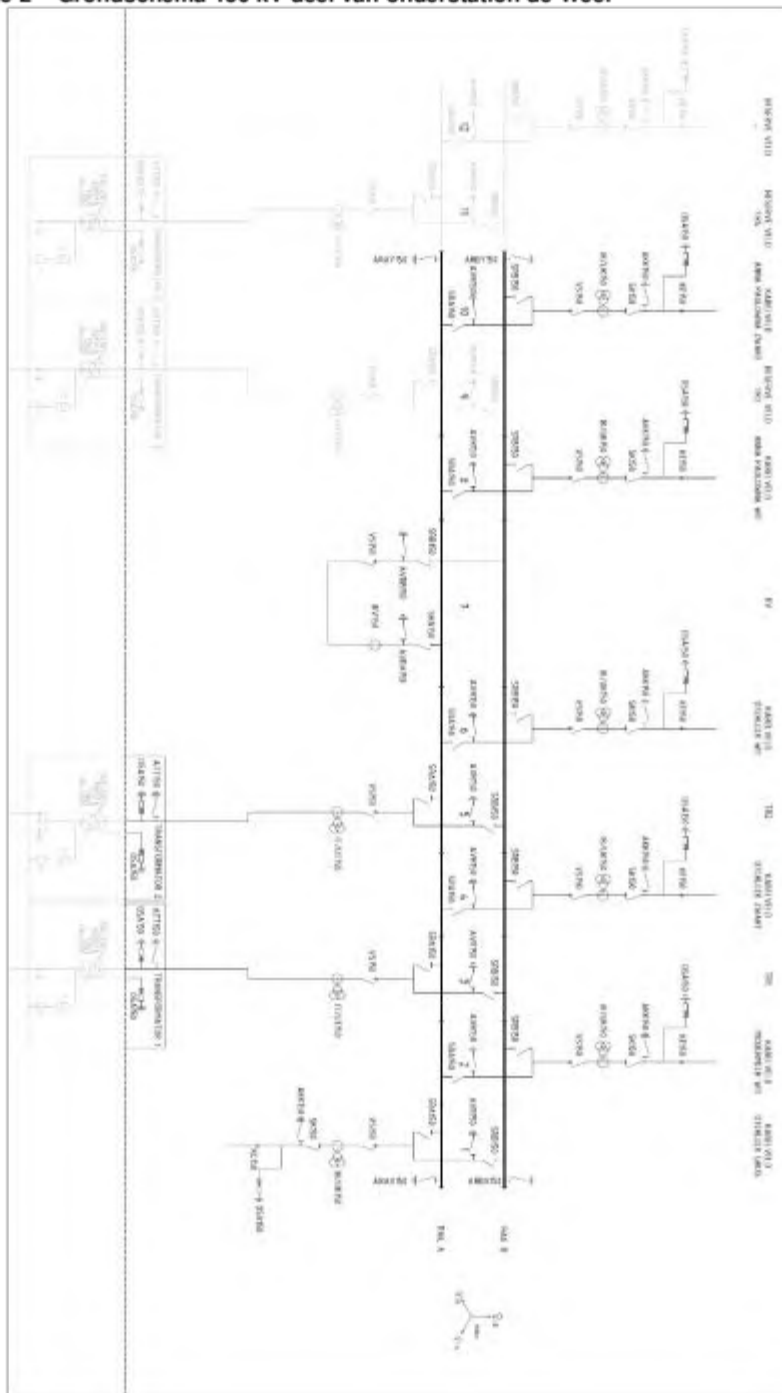
Bijlage 1 – Stationsontwerp onderstation de Weel



Figuur 1: Stationsontwerp onderstation de Weel

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation de Weel

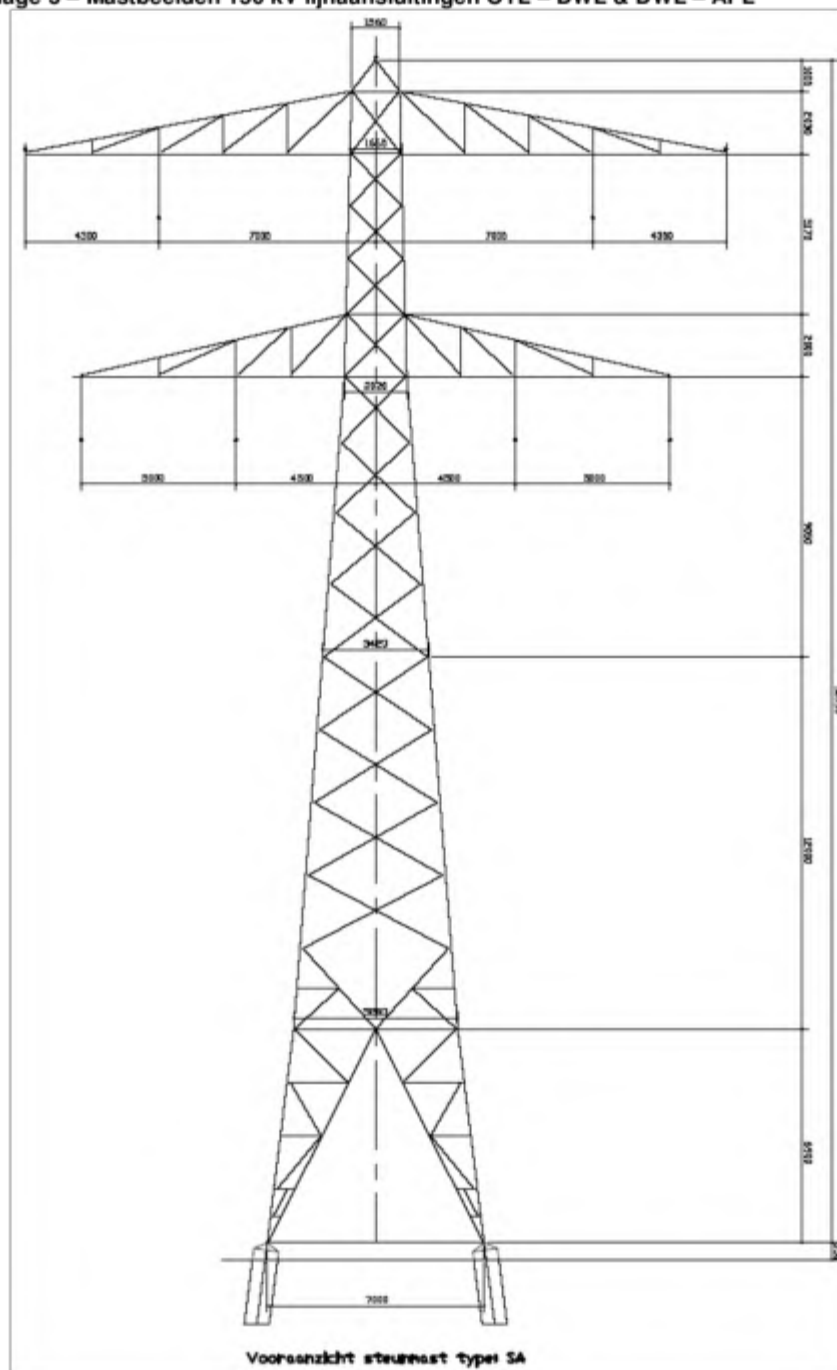
Bijlage 2 – Grondschematische 150 kV deel van onderstation de Weel



Figuur 2: Grondschematische 150 kV deel onderstation de Weel

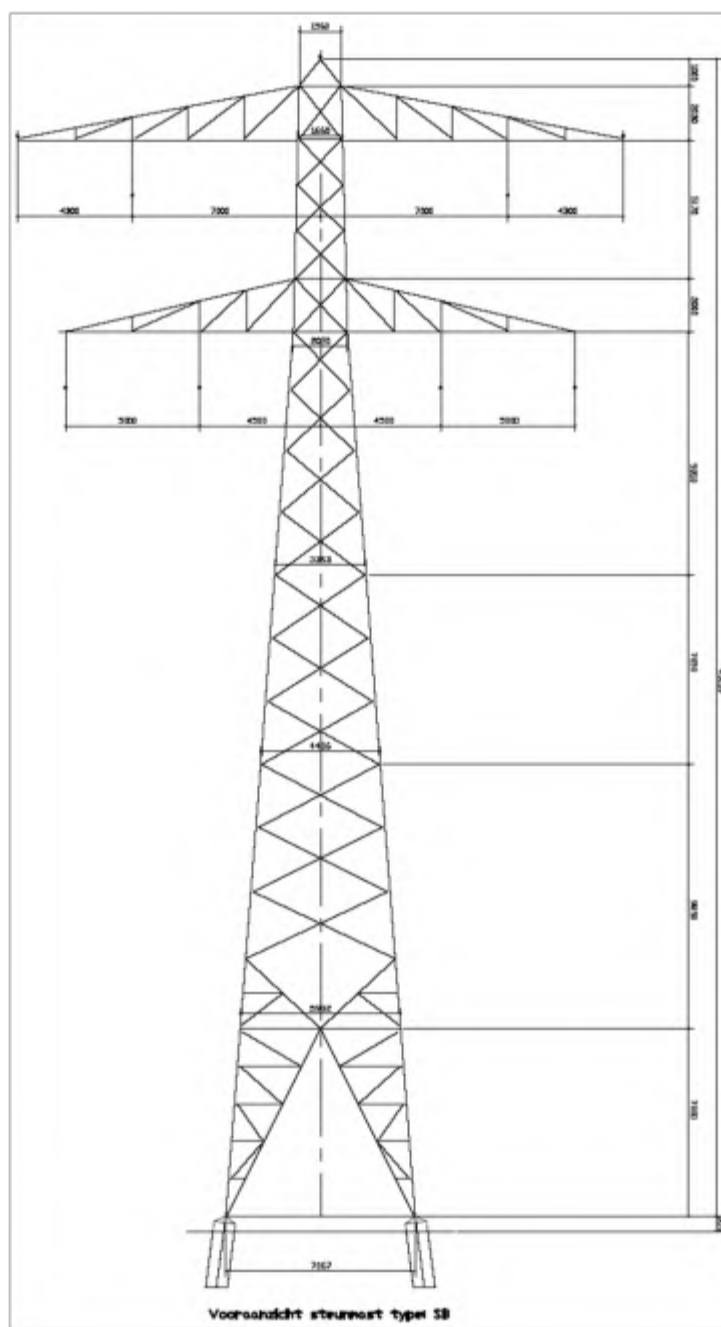
Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation de Weel

Bijlage 3 – Mastbeelden 150 kV lijnaansluitingen OTL – DWL & DWL – APL



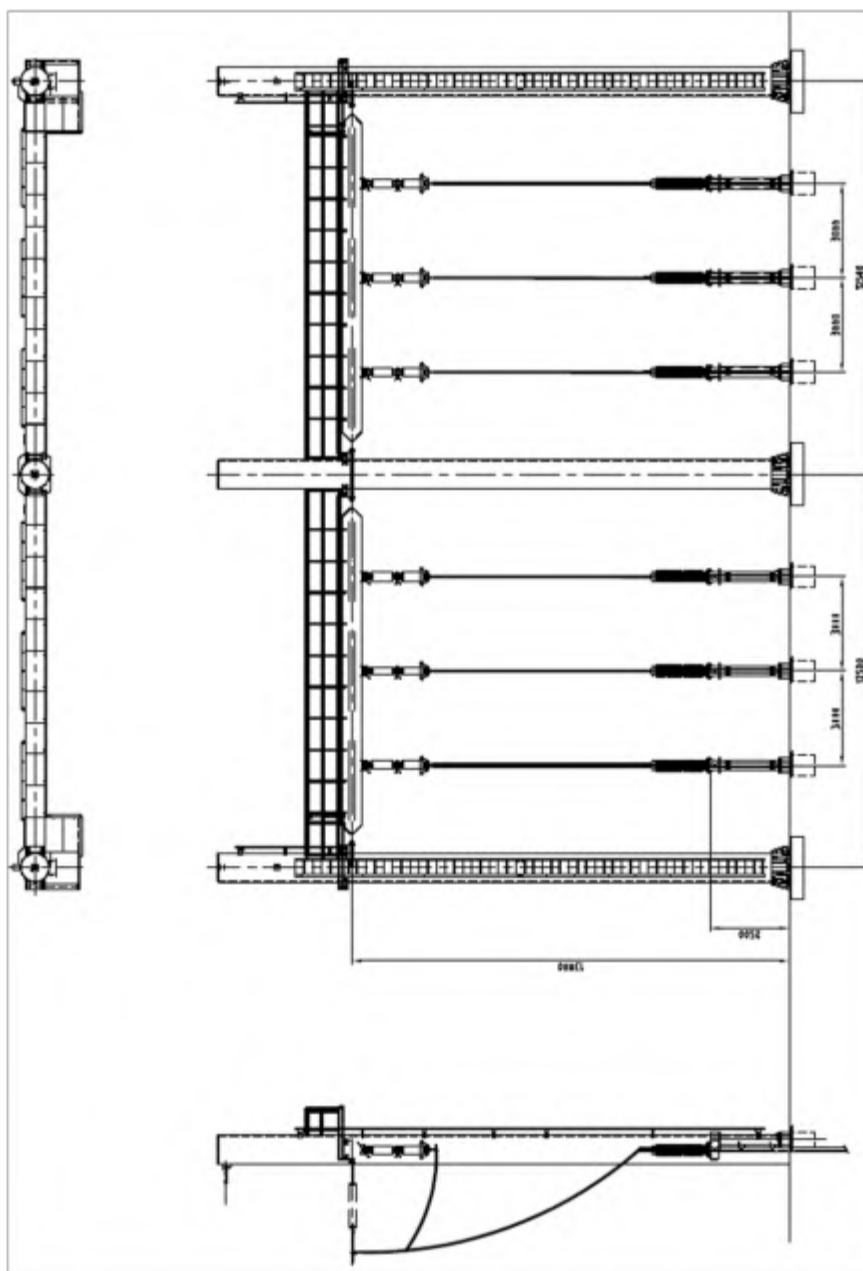
Figuur 3: Mastbeeld masttype 150 kV SA (mast 32 DWL-APL)

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation de Weel



Figuur 4: Mastbeeld masttype 150 kV SB (mast 30 OTL-DWL)

Uitgangspunten magneetveldstudie onderstation de Weel



Figuur 5: Juk 150 kV (mast 31A & mast 31B)