

## Railterminal Gelderland: EMC-verkenning

Bepaling beïnvloeding

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>INLEIDING .....</b>	<b>4</b>
1.1	ACHTERGROND .....	4
1.2	DOELSTELLING .....	4
<b>2</b>	<b>BEÏNVLOEDINGSVORMEN.....</b>	<b>5</b>
2.1	INDUCTIEVE BEÏNVLOEDING.....	5
2.2	CAPACITIEVE BEÏNVLOEDING.....	6
2.3	WEERSTANDSBEÏNVLOEDING .....	6
2.4	ELEKTRISCHE VELDEN .....	7
2.5	MAGNETISCHE VELDEN.....	7
<b>3</b>	<b>UITGANGSPUNTEN MODELLERING .....</b>	<b>8</b>
3.1	INFRASTRUCTUUR TENNET.....	8
3.2	CONFIGURATIE INFRASTRUCTUUR TENNET.....	11
3.3	INFRASTRUCTUUR RAILTERMINAL GELDERLAND .....	12
3.4	TOETSINGSCRITEIA.....	12
<b>4</b>	<b>EMC BEREKENINGEN .....</b>	<b>13</b>
4.1	ELEKTRISCHE VELDEN ONDER BOVENGRONDSE 150 kV-VERBINDING NAAST RTG VOOR MENSEN .....	13
4.2	MAGNETISCHE VELDEN BOVEN ONDERGRONDSE 150 kV-KABELVERBINDING OP RTG VOOR MENSEN .....	14
4.3	INDUCTIEVE BEÏNVLOEDING INSTALLATIES RTG, DIE GEEN VERBINDING HEBBEN MET HET AARDINGSSYSTEEM VAN DE SPOREN .....	17
4.4	CAPACITIEVE BEÏNVLOEDING TUSSEN MAST 20 EN 21 VAN DE 150 kV-VERBINDING NIJMEGEN – EIMEREN .....	17
4.5	WEERSTANDSBEÏNVLOEDING ROND MAST 20 VAN DE 150 kV-VERBINDING NIJMEGEN – EIMEREN .....	18
<b>5</b>	<b>CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN .....</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>LITERATUUR .....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>BIJLAGE A: RAILTERMINAL GELDERLAND, VARIANT 1B .....</b>	<b>22</b>

## Colofon

Auteur:



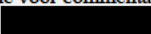
Controleur:



Vrijgever:



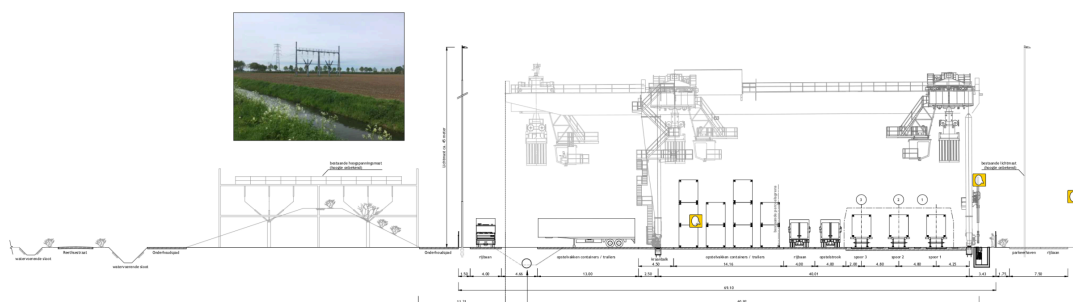
Versie: RS18047\_2019-01-30- Railterminal Gelderland - EMC-berekeningen\_definitief.docx

VERSIE	OMSCHRIJVING
RS18047_2019-01-30	Initiële versie voor commentaar, interne review door  verwerkt.

## 1 Inleiding

### 1.1 Achtergrond

Logitech is voor de Provincie Gelderland bezig met de voorbereiding voor de toekomstige Rail Terminal Gelderland bij Valburg. Deze Rail Terminal valt niet onder het beheer van ProRail. Onder deze toekomstige Railterminal door lopen twee 150kV hoogspanningskabels van Tennet.



Afbeelding 1 Doorsnede Railterminal Gelderland.

Op basis van de aangeleverde gegevens is Railwaysafe gevraagd inzicht te geven in ‘het EMC aspect tussen portaalkraan, hoogspanningskabels en de 25kV bovenleiding van de naast de Railterminal liggende ProRail sporen’.

In een eerdere fase is een plan van aanpak gemaakt voor uitvoering van de EMC-verkenning [3]. In NEN3654 – de norm met aanwijzingen voor overleg en maatregelen om ontoelaatbare beïnvloeding te voorkomen – is een stappenplan aangegeven hoe te handelen in het geval dat één van de beïnvloedingmechanismen (inductief, capacitief of weerstand) van één of meer hoogspanningssystemen op Railterminal Gelderland van toepassing is [6]. In de vervolgfase is een EMC-verkenning uitgevoerd voor stap 1 van dit stappenplan. In de EMC-berekening worden een aantal aspecten van beïnvloeding door de TenneT hoogspanningsverbindingen berekend.

### 1.2 Doelstelling

Deze rapportage geeft de EMC-berekeningen weer van de nieuw te realiseren Railterminal Gelderland, voor enkele aspecten van beïnvloeding, te weten:

- Magnetische velden en elektrische velden boven de ondergrondse 150 kV-kabelverbinding op RTG voor mensen;
- Inductieve beïnvloeding installaties RTG, die geen verbinding hebben met het aardingsstelsel van de sporen;
- Capacitieve beïnvloeding tussen mast 20 en 21 van de 150 kV-verbinding Nijmegen – Eimeren;
- Weerstandsbeïnvloeding rond mast 20 van de 150 kV-verbinding Nijmegen – Eimeren.

## 2 Beïnvloedingsvormen

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

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

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

- Inductieve beïnvloeding;
- Capacitieve beïnvloeding;
- Weerstandbeïnvloeding;
- Elektrische velden;
- Magnetische velden.

Deze vormen worden in onderstaande paragraaf toegelicht.

### 2.1 Inductieve beïnvloeding

#### 2.1.1 Het principe

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

#### 2.1.2 De gevolgen

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

#### 2.1.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De zone waar binnen deze beïnvloedingsvorm voor ontoelaatbare beïnvloeding zorgt, is afhankelijk van een aantal parameters, waaronder bedrijfsvoering, de specifieke eigenschappen van de hoogspanningslijn, de hoogspanningskabel en de lokale

bodemweerstand. Voor het bepalen van de beïnvloedingszone wordt in eerste instantie uitgegaan van de zone van 1 km aan beide zijden waarin een object/systeem ontoelaatbaar wordt beïnvloed. De gehanteerde toetsingscriteria zijn, indien relevant, in hoofdstuk 3 “Uitgangspunten” benoemd.

## 2.2 Capacitieve beïnvloeding

### 2.2.1 Het principe

Capacitieve beïnvloeding wordt veroorzaakt door de spanning op de geleiders van de hoogspanningslijn. Capacitieve beïnvloeding vindt alleen plaats als een metalen object/systeem boven de grond geïsoleerd is opgesteld in de nabijheid van een hoogspanningslijn<sup>1</sup>. De capaciteit tussen de geleiders van de hoogspanningsverbinding en het geïsoleerd opgestelde object/systeem enerzijds en de capaciteit tussen dit object/systeem en de aarde anderzijds vormen een spanningsdeler. Hierdoor komt op het object/systeem een spanning te staan.

### 2.2.2 De gevolgen

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

### 2.2.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De regels met betrekking tot capacitieve beïnvloeding zijn vastgelegd in de NEN 3654.

## 2.3 Weerstandbeïnvloeding

### 2.3.1 Het principe

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

### 2.3.2 De gevolgen

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

### 2.3.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

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

---

<sup>1</sup> Geldt alleen direct onder een hoogspanningslijn. Bij RTG is dit niet het geval.

Er wordt gebruik gemaakt van de ProRail regelgeving op basis van afstand tot het tracé voor de open ontgravingen: RLN00398 geeft een minimale afstand van 31 meter tussen ProRail infrastructuur en een aardingslocatie van TenneT.

## 2.4 Elektrische velden

### 2.4.1 Het principe

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

### 2.4.2 De gevolgen

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

### 2.4.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

De beïnvloedings- en inventarisatiezones die gelden bij elektrische velden worden uitgedrukt in waarden op 1 m boven maaiveld en worden berekend bij de hoogste systeemspanning ( $U_{\text{nom}} + 10\%$ ).

## 2.5 Magnetische velden

### 2.5.1 Het principe

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

### 2.5.2 De gevolgen

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

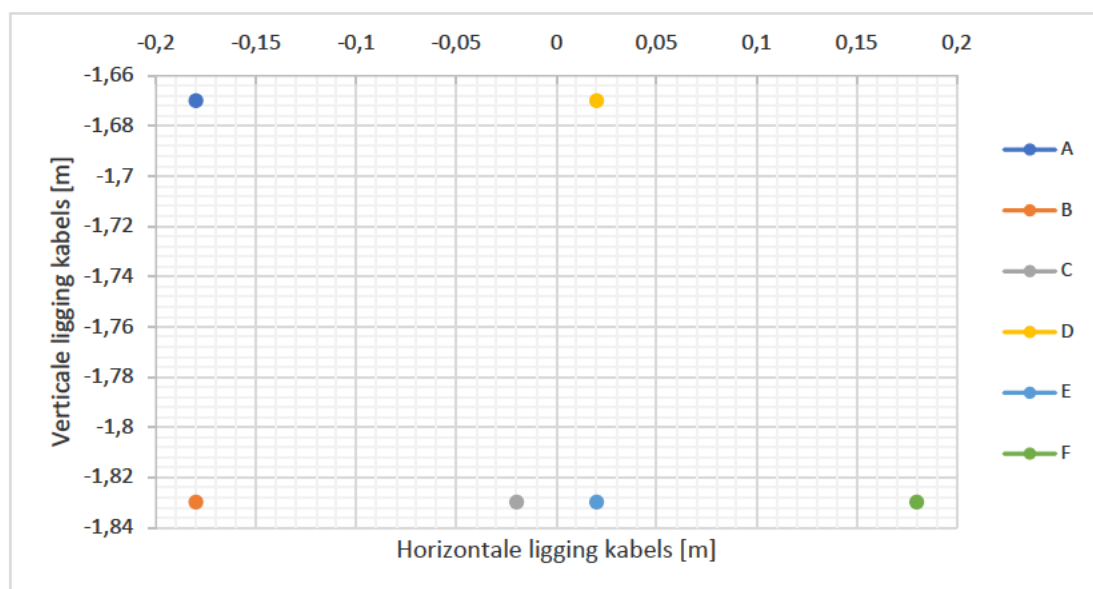
### 2.5.3 Beïnvloedings- en inventarisatiezones

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





## 3.1.1 Ligging geleiders op 1,83m onder maaiveld



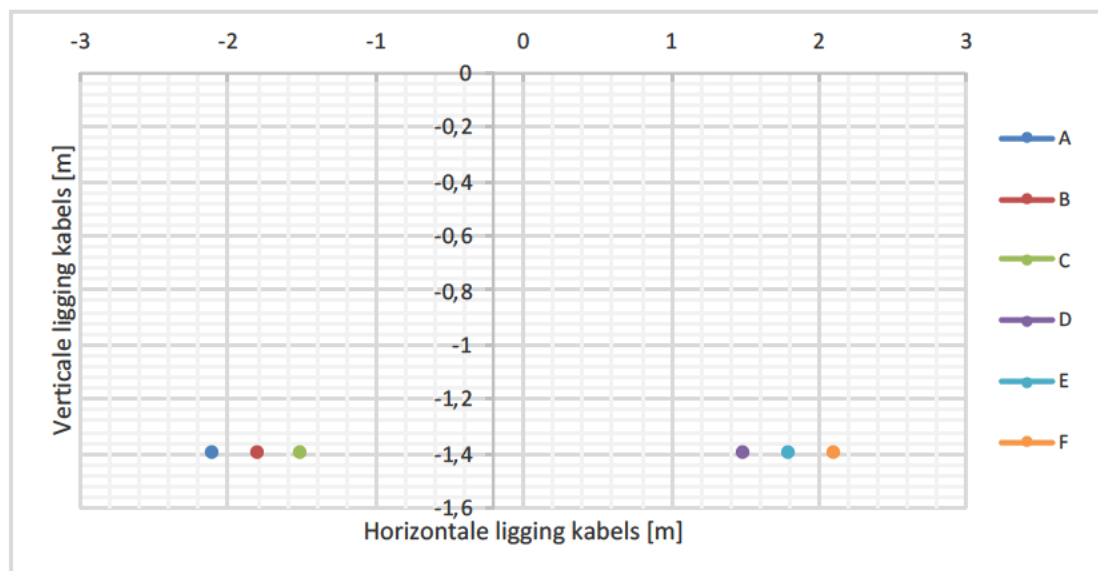
Afbeelding 3 ligging TenneT 150kV kabels haaks onder RTG op een diepte van 1,83m onder maaiveld

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

GELEIDER	AFSTAND T.O.V. HART [M]	DIEPTE [M]	KLOKGETAL
A	-0,18	-1,67	4
B	-0,18	-1,83	8
C	-0,02	-1,83	12
D	0,02	-1,67	4
E	0,02	-1,83	8
F	0,18	-1,83	12

Tabel 1 Ligging kabels inclusief klokgetallen op 1,83 m onder maaiveld

## 3.1.2 Ligging geleiders op 1,40m onder maaiveld



Afbeelding 4 ligging geleiders 1,40 m onder maaiveld parallel aan RTG

GELEIDER	AFSTAND T.O.V. HART [M]	DIEPTE [M]	KLOKGETAL
A	-2,1	-1,4	4
B	-1,8	-1,4	8
C	-1,5	-1,4	12
D	1,5	-1,4	4
E	1,8	-1,4	8
F	2,1	-1,4	12

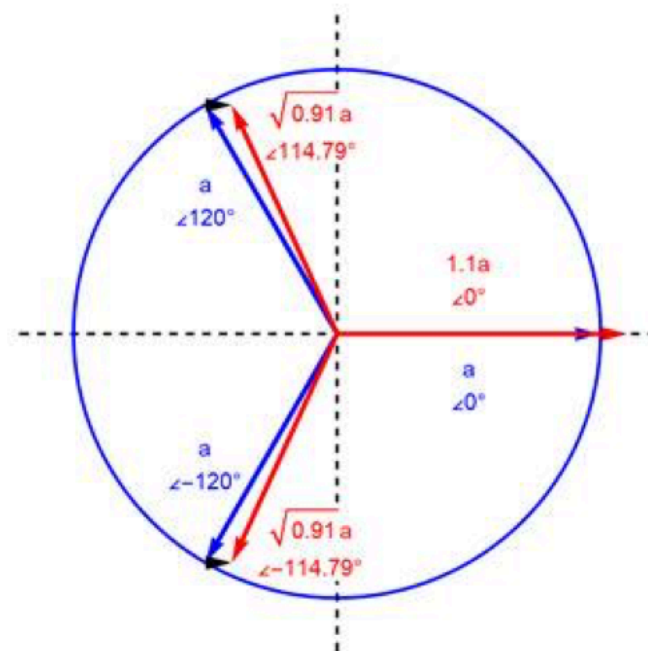
Tabel 2 Ligging kabels inclusief klokgetallen op 1,40 m onder maaiveld

De afstand tussen de circuits (gemeten van de buitenste geleider van het ene circuit tot de eerste geleider van het volgende circuit) bedraagt 3,0 meter. De afstand tussen de fases bedraagt 0,30 meter.

## 3.2 Configuratie infrastructuur TenneT

### 3.2.1 150kV kabel verbinding

1. De 150kV verbinding Nijmegen-Eimeren bevat 2 x 150kV-circuits met 3 x een fase kabels.
  - a. De ontwerpstroom van elk circuit is 955 A (100%)
2. De belasting per circuit in normaal bedrijf is: wit 50% / zwart 50%
3. De belasting per circuit in normaal bedrijf met 10% asymmetrie:  $50\% * 1,1 \text{ A (R)} / 50\% * \sqrt{0,91} \text{ A (S)} / 50\% * \sqrt{0,91} \text{ A (T)}$  voor alle circuits. Zie afbeelding 4 voor een afbeelding van de grootte en richting van de stromen per fase bij een asymmetrie van 10%.
4. De belasting in onderhoudssituatie, waarbij één circuit geen stroom voert: wit 100% / zwart 0%.
5. De belasting in onderhoudssituatie met asymmetrie 10%:  $955 * 1,1 \text{ A (R)} / 955 * \sqrt{0,91} \text{ A (S)} / 955 * \sqrt{0,91} \text{ A (T)}$  voor circuit wit. Zie afbeelding 4 voor een afbeelding van de grootte en richting van de stromen per fase bij een asymmetrie van 10%.
6. Aan beide zijden van de kabelverbinding is aarding toegepast van 0,5 Ohm.



Afbeelding 5 10% asymmetrische belasting voor drie fasen

### 3.2.2 Scenario's TenneT

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

- Normaal bedrijf met asymmetrie;
- Onderhoud met asymmetrie;
- Eenfase kortsluiting

### 3.3 Infrastructuur Railterminal Gelderland

De Railterminal Gelderland bestaat uit drie niet-geëlektrificeerde sporen, die aan beide zijden van de terminal – Betuweroute km 85,700 tot 86,700 – aansluiten op een enkel spoor van ProRail.

### 3.4 Toetsingscriteria

De volgende toetsingscriteria worden gehanteerd voor de EMC berekeningen voor RTG:

Aanraakspanning:

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

Elektromagnetisch veld:

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

## 4 EMC berekeningen

In [1] is aangegeven dat voor de onderstaande beïnvloedingsvormen nader onderzocht cq berekend moet worden dat deze binnen de gestelde normen valt:

- Elektrische velden naast de bovengrondse 150 kV-verbinding naast RTG voor mensen;
- Magnetische velden boven de ondergrondse 150 kV-kabelverbinding op RTG voor mensen;
- Inductieve beïnvloeding installaties RTG, die geen verbinding hebben met het aardingsstelsel van de sporen;
- Capacitieve beïnvloeding tussen mast 20 en 21 van de 150 kV-verbinding Nijmegen – Eimeren;
- Weerstandsbeïnvloeding rond mast 20 van de 150 kV-verbinding Nijmegen – Eimeren.

Voor het nader onderzoeken cq berekenen wordt het stappenplan uit NEN3654 – de norm met aanwijzingen voor overleg en maatregelen om ontoelaatbare beïnvloeding te voorkomen – gehanteerd. Dit stappenplan geeft aan hoe te handelen in het geval dat één van de beïnvloedingmechanismen (inductief, capacitief of weerstand) van één of meer hoogspanningssystemen op Railterminal Gelderland van toepassing is [6].

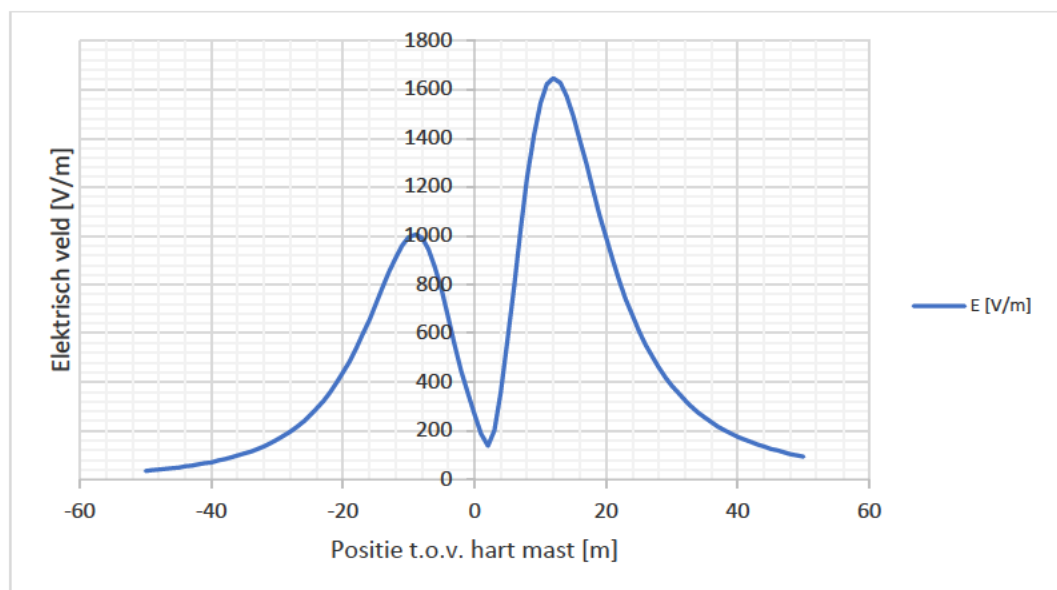
### 4.1 Elektrische velden onder bovengrondse 150 kV-verbinding naast RTG voor mensen

Voor elektrische velden op de Railterminal Gelderland dienen de volgende waarden niet overschreden te worden:

- 5 kV/m publiek (NEN-EN 50341-3 [9]), 10 kV/m werknemers (ICNIRP [10]).

De Railterminal Gelderland wordt gekruist door een 150 kV-kabelverbinding. Het elektrisch veld boven deze kabelverbinding blijft volledig binnen de kabel en voldoet hiermee aan de eisen. Het elektrisch veld rond mast 20 dient bepaald te worden om te kunnen toetsen aan de gestelde criteria. Dit is de dichtst bij RTG staande mast van deze verbinding.

Het elektrisch veld is uitgerekend voor mast 20, voor het normaal bedrijf van de TenneT infrastructuur. Uitvalsituaties hoeven voor het elektrisch veld niet te worden beschouwd.



Afbeelding 6 Grootte en vorm van het elektrisch veld thv hoogspanningsmast 20 van de 150kV verbinding Nijmegen-Eimeren

Uit afbeelding 5 kan worden afgelezen dat de maximale elektrische veldsterke ruim onder de toegestane waarde van 5 kV/m ligt. Hiermee wordt voldaan aan de toetsingscriteria.

## 4.2 Magnetische velden boven ondergrondse 150 kV-kabelverbinding op RTG voor mensen

Voor magnetische velden op de Railterminal Gelderland dienen de volgende waarden niet overschreden te worden:

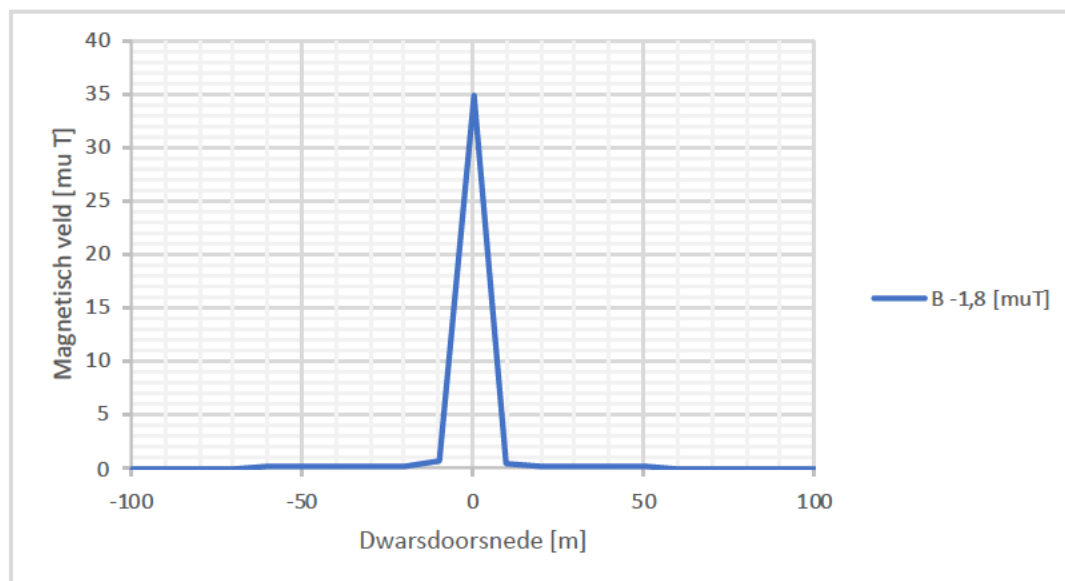
- 100  $\mu$ T publiek (NEN-EN 50341-3 [9]), 500  $\mu$ T werknemers (ICNIRP [10] en RICHTLIJN 2004/40/EG van het Europees Parlement en de Raad van 29 april 2004 [7]).

De Railterminal Gelderland wordt gekruist door een 150 kV-kabelverbinding. Het magnetisch veld boven deze kabelverbinding dient bepaald te worden om te kunnen toetsen aan de gestelde criteria.

De magnetische velden worden berekend voor de volgende situaties :

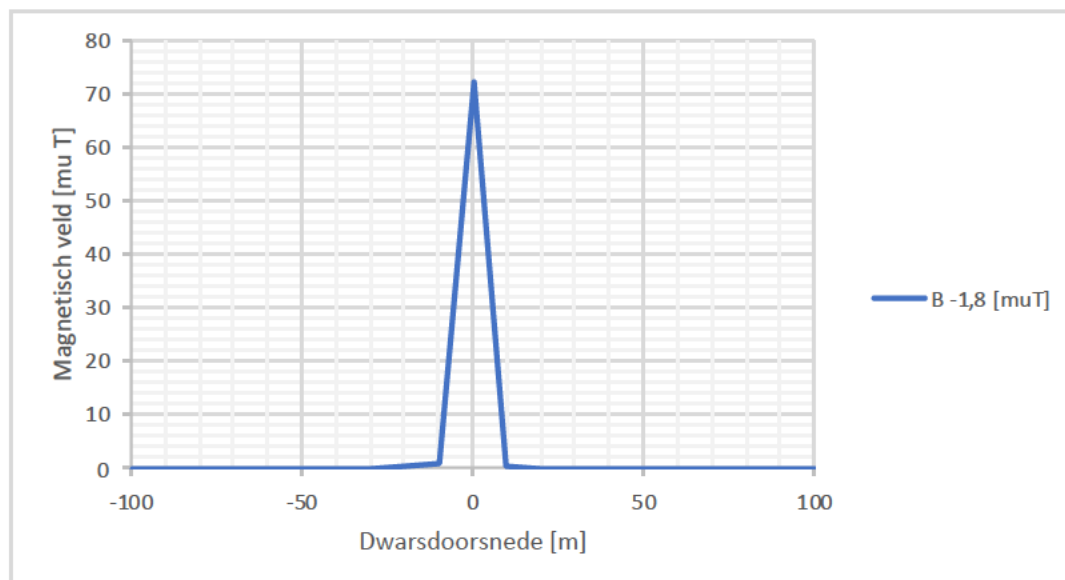
- Dwarsdoorsnede kabels 1,83 m onder maaiveld- Normaal bedrijf
- Dwarsdoorsnede kabels 1,83 m onder maaiveld-onderhoud
- Dwarsdoorsnede kabels 1,40 m onder maaiveld- Normaal bedrijf
- Dwarsdoorsnede kabels 140 m onder maaiveld- onderhoud

## Dwarsdoorsnede kabels 1,83 m onder maaiveld- Normaal bedrijf



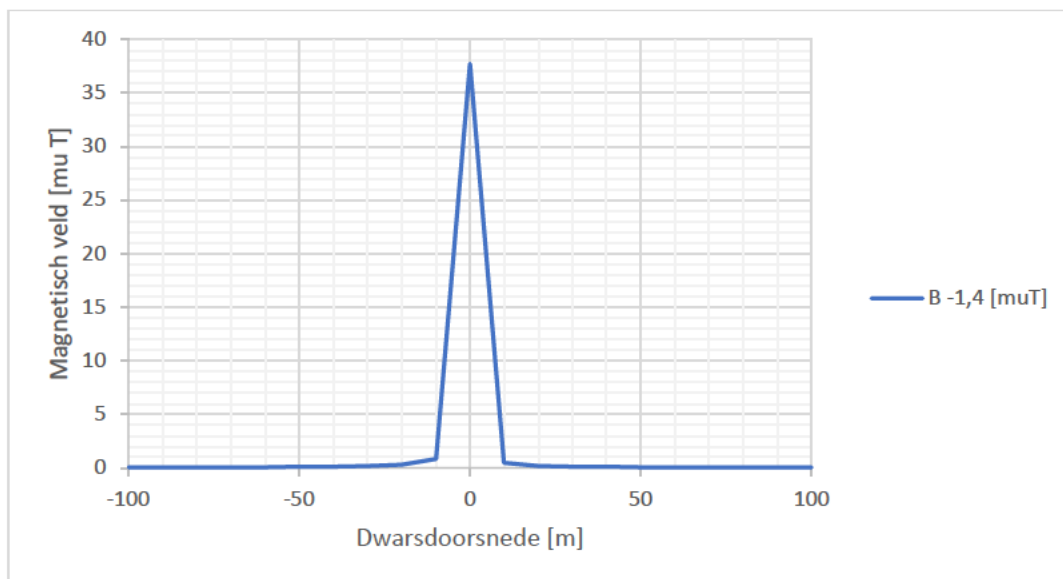
Afbeelding 7 Grootte en vorm magnetisch veld normaalbedrijf 1,83 onder maaiveld

## Dwarsdoorsnede kabels 1,83 m onder maaiveld-onderhoud



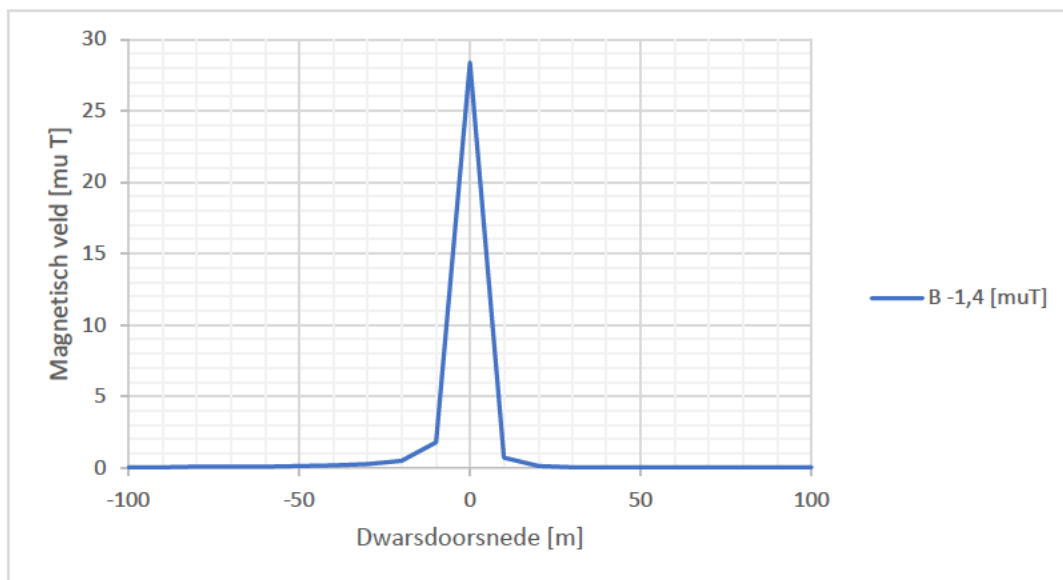
Afbeelding 8 Grootte en vorm magnetisch veld onderhoud 1,83 onder maaiveld

## Dwarsdoorsnede kabels 1,40 m onder maaiveld- Normaal bedrijf



Afbeelding 9 Grootte en vorm magnetisch veld normaal bedrijf 1,40 m onder maaiveld

## Dwarsdoorsnede kabels 140 m onder maaiveld- onderhoud



Afbeelding 10 Grootte en vorm magnetisch veld onderhoud 1,40 onder maaiveld

Uit bovenstaande afbeeldingen kan worden afgelezen dat de maximale waarde van het magnetisch veld  $72 \mu\text{T}$  is. Hiermee wordt in alle beschouwde situaties voldaan aan de gestelde toetsingscriteria.



## 4.3 Inductieve beïnvloeding installaties RTG, die geen verbinding hebben met het aardingsstelsel van de sporen

De inductieve beïnvloeding vanuit TenneT op RTG leidt voor het spoorstelsel niet tot ongewenste beïnvloeding van mensen of systemen door de wijze van aarden van RTG, zie [1]. Voor de installaties, die op RTG worden aangebracht en geen onderdeel van het aardingsstelsel van de sporen zijn, dient nader onderzocht te worden of de wijze van aarding niet tot ongewenste beïnvloeding van mensen of systemen leidt.

De installaties die dit betreft zijn met name vrachtwagens en hekwerken. Voor vrachtwagens kan gesteld worden dat deze niet lang genoeg zijn om voor een ontoelaatbare inductieve beïnvloeding te zorgen. Een andere installatie die geen onderdeel is van het aardingsstelsel van de sporen is het hekwerk van RTG. Door als maatregel dit hekwerk te aarden kan ook deze installatie niet zorgen voor ontoelaatbare inductieve beïnvloeding door de 150kV hoogspanningskabels<sup>3</sup>.

## 4.4 Capacitieve beïnvloeding tussen mast 20 en 21 van de 150 kV-verbinding Nijmegen – Eimeren

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

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

Voor capacitieve beïnvloeding is het gebied onder een hoogspanningslijn van belang tot een afstand van 50 meter van het hart van de lijn (stap 1 criteria capacitieve beïnvloeding NEN3654 [6]).

Mast 20 van de 150 kV-verbinding Nijmegen – Eimeren staat op 50 meter van de Reethsestraat. De Railterminal Gelderland komt over deze bestaande weg heen te liggen. Daarmee dient rekening gehouden te worden met capacitieve beïnvloeding vanuit deze 150 kV-verbinding op de Railterminal Gelderland. Capacitieve beïnvloeding kan echter alleen plaats vinden als een metalen object/systeem geïsoleerd boven de grond wordt opgesteld. RTG zal op deze positie geen containers gaan hijsen en daarmee hoeft RTG geen maatregelen te nemen om deze beïnvloedingsvorm te mitigeren.

---

<sup>3</sup> Veelal volstaat het gebruik van de fundering van het hekwerk als aarding, zodat geen separate aardingsinstallatie aangebracht dient te worden.

## 4.5 Weerstandsbeïnvloeding rond mast 20 van de 150 kV-verbinding Nijmegen – Eimeren

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

Objecten en systemen binnen de potentiaaltrechter worden door de stroom die de grond in stroomt opgetild in spanning. Wanneer een levend wezen het in spanning omhoog opgetilde object of systeem aanraakt, vindt er een ontlading plaats en gaat er via het lichaam van het levende wezen een stroom lopen

Voor weerstandsbeïnvloeding is een gebied rond een hoogspanningsmast met een straal van 50 meter van belang (stap 1 criteria capacitieve beïnvloeding NEN3654 [6]).

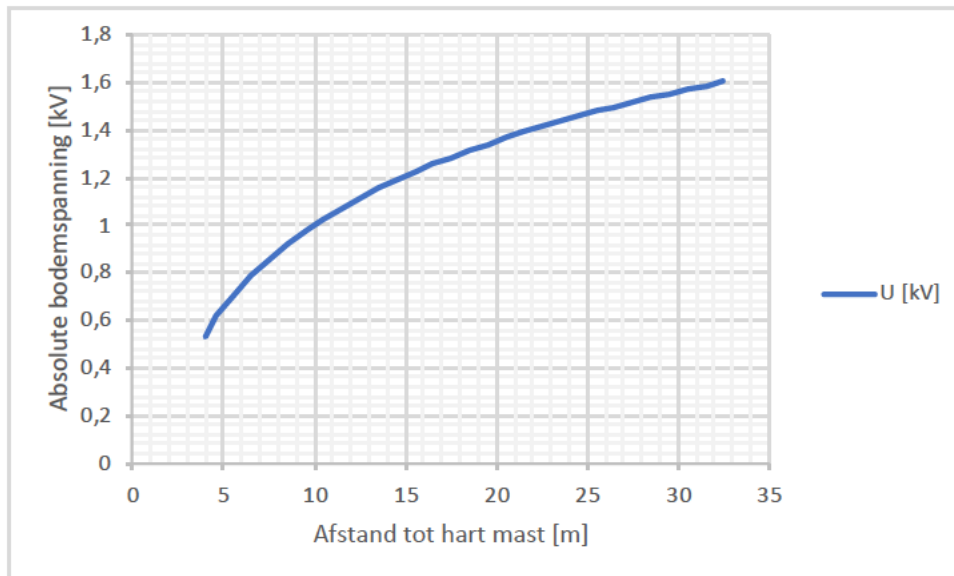
Mast 20 van de 150 kV-verbinding Nijmegen – Eimeren staat op 50 meter van de Reethsestraat. De Railterminal Gelderland komt over deze bestaande weg heen te liggen.

De aarding van mast 20 is gemodelleerd als vier betonpalen in de grond met de volgende eigenschappen:

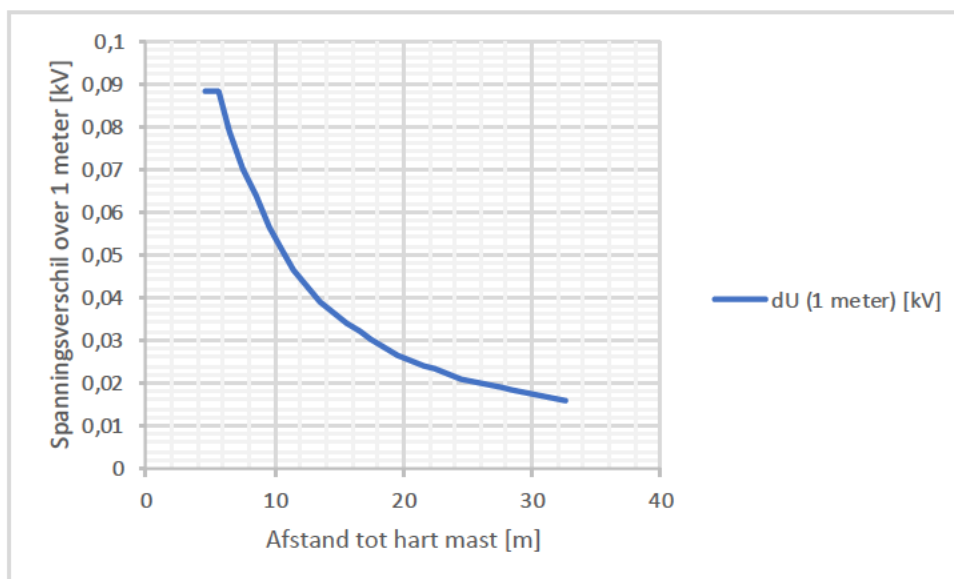
- Lengte funderingspaal: 15 meter;
- Aardingsstaaf in beton:  $\varnothing$  16 Fe met lengte 15 meter;
- Soortelijke weerstand bodem: 50  $\Omega$ m;
- Soortelijke weerstand funderingsbeton conform NPR1014: 50  $\Omega$ m;
- Onderlinge afstand funderingspalen in carré: 5 meter;
- Kortsluitduur:  $\leq$  0,1 s.

De 1-fase kortsluitstroom op mast 20 bedraagt conform opgave TenneT 9,6 kA. De stroom naar de bodem voor masten niet nabij stations bedraagt  $<$  10% van de kortsluitstroom: 960 A.

In onderstaande afbeelding is het spanningsverloop gegeven t.o.v. hart mast voor bovenstaande kortsluitstroom naar aarde.



Afbeelding 11 Absolute bodemspanning t.o.v. hart mast bij een kortsluitstroom naar aarde van 0,96 kA.



Afbeelding 12 Stapspanning (1 meter) t.o.v. hart mast bij een kortsluitstroom naar aarde van 0,96 kA.

Zowel de absolute als de stapspanning geven geen aanleiding tot overschrijding van de waarden conform EN50341-3 (Cat. B: 1500 V voor  $\leq 0,1$  s).

Een hek, geplaatst op 15 meter van het hart van de mast, kan een potentiaalverplaatsing opleveren van  $1600 - 1200 \text{ V} = 400 \text{ V}$ . Deze spanning ligt ruim onder de waarde conform EN50341-3 (Cat. B: 1500 V voor  $\leq 0,1$  s).

Er zijn geen maatregelen nodig rond mast 20 qua stapspanning of potentiaalversleping.

## 5 Conclusie en aanbevelingen

Voor de volgende onderzochte en berekende beïnvloedingsvormen zijn geen extra maatregelen noodzakelijk om RTG te realiseren en veilig te gebruiken:

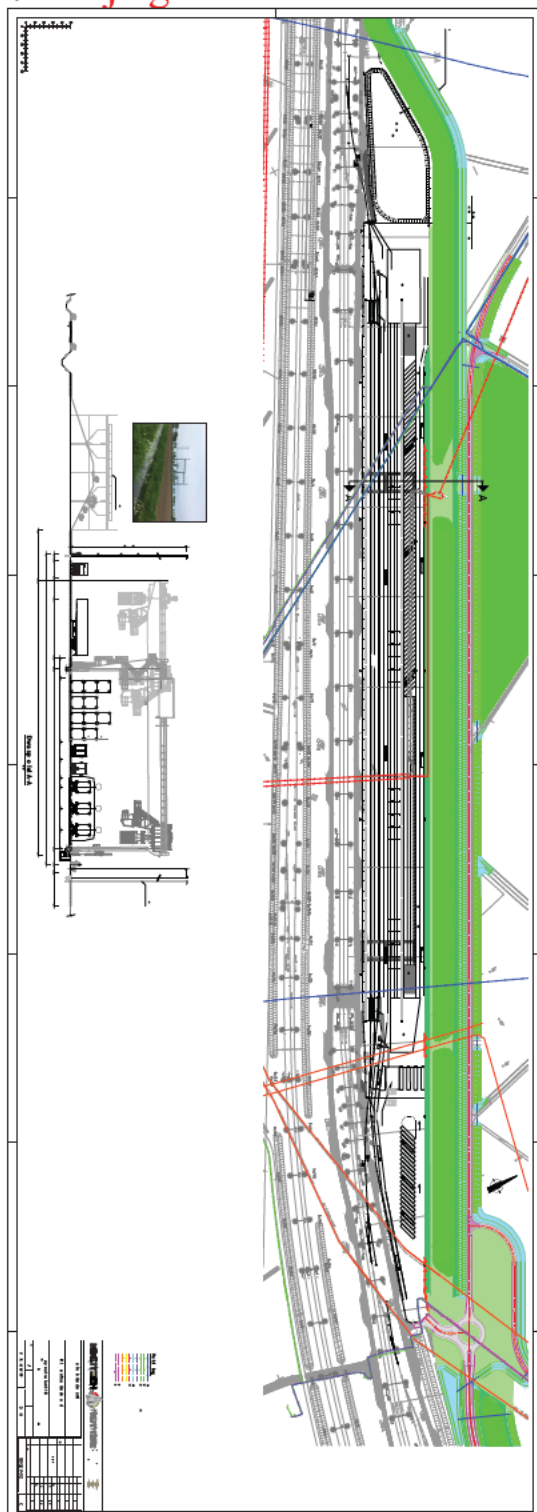
- Elektische en magnetische velden boven de ondergrondse 150 kV-kabelverbinding op RTG voor mensen;
- Capacitieve beïnvloeding tussen mast 20 van de 150 kV-verbinding Nijmegen – Eimeren;
- Weerstandsbeïnvloeding rond mast 20 van de 150 kV-verbinding Nijmegen – Eimeren.

Voor de inductieve beïnvloeding van een hekwerk van RTG, dat geen verbinding heeft met het aardingsysteem van de sporen, wordt aanbevolen om het hekwerk te aarden om de inductieve beïnvloeding binnen de toetsingscriteria te houden.

## 6 Literatuur

- [1] Paulussen, R.M., 'Railterminal Gelderland: EMC-verkenning.'. Leusden, 1 november 2018. Railwaysafe BV.
- [2] Logitech. Railterminal Gelderland. Tekeningnummer L 18032-V-02.
- [3] Paulussen, R.M., 'Railterminal Gelderland: EMC-verkenning. Plan van aanpak'. Leusden, 19 oktober 2018. Railwaysafe BV.
- [4] OVS00053-3-V002 Ontwerpvoorschrift. Retourleiding en aarding (RLA) 25 kV / 50 Hz Tractie-energievoorziening. Algemeen, vrije baan, emplacementen en zijsporen. ProRail Assetmanagement, 1 oktober 2012. Utrecht.
- [5] OVS00055-3-V002 Ontwerpvoorschrift. Aarding railinfra-installaties van treinbeveiliging, telecommunicatie en E&W-installaties bij 25 kV / 50 Hz Tractie-energievoorziening. Systeemspecificatie. ProRail Beheer en Instandhouding, 1 oktober 2012. Utrecht.
- [6] NEN3654. Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningssystemen. Juni 2012.
- [7] RICHTLIJN 2004/40/EG van het Europees Parlement en de Raad van 29 april 2004.
- [8] RLN00398 Beleid electromagnetische beïnvloeding van hoogspanningsverbindingen op de hoofdspoorweginfrastructuur.
- [9] NEN-EN 50341-3 Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten.
- [10] ICNIRP GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO 300 GHZ).
- [11] RLN00134, Beoordeling EMC tussen 25 kV / 50 Hz TEV en installaties van derden
- [12] Bakker, J. Functioneel IntegraalSysteemontwerp-2. Railterminal Gelderland. Utrecht, versie 1.0, d.d. 9 november 2018. Movares.

## 7 Bijlage A: Railterminal Gelderland, variant 1B



Afbeelding 13 Overzicht uitvoering Railterminal.