

RAPPORT

EMC studie realisatie bedrijventerrein Waadhoeke

Stap 1&2 conform NEN 3654

Versie: 2.0

Status: Vrijgegeven

Datum: 23-10-2023

Kenmerk: C24-JWF-HS-RAP-
22003826

Autorisatieblad

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	JWF Witmer (Joost)	✓	23-10-2023
Gecontroleerd door	Buit JM (Jelle)	✓	23-10-2023
Vrijgegeven door	Hollander den MMC (Irma)	✓	23-10-2023

Versiehistorie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting
0.1	JWF Witmer (Joost)	17-08-2023	Initiële versie
0.2	JWF Witmer (Joost)	17-08-2023	Versie na interne review
1.0	JWF Witmer (Joost)	17-08-2023	Vrijgegeven versie
2.0	Buit JM (Jelle)	19-10-2023	Vrijgegeven versie a.d.h.v. reviewcommentaar van de Gemeente Waadhoeke
2.0	Hollander den MMC (Irma)	23-10-2023	Vrijgegeven versie 2.0

Samenvatting

De gemeente Waadhoeke is voornemens tot het realiseren van het bedrijventerrein Kie fase II in Franeker. Omdat dit bedrijventerrein zich onder/naast een bovengrondse hoogspanningslijn bevindt, is er mogelijk sprake van ontoelaatbare elektromagnetische beïnvloeding. Dit rapport heeft als doel het generiek adviseren van het planologisch indelen van het bedrijventerrein waarbij er rekening wordt gehouden met de mogelijke elektromagnetische beïnvloeding.

Magneetvelden:	Gevoelige apparatuur (medische apparatuur, beeldbuizen etc..) kunnen verstoord raken binnen 25 m van het hart van de hoogspanningslijn. Binnen 20 m van de hoogspanningslijn is het mogelijk dat huishoudelijke apparatuur niet volledig functioneert (TV's, koffiezetapparaten, computers). Binnen 9 m van de hoogspanningslijn kan de werking van industriële apparatuur verstoord zijn. Voor het bestemmingsplan wordt geadviseerd dat geen apparatuur die gevoelig is voor specifieke magneetvelden binnen de desbetreffende magneetveld zone geplaatst worden De 0,4 μT zone kan reiken tot ca. 50 meter uit het hart van de verbinding (op hoogte van het maaiveld). Het is af te raden gevoelige bestemmingen zoals kinderdagverblijven binnen deze zone te bouwen. Uit overleg met de gemeente Waadhoeke is voortgekomen dat deze bestemming niet kunnen voorkomen op het bedrijventerrein.
Inductieve koppeling:	Voor verschillende afstanden zijn de maximale parallelloop lengten bepaald waarvoor geen extra onderzoek noodzakelijk is. Langere parallelloop lengten zijn mogelijk, maar dan dient nader en specifiek onderzoek plaats te vinden, waarbij via detailmodellering de toelaatbaarheid bepaald dient te worden. De maximale lengte en locatie van metalen objecten (buisleidingen, kabels, hekwerken etc..) op het bedrijventerrein staan weergegeven in Figuur 7 in paragraaf 4.3. Voor er langere metalen objecten worden geplaatst dan aangegeven in paragraaf 4.3, wordt geadviseerd eerst een detailberekening uit te voeren.
Weerstandsbeïnvloeding:	Voor weerstandsbeïnvloeding zijn de potentiaaltrechters volgens NEN 3654 bepaald. Binnen deze potentiaaltrechters is ontoelaatbare beïnvloeding niet uit te sluiten. Via een detailmodel kan de daadwerkelijke grootte bepaald worden. Voor er objecten nabij de hoogspanningsmasten worden geplaatst, wordt geadviseerd eerst de potentiaaltrechters te berekenen.
Elektrische velden:	De 5 kV/m en 10 kV/m contouren zijn bepaald tussen masten 4 en 6. Hieruit blijkt, dat er geen gevaar voor de algemene bevolking is, evenals voor de beroepsbevolking.
Capacitieve beïnvloeding:	Capacitieve beïnvloeding is bepaald volgens NEN 3654 stap 1. Hierin is bepaald dat op ongeaarde objecten binnen 50 m van de hartlijn van de hoogspanningslijn ontoelaatbare capacatieve beïnvloeding niet uit te sluiten is. Het plaatsen van objecten binnen deze 50m kan mogelijk zijn, maar hiervoor dient specifiek onderzoek plaats te vinden.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Inleiding	1
1 Beïnvloedingsvormen	2
1.1 Beïnvloeding door magnetische velden	2
1.2 Inductieve beïnvloeding	3
1.3 Weerstandsbeïnvloeding	3
1.4 Thermische beïnvloeding	4
1.5 Elektrische velden	4
1.6 Capacitieve beïnvloeding	4
1.7 Hoogfrequente beïnvloeding	5
2 Achtergrond	6
3 Magneetvelden	7
3.1 Apparatuur	7
3.2 Gevoelige bestemmingen	9
4 Inductieve beïnvloeding	10
4.1 Uitleg Inductieve beïnvloeding volgens de norm	10
4.2 Analyse	10
4.3 Resultaten	11
5 Weerstandsbeïnvloeding	12
6 Elektrische velden	14
7 Capacitieve beïnvloeding	16
Conclusie	17
Referenties	18
Colofon	19
Bijlage 1	20

Inleiding

De gemeente Waadhoeke is voornemens tot het realiseren van het bedrijventerrein Kie fase II in Franeker. Omdat dit bedrijventerrein onder/naast een bovengrondse hoogspanningslijn is gelegen, is er mogelijk sprake van ontoelaatbare beïnvloedingen. Dit document heeft als doel het generiek adviseren van het planologisch indelen van het bedrijventerrein.

Dit document bevat de stap 1&2 onderzoeken waarbij de volgende beïnvloedingsmechanismen in beschouwing zijn genomen:

- Magneetvelden;
- Inductieve koppeling;
- Weerstandsbeïnvloeding;
- Elektrische velden;
- Capacitieve koppeling.

In hoofdstuk 1 zal uitleg gegeven worden over de verschillende beïnvloedingsvormen. Hoofdstuk 2 zal de achtergrond van het project en de project locatie tonen. Het derde hoofdstuk zal het stappenplan van de NEN 3654 weergeven. Hoofdstukken 4 t/m 8 zullen de inhoudelijke beschouwing van de beïnvloedingsmechanismes behandelen. Het rapport wordt afgesloten met een conclusie.

1 Beïnvloedingsvormen

In dit hoofdstuk zijn de verschillende beïnvloedingsvormen beschreven met daarbij de gehanteerde normen. Niet alle beïnvloedingsmechanismen zijn van toepassing op dit project, maar voor de volledigheid zijn ze hier vernoemd.

1.1 Beïnvloeding door magnetische velden

Een geleider die stroom voert is omgeven door een magnetisch veld. De grootte van dit magnetisch veld is afhankelijk van de grootte van de stroom door de geleider en de afstand tot de stroomvoerende geleider. Magnetische velden kunnen krachten uitoefenen op systemen in de omgeving.

In Nederland hebben de elektrische energiesystemen een frequentie van 50 Hz (Hertz). Nabij de hoogspanningsverbinding is de grootte van het magnetische veld bij de frequentie van 50 Hz onafhankelijk van het elektrisch veld¹. De Europese Unie heeft voor 50 Hz magneetvelden het volgende limiet vastgesteld:

- Blootstelling van de algemene bevolking van: 100 μT (79,5 A/m).

Zie referentie: EU Regelgeving en NEN-EN 50341-3.

De waarde van 100 μT is vastgesteld op basis van een rapport van de ICNIRP, de ICNIRP gaat zelf inmiddels uit van een grens waarde van 200 μT , waar zij eerder ook uitgingen van een grenswaarde van 100 μT , zie referentie [ICNIRP].

Ook sommige elektrische apparaten kunnen beïnvloed worden door laagfrequent magneetvelden, zoals bijv. apparaten die gebruik maakt van elektronen bundels of PLC die functioneren met zeer lage spanningen (microVolts).

¹ Dit is een ander fenomeen dan bij “elektromagnetische straling”, waarbij een vaste relatie bestaat tussen het elektrische en magnetische veld. Technieken die berusten op elektromagnetische straling hebben een veel hogere frequentie van enkele 1000 000 000'en Herz (vaak afgekort als Giga Hz), zoals wifi, 3G en 4G.

Vanaf het intreden van de EMC richtlijn dient de immuniteit van alle elektrische apparaten getoetst te zijn. Bij het toetsen wordt onderscheidt gemaakt tussen apparaten die dienen te functioneren in een industriële omgeving en apparaten die dienen te functioneren in een huishoudelijke omgeving. Aan de volgende limieten worden de elektrische apparaten getoetst:

- 30 A/m
Voor industriële apparatuur conform [NEN-EN 61000-6-2].
- 3 A/m
Voor huishoudelijke en licht industriële apparatuur conform [NEN-EN 61000-6-1].
- 1 A/m
Voor specifieke gevoelige medische apparatuur conform [NEN-EN 61000-6-1].

Magnetische velden kunnen ook leiden tot inductieve beïnvloeding van metalen objecten zoals kabels, buisleidingen, hekwerken, e.d.. Zie voor inductieve beïnvloeding verder paragraaf 1.2.

1.2 Inductieve beïnvloeding

Magneetvelden die in de tijd variëren kunnen spanningen opwekken op nabijgelegen metalen objecten, door de spanningsverschillen gaan ook stromen lopen. Dit fenomeen heet inductie en wordt gebruikt door vele systemen, zoals de inductiekookplaat en transformatoren.

Inductie nabij hoogspanningsverbinding is echter een ongewenst effect. Objecten kunnen onder spanning komen te staan door magnetische inductie. Vandaar dat de norm limieten stelt aan de maximaal geïnduceerde spanning. De norm stelt limieten voor continu situaties alsook kortstondige situaties (kortsluiting).

In voorliggend rapport is de inductieve beïnvloeding bij normaal bedrijf, specifiek langdurige stroom (t.b.v. wisselstroomcorrosie), 1-fase kortsluiting en onderhoud berekend op basis van de Unity Check rekenmodel. Dit zijn de stappen 1 en 2 van de NEN 3654 (zie Bijlage C van de NEN 3654 voor de formule).

1.3 Weerstandsbeïnvloeding

Een hoogspanningsverbinding bestaat uit een metalen koppeling (genaamd circuit) tussen twee hoogspanningsstations. Vaak bestaat de metalen koppeling uit koper of aluminium. De metalen koppeling is ontworpen om de stroom in de verbinding te voeren. Het kan echter voorkomen dat bij bepaalde types kortsluiting de stroom een ander pad kiest om het hoogspanningsstation te bereiken, zoals via de bodem. In dat geval bestaat de kans op weerstandsbeïnvloeding.

In normaal bedrijf is de kans op weerstandsbeïnvloeding zeer klein, de metalen geleiders staan dan geïsoleerd opgesteld t.o.v. de omgeving en bodem. Bij kortsluiting tussen de metalen geleider en de kabelmantel is de kans op weerstandsbeïnvloeding wel aanwezig. De kabelmantel is geaard (fysiek met de bodem verbonden), waardoor een deel van de stroom de bodem zal intreden. De ingetreden stroom in de bodem veroorzaakt potentiaalverschillen in de bodem, ook wel potentiaaltrechter genoemd. Metalen objecten (zoals buisleidingen) door een potentiaaltrechter kunnen beschadigd raken of overspanning komen te staan.

Voor weerstandsbeïnvloeding bij kabelverbindingen stelt de NEN 3654 dat alleen rekening gehouden hoeft te worden met weerstandsbeïnvloeding wanneer een object (zoals buisleiding) in de nabijheid

(minder dan 50 meter) ligt van een aarding van het kabelsysteem. In voorliggend rapporten zijn alle objecten binnen 50 meter van aarding geïnventariseerd.

1.4 Thermische beïnvloeding

Elke (hoogspannings)verbinding waar stroom doorheen loopt wordt warm. In het geval van een hoogspanningskabel heeft dat tot gevolg dat de grond opgewarmd wordt

De NEN 3654 stelt een limiet van maximaal 5 °C temperatuurstijging van de bodem in de directe omgeving van buisleidingen. Indien de temperatuur van een buisleiding meer dan 5 °C stijgt door een hoogspanningskabel, dan moet een overleg plaatsvinden tussen de betrokken partijen over de noodzaak van mitigerende maatregelen.

1.5 Elektrische velden

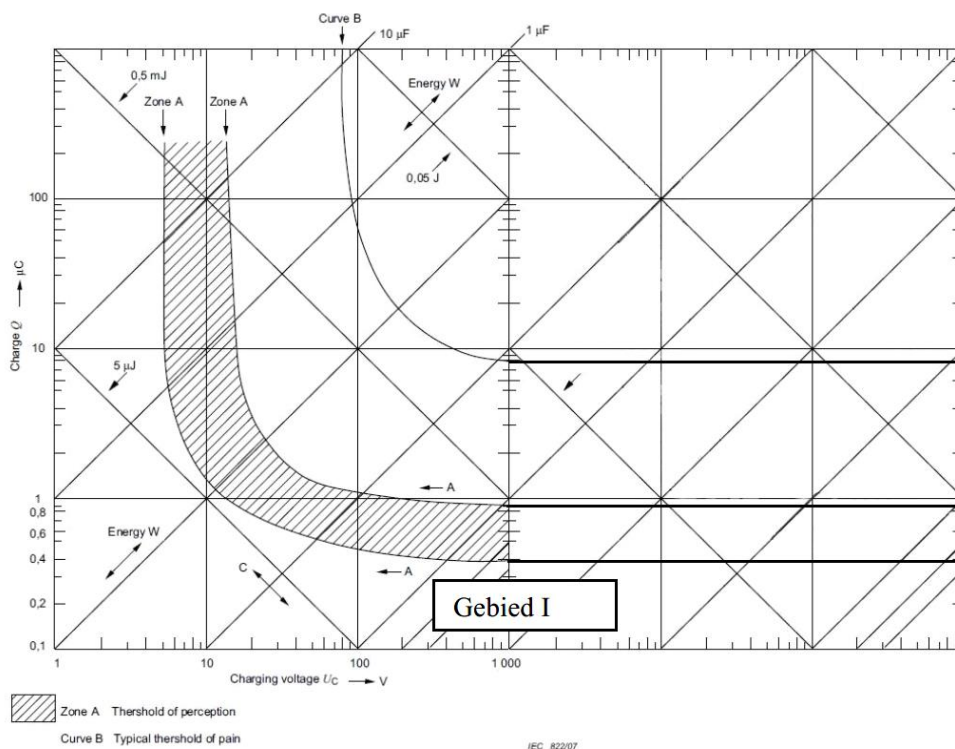
Dit mechanisme is alleen van toepassing op lijnen en AIS stations (lucht geïsoleerd/open lucht). Tussen een spanning voerende geleider en aarde is een elektrisch veld aanwezig. Elektrische velden kunnen ook leiden tot capacitieve beïnvloeding van bovengrondse metalen objecten die geïsoleerd van de bodem zijn opgesteld (dus niet zijn geaard). Zie voor capacitieve beïnvloeding verder paragraaf 1.6.

Conform [1999/519/EG] dient het elektrische veld (E-veld) op 1 meter boven maaiveld ≤ 5 kV/m te bedragen.

1.6 Capacitieve beïnvloeding

Dit mechanisme is alleen van toepassing op lijnen en AIS stations (lucht geïsoleerd/open lucht), omdat dit mechanisme een afgeleide is van elektrische velden. Als gevolg van een elektrisch veld kan een groot en niet geaard metalen object elektrisch opgeladen worden. Indien een mens dit object aanraakt, zal de opgebouwde lading via het menselijk lichaam naar aarde worden afgevoerd. Deze ontlasting kan voelbaar zijn, of kan zelfs pijnlijk zijn afhankelijk van de grootte van de opgebouwde lading. Bij permanent vasthouden van het metalen object zal er ook een volgstroom door het menselijk lichaam gaan lopen.

De ontlasting bij aanraking van capacitief opgeladen objecten als gevolg van het E-veld, dient conform [NEN-EN-50341-3] in gebied I conform [IEC60479-2] te blijven. Gebied I is aangegeven in Figuur 1 en is het gebied onder de curve A. Ontlastingen in gebied I zijn voor de mens niet voelbaar.



Figuur 1: Aanraking van capacitief opgeladen objecten uit de IEC60479-2 waarbij gebied I gearceerd is.

1.7 Hoogfrequente beïnvloeding

Bij schakelhandelingen of als gevolg van corona-ontladingen op geleiders en isolatoren van een hoogspanningslijn ontstaat emissie van hoogfrequente elektromagnetische golven. Deze emissie kan dicht bij de lijn zo hoog worden dat deze de ontvangst van radiosignalen bemoeilijkt. Er ontstaat dan ruis op het ontvangen signaal. Bij een zwak zendsignaal, of een slechte ontvanger, kan de corona-emissie het signaal onder de lijn mogelijk geheel overstemmen. De emissie van hoogfrequente elektromagnetische golven neemt toe bij nat weer zoals (mot)regen en mist. De oorzaak ligt in de waterdruppels die zich op de isolatoren en geleiders vormen. Hierdoor ontstaan lokale versterkingen van het elektrische veld met deelontladingen (corona) tot gevolg. Ook vervuilde isolatoren geven meer corona-emissie dan schone isolatoren.

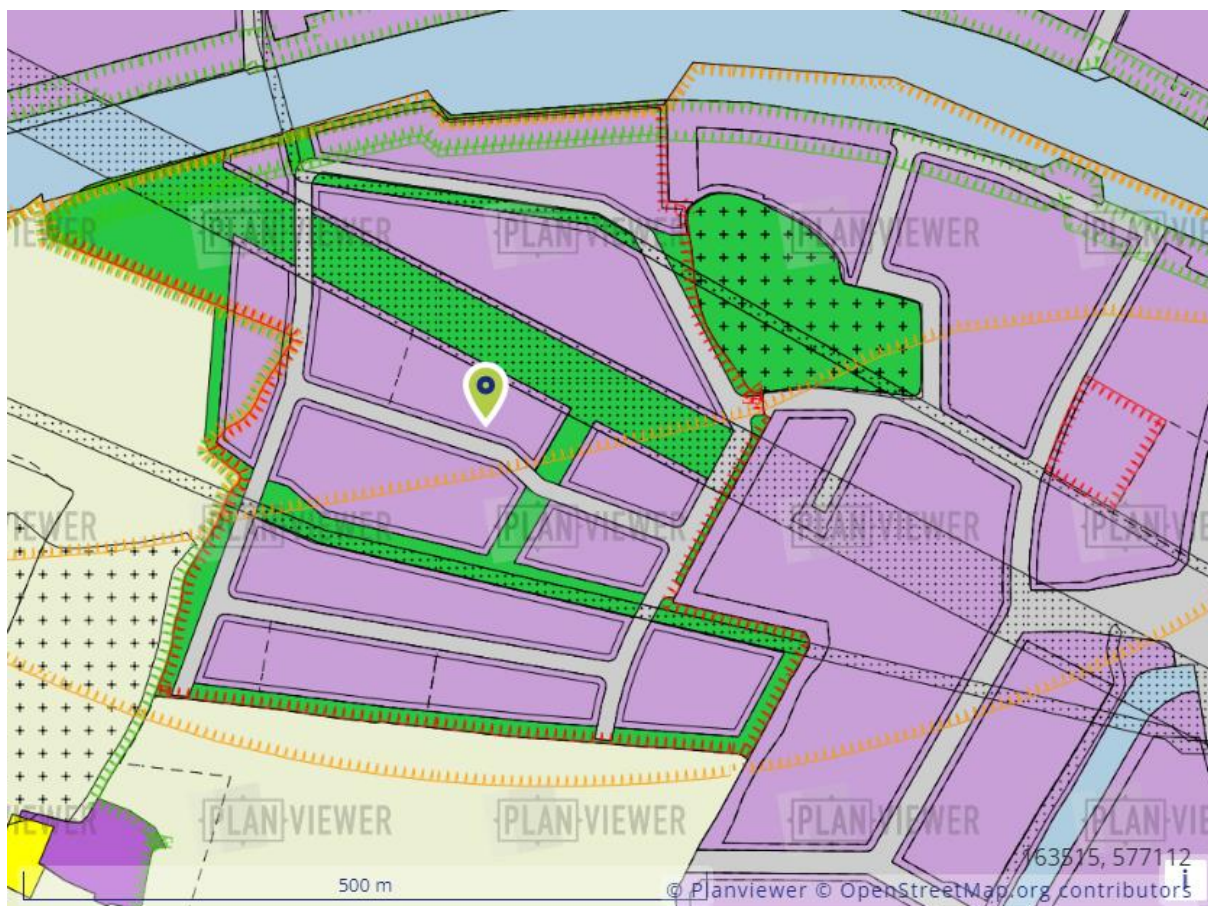
Voor een hoogspanningslijn zijn er geen specifieke normen. Daarom wordt teruggevallen op de verstoringslimieten voor information technology equipment (ITE) zoals vastgelegd in [NEN-EN 55022]. Het betreft de limieten voor radiated disturbance, d.w.z. wat een bron mag veroorzaken. Er is een onderscheid in 2 klassen:

- Klasse B apparatuur is primair bedoeld voor gebruik in de huiselijke omgeving. De grens is voor klasse B is 30 dBμV/m
- Klasse A apparatuur is een categorie van alle andere apparatuur die aan de klasse A limieten voldoet, maar niet de limieten van klasse B. De grens is voor klasse A is 40 dBμV/m (emissie limiet voor klasse A apparatuur conform [NEN-EN 55022]).

Klasse A apparatuur mag dus meer verstoring veroorzaken maar niet in huiselijke omgeving worden toegepast. Op de locatie van de hoogspanningsverbinding kan ook commercieel verkrijgbare klasse A apparatuur voorkomen, daarom wordt deze limietwaarde gehanteerd.

2 Achtergrond

De gemeente Waadhoeke is voornemens tot het realiseren van het bedrijventerrein Kie fase II in Franeker. Omdat dit bedrijventerrein onder/naast een bovengrondse hoogspanningslijn is gelegen, is er mogelijk sprake van ontoelaatbare beïnvloedingen. Dit document heeft als doel het generiek adviseren van het planologisch indelen van het bedrijventerrein. Het bedrijventerrein is te zien in Figuur 2.



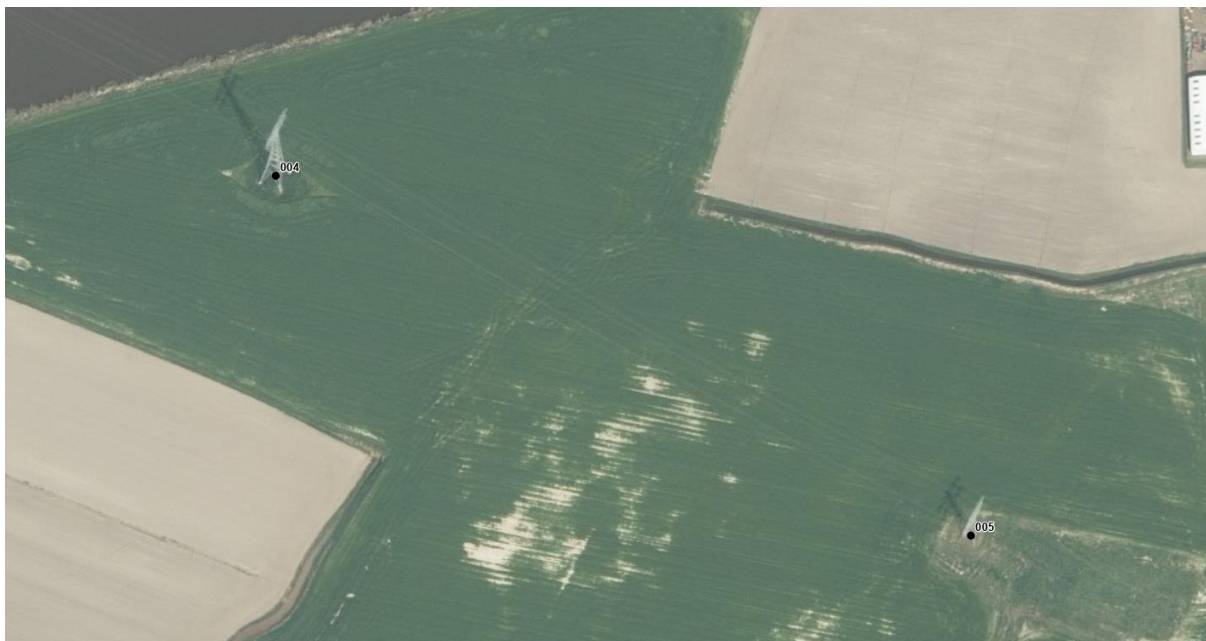
Figuur 2: De locatie van het toekomstige bedrijven terrein, weergegeven paarse vlakken met groene rand en rode strepen (Planviewer, 2023).

3 Magneetvelden

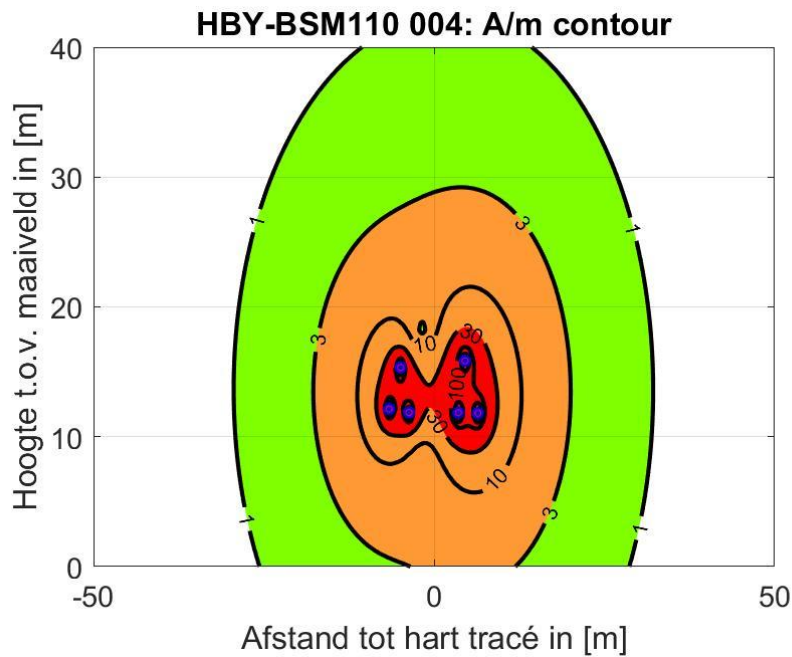
Het magnetische veld omgeeft de stroom door de lijn. Voor magneetvelden zijn er twee belangrijke type toetsingen: apparatuur (3 A/m en 30 A/m magneetveldcontouren) en gevoelige bestemmingen (u,4 μ T contour. Eerst zal de werking van apparatuur besproken worden en vervolgens de plaatsing van gevoelige bestemmingen.

3.1 Apparatuur

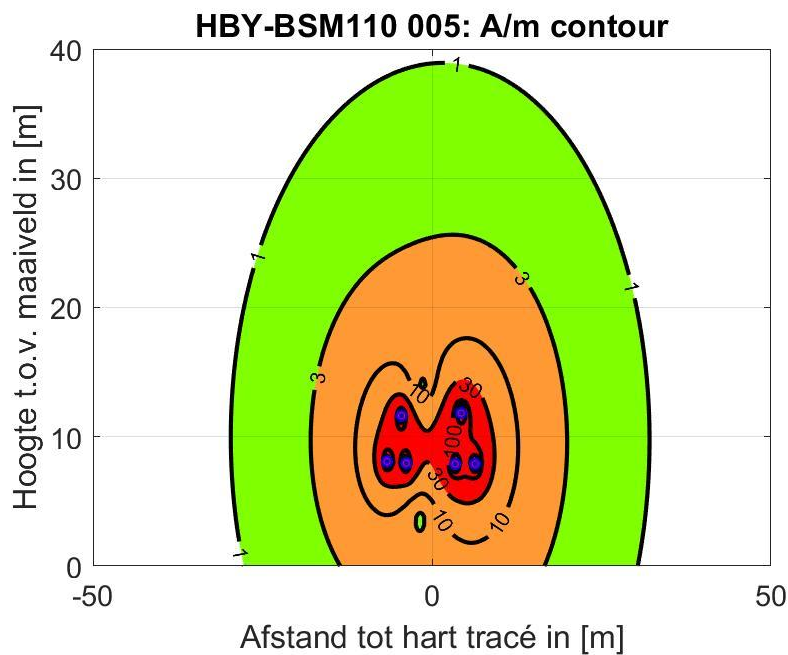
In Figuur 3 staan mast 4 en mast 5 van de lijnverbinding weergegeven. Rondom de lijnverbinding tussen deze masten is het magneetveld contour bepaald.



Figuur 3: Overzicht van de lijnverbinding boven het te realiseren bedrijventerrein met mast 4 en mast 5 zichtbaar. Mast 6 valt in aan de zuidwestelijke kant net buiten het beeld.



Figuur 4: Magneetveldcontour rondom het spanveld tussen mast 4 en mast 5.



Figuur 5: Magneetveldcontour rondom het spanveld tussen mast 5 en mast 6.

In Figuur 4 en Figuur 5 zijn de magneetveldcontouren rondom de hoogspanningslijnverbinding weergegeven. Uit deze figuren is te zien dat zowel het 1 A/m als het 3 A/m veld tot het maaiveld reiken, op respectievelijk 32 meter en 20 meter t.o.v. het hart van de lijnverbinding. De maximale breedte van de magneetvelden staan tevens weergegeven in Tabel 1.

Voor het bedrijventerrein zijn de volgende contouren van belang:

- De 1 A/m contour (gevoelige (medische) apparatuur);
- De 3 A/m contour (huishoudelijke apparatuur);
- De 30 A/m contour (industriële apparatuur).

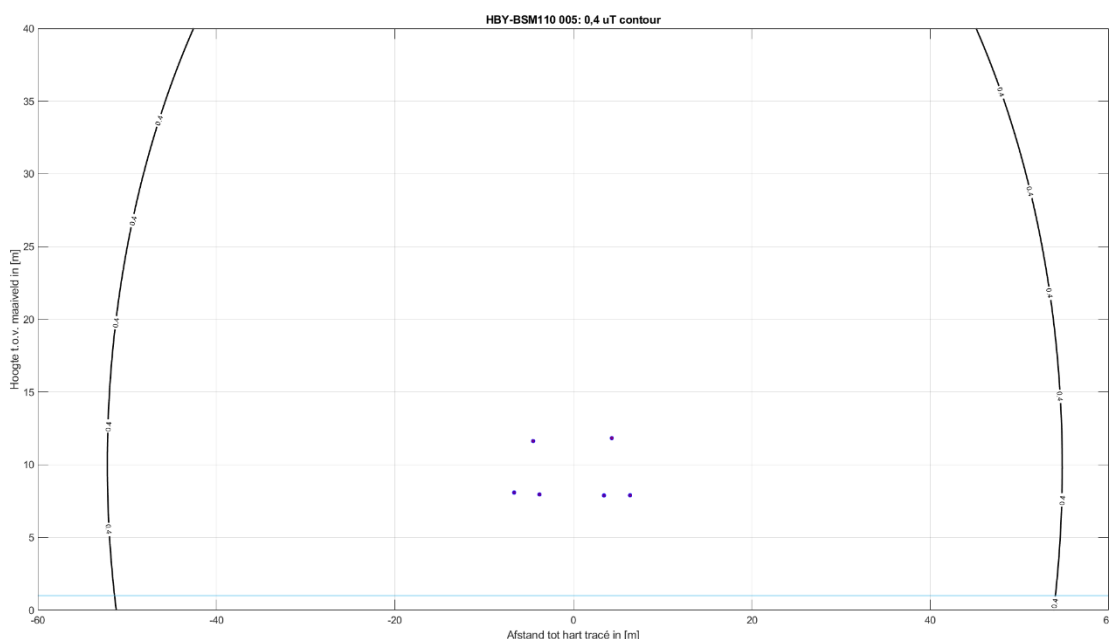
Tabel 1: Minimale afstand t.o.v. hartlijn hoogspanningslijn voor magneetvelden.

Vak segment	1 A/m [m]	3 A/m [m]	30 A/m [m]
Mast 4-5	32	20	9
Mast 5-6	32	20	9

Zoals te zien in Figuur 4, Figuur 5 en Tabel 1 is het niet aan te raden om gevoelige apparatuur te plaatsen binnen 32 meter van de hoogspanningslijn. Voor huishoudelijke apparatuur is dit 20 m van het hart van de hoogspanningslijn. Voor industriële apparatuur is dit 9 m. Apparatuur die zich binnen de contour bevindt kan, mogelijk, niet naar behoren werken.

3.2 Gevoelige bestemmingen

Voor gevoelige bestemmingen geldt de RIVM richtlijn², waarbij de 0,4 μT zone berekend dient te worden. Deze norm is voor gevoelige bestemmingen zoals woonhuizen, kinderdagverblijven etc. De gemeente Waadhoeke heeft aangegeven dat deze bestemmingen niet kunnen voorkomen op het bedrijventerrein, dus we voorzien dat de norm hier niet van toepassing is. Desondanks worden deze afstanden toch weergegeven voor de volledigheid. Om toch een indicatie te krijgen van 0,4 μT zone is er wel een berekening uitgevoerd. Uit Figuur 6 is het 0,4 μT contour rondom de lijnverbinding weergegeven. Uit dit figuur komt naar voren dat de zone tot ca. 50 meter uit het hart van de verbinding reikt. Binnen deze zone is het af te raden om gevoelige bestemming te plaatsen.



Figuur 6: 0,4 μT zone rondom de lijnverbinding. De kijkrichting is hierbij in langsrichting van de lijnverbinding.

² Let op: dit rapport is niet conform de RIVM richtlijn geschreven. Bij plaatsing van gevoelige bestemmingen rondom de HS-lijn dient er onderzoek plaats te vinden conform de RIVM richtlijn.

4 Inductieve beïnvloeding

4.1 Uitleg Inductieve beïnvloeding volgens de norm

Om te bepalen of er sprake is van ontoelaatbare inductieve beïnvloeding, bevat de NEN 3654 een stappenplan. Dit stappenplan is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Stappenplan inductieve beïnvloeding conform NEN 3654

	Stap 1	Stap 2	Stap 3	Stap 4
HSP-lijnen	Alleen in geval punt zich onder de lijn in de grafiek van NEN 3654 figuur 3 bevindt is vervolgstap noodzakelijk.	Alleen in geval 'Unity Check' ≥ 1 dan vervolgstap noodzakelijk.	Studie op hoofdlijnen: resultaat 'Unity Check' bijstellen indien uitgangspunten gunstiger zijn dan aannamen in stap 2.	Gedetailleerde berekening inclusief vaststelling te treffen maatregelen.

In stap 2 wordt de Unity Check uitgevoerd, zoals beschreven in de NEN 3654. De formule is als volgt:

$$Unity\ Check = K1 * l * (\log(K2) - \log(a))$$

Waarin:

- l lengte parallelloop [km]
- a onderlinge maatgevende horizontale h.t.h. afstand tussen buisleiding en HSP-systeem [m]
- K1 HSP-systeemafhankelijke constante
- K2 HSP-systeemafhankelijke constante [m]

De waarden van K1 en K2 worden bepaald aan de hand van het HSP-systeem en NEN 3654 Bijlage C. Deze waarden zijn in Tabel 3 te zien.

Tabel 3: Gebruikte K1 en K2 waarde (NEN3654, februari 2014).

	Normaal		Corrosie		1-fase Kortsluiting		N-1	
	K1	K2	K1	K2	K1	K2	K1	K2
Lijn Donau: 2 circuits 110 kV	5,340	772	3,341	771	6,591	1637	6,433	677

4.2 Analyse

In de ontwikkelingsfase van het bedrijven terrein, is het noodzakelijk om de maximale lengten te bepalen van structuren ZONDER dat er een EMC studie noodzakelijk is. Onderstaand figuur is het resultaat van de wiskundige ombouw van de Unity Check formule i.c.m. het toepassen van correctiefactoren voor diverse type assets. De gebruikte formule is als volgt:

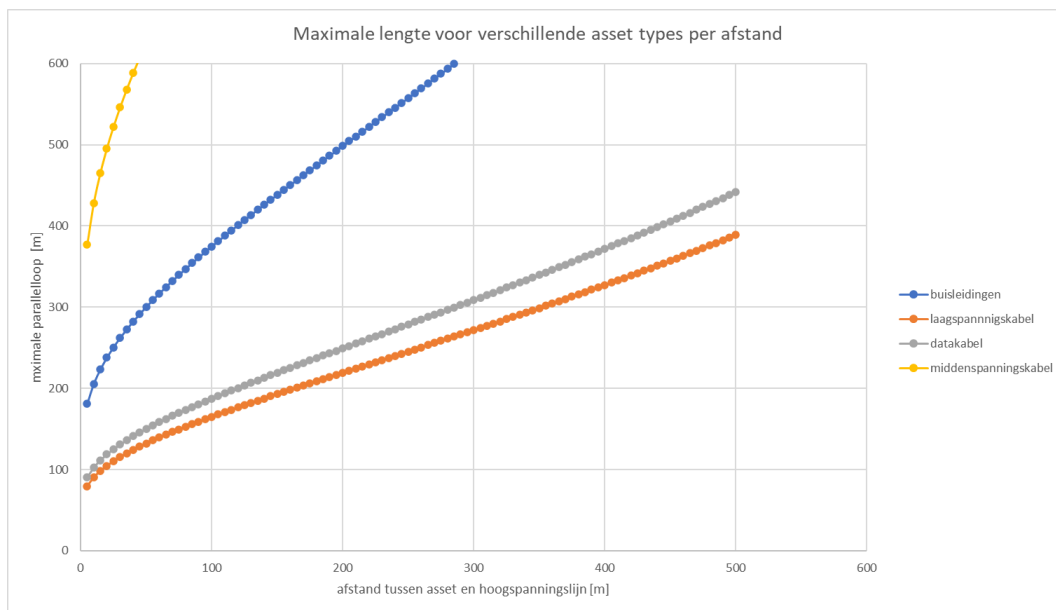
$$l = \frac{U.C.}{K1 * (\log(K2) - \log(a))} * \frac{1}{cf}$$

Hierin is l de maximale lengte voor een type asset, U.C. is de maximale toegestane Unity Check waarde (welke 1 is), en cf is de correctiefactor voor bepaalde situaties of asset types.

4.3 Resultaten

Voor verschillende type assets (buisleidingen, kabels, dakgoten etc.), bestaan verschillende maximaal geïnduceerde spanningen. Een hekwerk bij een zwembad welke aangeraakt kan worden door gasten met natte voeten, mag minder spanning geïnduceerd krijgen dan een middenspanningskabel welke alleen aangeraakt kan worden door professionals met de juiste PBM's (Persoonlijke Beschermings Middelen).

De hoogst geïnduceerde spanning (en daarmee de kortste maximaal toegestane parallelloop lengte) ontstaat bij kortsluiting. Dit houdt in dat indien de geïnduceerde spanning op een asset tijdens een kortsluiting in de hoogspanningslijn voldoet aan de toets limiet, dat deze in alle andere situaties ook zal voldoen. In Figuur 7 zijn de verschillende lengten weergegeven voor verschillende type assets.



Figuur 7: Maximale lengten voor verschillende type assets bij verschillende afstanden.

De curven in de tabel geven aan wat de maximale lengte van parallelloop is bij een bepaalde afstand. Zo geldt voor een laagspanningskabel dat bij perfecte parallelloop en een afstand tussen de hoogspanningsverbinding en de laagspanningskabel (LS-kabel) van 500 meter, de LS-kabel maximaal ~380 meter lang mag zijn. Indien de kabel verder weg gelegen ligt of meer haaks ligt op de hoogspanningsverbinding, dan mag de LS-kabel langer zijn.

De verschillende typen assets hebben verschillende curves, gezien deze ook verschillende maximaal toelaatbare spanningen hebben. Zo mag bijvoorbeeld een buisleiding maximaal 25 V geïnduceerd krijgen en een laagspanningskabel 50 V.

De afstanden die in Figuur 7 worden weergegeven, zijn de afstanden waarbij op voorhand ontoelaatbare inductieve beïnvloeding uitgesloten kan worden. Mocht het ontwerptechnisch nodig zijn om toch grotere parallellopen te realiseren, dan dient er een EMC studie plaats te vinden. Echter kan er voor veel assets reeds ontoelaatbare beïnvloeding uitgesloten worden, zoals voor drinkwaterleidingen van kunststof of eventuele hekwerken.

Indien er op een asset toch een ontoelaatbare spanning geïnduceerd wordt, kan deze beschadigd raken (bijvoorbeeld door een versnelde coating degradatie) of kan een mens (of dier) een schok krijgen indien deze asset wordt aangeraakt.

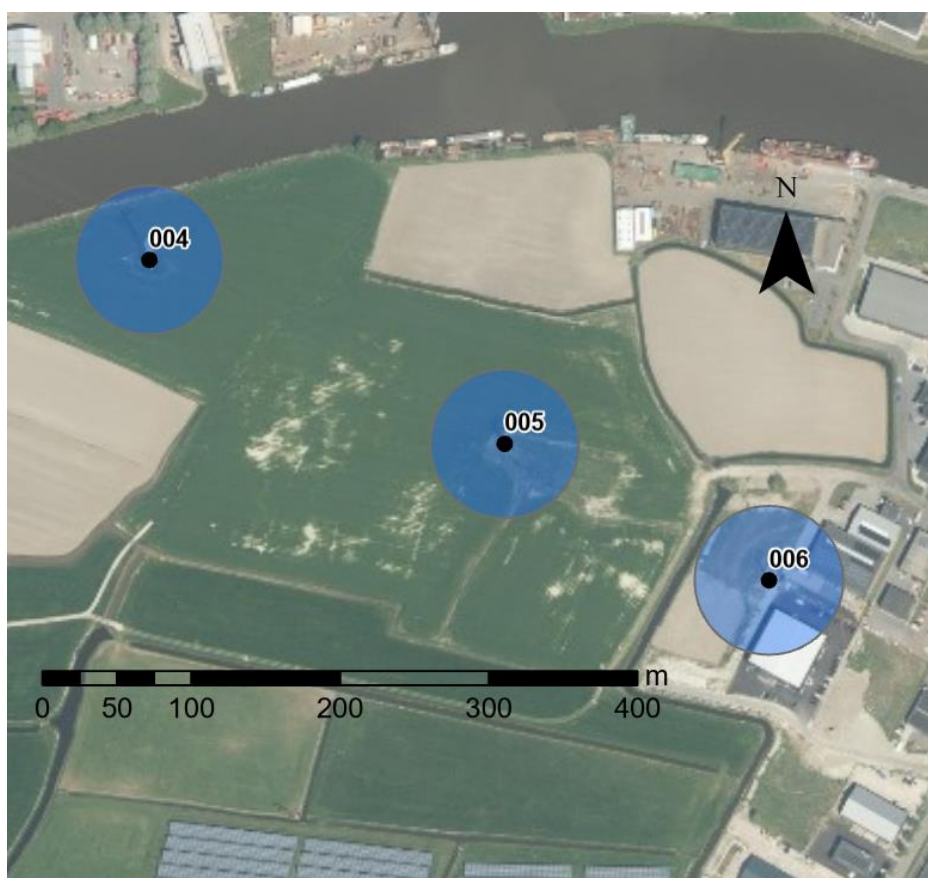
5 Weerstandsbeïnvloeding

Voor weerstandsbeïnvloeding heeft de NEN 3654 het stappenplan uit Tabel 4 gepresenteerd (NEN3654, februari 2014).

Tabel 4 Stappen weerstandsbeïnvloeding (NEN3654:2014)

	Stap 1	Stap 2	Stap 3	Stap 4
HSP – lijnen	Alleen in geval van afstand buisleiding tot hart lijn van het tracé < 50 m dan is vervolgstap noodzakelijk.	Alleen in geval van afstand buisleiding tot mast < 50 m dan is vervolgstap noodzakelijk.	Alleen in het geval van star/effectief geaard net en bekleding leiding bitumen en afstand tot mast < 50 m Of Bekleding leiding PE/epoxy en afstand tot mast < 30 m dan vervolgstap noodzakelijk.	Gedetailleerde berekening inclusief vaststelling van de potentiaaltrechter.

Voor weerstandsbeïnvloeding bestaat het uitvoeren van stappen 1 & 2 uit het inventariseren van kabels en leidingen binnen een gebied van 50 meter tot het hart van de mast.



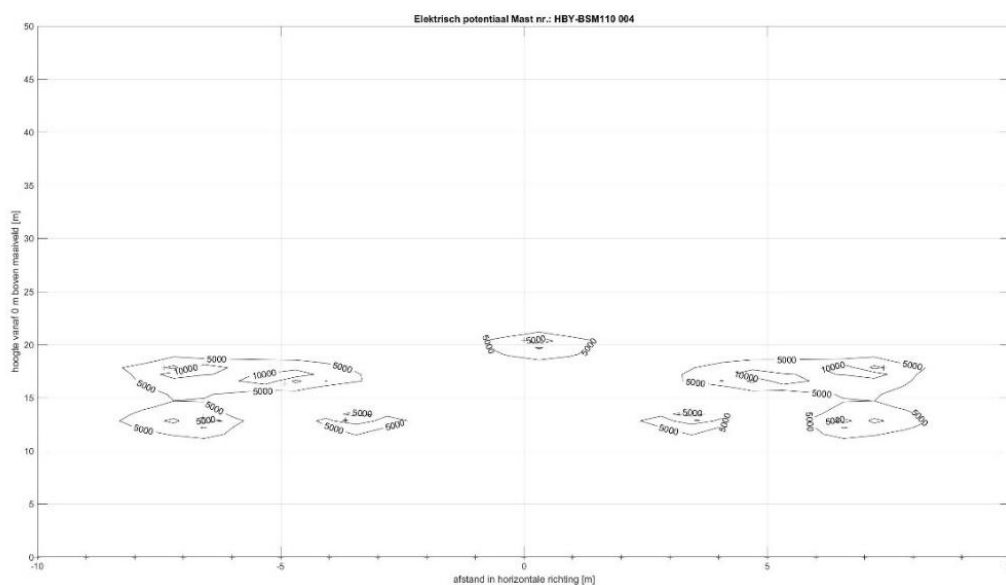
Figuur 8: Potentiaaltrechter volgens de NEN 3654.

In Figuur 8 zijn de 50 meter potentiaaltrechters rondom de masten weergegeven. Deze afstanden zijn conform de NEN 3654 worst-case. Indien er toch objecten binnen de 50 meter rondom een mast geplaatst dienen te worden, zal er eerst een gedetailleerde studie moeten plaatsvinden om de daadwerkelijke grootte te bepalen. Om het bedrijventerrein optimaal te gebruiken, kunnen de daadwerkelijke potentiaaltrechters bepaald worden. Deze zullen waarschijnlijk kleiner zijn dan de eerder genoemde 50 meter. Het zal echter nog steeds afhangen van het te realiseren object (bijvoorbeeld een buisleiding/hekwerk). Dit dient per object te worden bepaald.

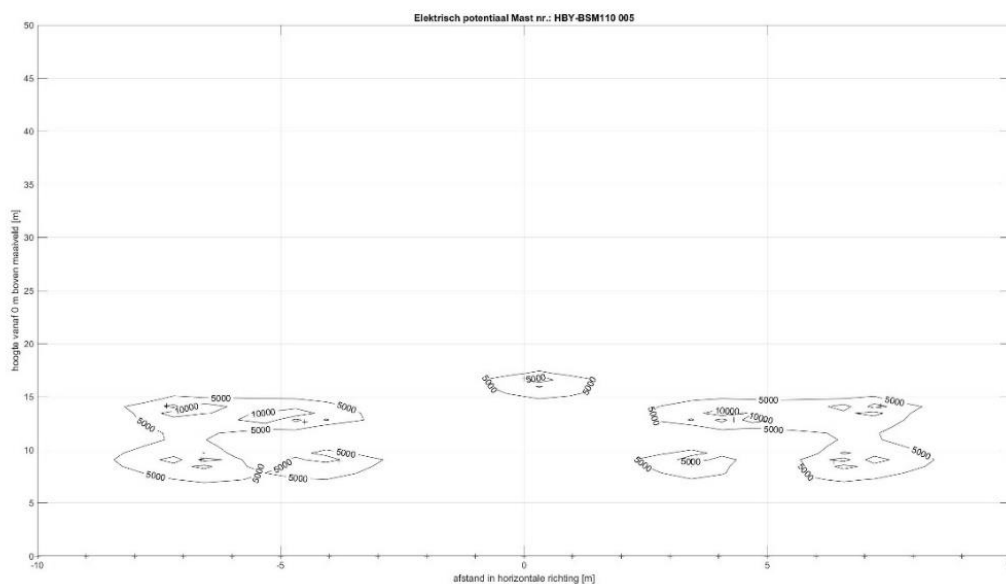
6 Elektrische velden

Het bepalen van de beïnvloeding ten gevolge van elektrische velden is geen onderdeel van de NEN 3654, maar is wel van belang bij het verblijven of werken in de buurt van hoogspanningslijnen of het plaatsen van apparatuur in haar omgeving. Daarom is dit beïnvloedingsmechanisme voor de aanleg van het bedrijventerrein wel degelijk relevant. Elektrische velden liggen ten grondslag aan capacitieve beïnvloeding. In dit hoofdstuk zal het elektrisch veld getoond worden.

Aan de hand van de gegevens van TenneT Assetinformatie zijn de elektrische velden rond de lijnverbinding berekend. Het punt waarvoor de berekening is uitgevoerd is de positie waar de doorhang het grootst is (dus waar de lijn het dichtst bij de grond hangt).



Figuur 9: Elektrische potentiaal tussen mast 4 en mast 5 [kV/m].



Figuur 10: Elektrische potentiaal tussen mast 5 en mast 6 [kV/m].

Zoals te zien in Figuur 9 en Figuur 10 reikt de 5 kV/m contour zich nabij de geleiders tot 6 m boven het maaiveld, waarbij de limiet 1 meter boven het maaiveld. De 5 kV/m contour is toepasbaar op de algemene bevolking. Er kan gesteld worden dat de algemene bevolking zich in geen geval binnen die contouren zal bevinden.

De 10 kV/m contour welke toepasbaar is op beroepsbevolking blijft geconcentreerd rondom de fasegeleiders. Dit gebied is van zichzelf niet toegankelijk, buiten werknemers van TenneT om. Voor de beroepsbevolking is er geen sprake van ontoelaatbare beïnvloeding.

7 Capacitieve beïnvloeding

Capacitieve beïnvloeding is het gevolg van een elektrisch veld die grote niet geaarde metalen objecten oplaadt. Wanneer dit object aangeraakt wordt, kan degene die dit object aanraakt een schok krijgen. Een bekend voorbeeld is de schok wanneer een statisch geladen auto aangeraakt wordt op een winterdag.

Ter voorkoming van dit beïnvloedingsmechanisme is het aan te raden om metalen objecten te aarden, zodat de statische elektriciteit weg kan vloeien. De NEN 3654 heeft voor het bepalen van mogelijke ontoelaatbare beïnvloeding een stappenplan ontwikkeld, te zien in Tabel 5.

Tabel 5: Stappen volgens de NEN 3654.

	Stap 1	Stap 2	Stap 3	Stap 4
HSP-lijnen	Alleen in geval van bovengrondse buisleiding en afstand tot hart lijn tracé < 50 m dan is vervolgstap noodzakelijk	Niet van toepassing. (er is geen mogelijkheid om eenzijdig een verdieping te doen)	Studie op hoofdlijnen rekening houdend met o.a. aardingsmethodiek bovengrondse buisleiding, spanningsniveau en geometrie.	Gedetailleerde berekening inclusief vaststelling maximaal optredende capacitieve spanning.

Bij de realisatie van het bedrijventerrein kan bij alle bovengrondse objecten die verder dan 50 m staan, capacitieve beïnvloeding direct worden uitgesloten (stap 1). Mochten er toch (metalen/geleidende) objecten binnen 50 m van het hart van de hoogspanningslijn geplaatst worden, dan dient er nader onderzoek plaats te vinden conform stap 3. Dit onderzoek zal zich specifiek concentreren op het desbetreffende object. Hierbij dient in detail onderzocht te worden of het object mogelijk ontoelaatbare capacitieve beïnvloeding kan ondervinden of dat de aardingsmethodiek voldoet. De mate van capacitieve beïnvloeding is afhankelijk van de grootte van het metalen object en de afstand tot de lijnverbinding. Dit kan vooral in geval van metalen bebouwing noodzakelijk zijn. Indien er niet bekend is of een object ontoelaatbaar capaciteef beïnvloed zal worden, is het ook mogelijk achteraf het object te aarden. Dit zorgt ervoor dat het object niet elektrisch geladen kan worden. Voor er wordt gedacht aan mitigerende maatregelen zal dus eerst moeten worden berekend of er ontoelaatbare capacitieve beïnvloeding plaatsvindt.

Conclusie

De conclusie zal per beïnvloedingsmechanisme behandeld worden:

Magneetvelden:	Gevoelige apparatuur (medische apparatuur, beeldbuizen etc..) kunnen verstoord raken binnen 25 m van het hart van de hoogspanningslijn. Binnen 20 m van de hoogspanningslijn is het mogelijk dat huishoudelijke apparatuur niet volledig functioneert (TV's, koffiezetapparaten, computers). Binnen 9 m van de hoogspanningslijn kan de werking van industriële apparatuur verstoord zijn. Voor het bestemmingsplan wordt geadviseerd dat geen apparatuur die gevoelig is voor specifieke magneetvelden binnen de desbetreffende magneetveld zone geplaatst worden De 0,4 μT zone kan reiken tot ca. 50 meter uit het hart van de verbinding (op hoogte van het maaiveld). Het is af te raden gevoelige bestemmingen zoals kinderdagverblijven binnen deze zone te bouwen. Uit overleg met de gemeente Waadhoeke is voortgekomen dat deze bestemming niet kunnen voorkomen op het bedrijventerrein.
Inductieve koppeling:	Voor verschillende afstanden zijn de maximale parallelloop lengten bepaald waarvoor geen extra onderzoek noodzakelijk is. Langere parallelloop lengten zijn mogelijk, maar dan dient nader en specifiek onderzoek plaats te vinden, waarbij via detailmodellering de toelaatbaarheid bepaald dient te worden. De maximale lengte en locatie van metalen objecten (buisleidingen, kabels, hekwerken etc..) op het bedrijventerrein staan weergegeven in Figuur 7 in paragraaf 4.3. Voor er langere metalen objecten worden geplaatst dan aangegeven in paragraaf 4.3, wordt geadviseerd eerst een detailberekening uit te voeren.
Weerstandbeïnvloeding:	Voor weerstandsbeïnvloeding zijn de potentiaaltrechters volgens NEN 3654 bepaald. Binnen deze potentiaaltrechters is ontoelaatbare beïnvloeding niet uit te sluiten. Via een detailmodel kan de daadwerkelijke grootte bepaald worden. Voor er objecten nabij de hoogspanningsmasten worden geplaatst, wordt geadviseerd eerst de potentiaaltrechters te berekenen.
Elektrische velden:	De 5 kV/m en 10 kV/m contouren zijn bepaald tussen masten 4 en 6. Hieruit blijkt, dat er geen gevaar voor de algemene bevolking is, evenals voor de beroepsbevolking.
Capacitieve beïnvloeding:	Capacitieve beïnvloeding is bepaald volgens NEN 3654 stap 1. Hierin is bepaald dat op ongeaarde objecten binnen 50 m van de hartlijn van de hoogspanningslijn ontoelaatbare capacatieve beïnvloeding niet uit te sluiten is. Het plaatsen van objecten binnen deze 50m kan mogelijk zijn, maar hiervoor dient specifiek onderzoek plaats te vinden.

Referenties

- [NEN 3654] Wederzijdse beïnvloeding van buisleidingen en hoogspanningssystemen. Februari 2014.
- [EN EMF] EMF Directive on the protection of workers. Official Journal of the European Union. L 184/9. 15 april 2014.
- [EU Regelgeving] EG besluit blootstelling ELF velden. publicatieblad van de Europese Gemeenschappen. L 199/59. 30-07-1999.
- [NEN 1010] Veiligheidsbepalingen voor laagspanningsinstallaties. 2016.
- [NEN-EN 61000-6-1] Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments. 2005.
- [NEN-EN 61000-6-2] Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments. 2005.
- [ICNIRP] Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic field (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. April 1998.
- [NEN-EN 50341-3] Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning - Deel 3: Verzameling van nationale normatieve aspecten. 2001 en C1 2006.
- [Planviewer, 2023] Planviewer Kie II, Planviewer.nl; 17-08-2023
<https://www.planviewer.nl/kaart?imro=NL.IMRO.1949.BPFraBedrKiefase2-ONT1>
- [IEC60479-2] IEC; Effects of current on human beings and livestock – Part – 2: Special aspects; 14-05-2019

Colofon

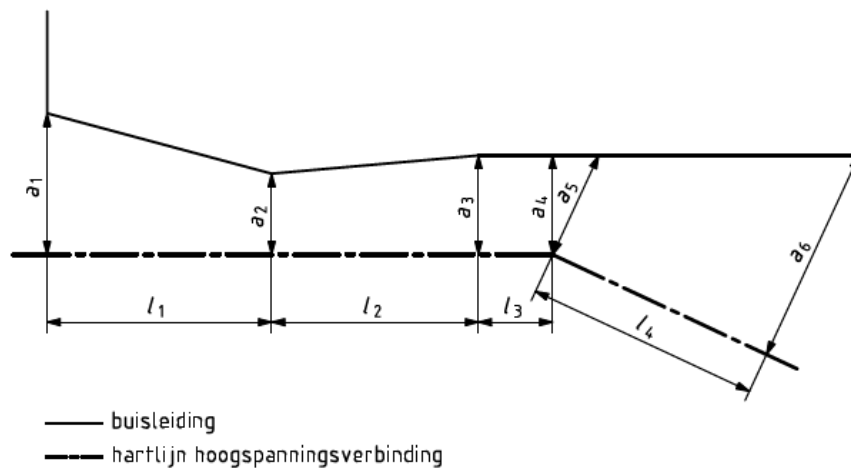
OPDRACHTGEVER	Gemeente Waadhoeke t.a.v. H Mulder Postbus 58 8800 AB Franeker
UITGAVE	Movares Nederland B.V. Daalseplein 100 Postbus 2855 3500 GW Utrecht
TELEFOON	+31 (0)30 - 265 5555
ONDERTEKENAAR	Joost Witmer joost.witmer@movares.nl
PROJECTNUMMER	MN004693
KENMERK	C24-JWF-HS-RAP-23005237

© 2023, Movares Nederland B.V.

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

Bijlage 1

Het meten van de parallelloop lengte en afstanden conform de NEN 3654.



Figuur C.2 — Voorbeeld projectie bepaling hart-op-hartafstand en lengte (bovenaanzicht)

In het voorbeeld in figuur C.2 is:

Maatgevende lengte: $l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$

Maatgevende afstand: $a = \frac{0,78}{l} \left(l_1 \frac{a_1 + a_2}{2} + l_2 \frac{a_2 + a_3}{2} + l_3 \frac{a_3 + a_4}{2} + l_4 \frac{a_5 + a_6}{2} \right)$

 **Movares** samen werkt het