



Magneetveldonderzoek Tennispark Amsterdam

ANALYSE VAN DE VELDEN AFKOMSTIG VAN OS SLOTERPLAS

Referentie: GEM.AMS.20211116

2 februari 2022 – Versie 2.0
Krado | Energie(k) management & advies

Autorisatieblad

	Naam	Akkoord	Datum
Auteur	Minkes, T (Tim)	✓	02-02-2022
Controleur	Wolse, H (Hans)	✓	02-02-2022
Vrijgave	Luiten, R (Rik)	✓	02-02-2022

Versiehistorie

Versie	Naam	Datum	Beschrijving
0.1	Minkes, T (Tim)	17-12-2021	Eerste versie
0.2	Minkes, T (Tim)	06-01-2022	Gereviewde versie
1.0	Luiten, R (Rik)	07-01-2022	Vrijgegeven versie
2.0	Minkes, T (Tim)	02-02-2022	Geüpdatet versie na overleg met Gemeente Amsterdam en de GGD.

Copyright © Krado B.V., Utrecht, The Netherlands. All rights reserved.

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 Krado B.V.

Krado B.V. is niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document.

Samenvatting en conclusies

De gemeente Amsterdam is bezig met het opstellen van een bestemmingsplan voor de Jan Evertsenstraat – West, deelgebied Tennispark. De gemeente Amsterdam beoogt om samen met een projectontwikkelaar 565 woningen te realiseren in het deelgebied Tennispark. Direct naast de geplande woningbouw project staat een onderstation van de spoorwegbeheerder ProRail, betreffend OS Slotterplas. In het voorliggende rapport zijn de gezondheidsrisico's t.a.v. magneetvelden onderzocht, hierbij is onderscheid gemaakt tussen *directe* gezondheidseffecten en *langdurige* gezondheidseffecten.

Directe gezondheidseffecten

De directe gezondheidseffecten zijn goed onderzocht en vastgelegd in publicatiebladen van de Europese Unie. De mogelijke directe gezondheidseffecten die kunnen optreden zijn draaiduizeligheid, het zien van lichtverschijnselen (retinale fosphenen) en, in extreme, zenuwstimulatie. Deze gezondheidseffecten zijn afhankelijk van de frequentie van het magneetveld. In het voorliggende rapport zijn alle bronnen van magneetvelden (lees: alle frequenties) beschouwd t.a.v. directe gezondheidseffecten, hierbij is de conclusie dat mogelijke toekomstige bewoners geen risico lopen op (ongewenste) gezondheidseffecten.

Langdurige gezondheidseffecten

Waar de directe gezondheidseffecten goed bekend zijn en vastgelegd zijn in de Europese publicatiebladen, is het beleid t.a.v. de langdurige effecten verschillend per land. Nederland heeft sinds 2005 een voorzorgbeleid, in andere landen zoals Duitsland en Engeland hanteert men dit beleid niet.

De Gemeente Amsterdam heeft samen met de GGD besloten om in Amsterdam het Nederlandse voorzorgbeleid te hanteren bij alle bronnen van 50 Hz magneetvelden. Strikt genomen is het nationale voorzorgbeleid alleen van toepassing bij bovengrondse (lijnen) hoogspanningsverbindingen van 50 kV of hoger. Dit voorzorgbeleid is alleen van toepassing op de zogenaamde gevoelige bestemmingen, dit zijn locaties waar kinderen langdurig aanwezig zijn, zoals woningen en kinderdagverblijven.

Uit de berekening volgt dat ter plaatse van de woningen het langdurig gemiddelde magneetveld afkomstig van OS Slotterplas minder is dan 0,4 microTesla. Hiermee wordt voldaan aan de advieswaardes in het voorzorgbeleid t.a.v. langdurige gemiddelde magneetvelden.

Toekomstige situatie langdurige gezondheidseffecten

Op het moment van schrijven is het voorzorgbeleid omtrent de specifieke magneetveldzone aan het wijzigen. Het beoogde doel hierbij is om een begrijpelijker en uniformer beleid te creëren, waarbij alle bronnen van magneetvelden en situaties (bestaande en toekomstige) onder zullen vallen. Dus ook een onderstation zoals OS Slotterplas.

In de adviesstukken van het toekomstige beleid stelt men voor om een ALARA-principe (As Low As Reasonable Achievable) te hanteren i.p.v. van de harde grens van 0,4 microTesla. Hierbij worden per componenttype en spanningsniveau een brandbreedte meegegeven waarin maatregelen dienen worden genomen. Bij middenspanningsruimtes (MSR) waaronder het onderstation valt is de bandbreedte 2 tot 4 meter tot de buitenmuur van het gebouw. Hierbij wordt 2 meter gezien als de afstand tot woningen die altijd vermeden moet worden en 4 meter de afstand waarbij geen maatregelen benodigd zijn. Tussen de band van 2 en de 4 meter dienen bron-maatregelen te worden genomen.

De woningen in het meest nabij gelegen gebouw t.o.v. het OS Slotterplas bevinden op 11,25 meter hoogte of hoger. Met deze hoogte vallen de woningen buiten beide AMM-afstanden, waardoor er geen verdere maatregelen nodig zijn. De situatie voldoet hiermee ook aan de huidige adviesstukken van het toekomstige beleid.

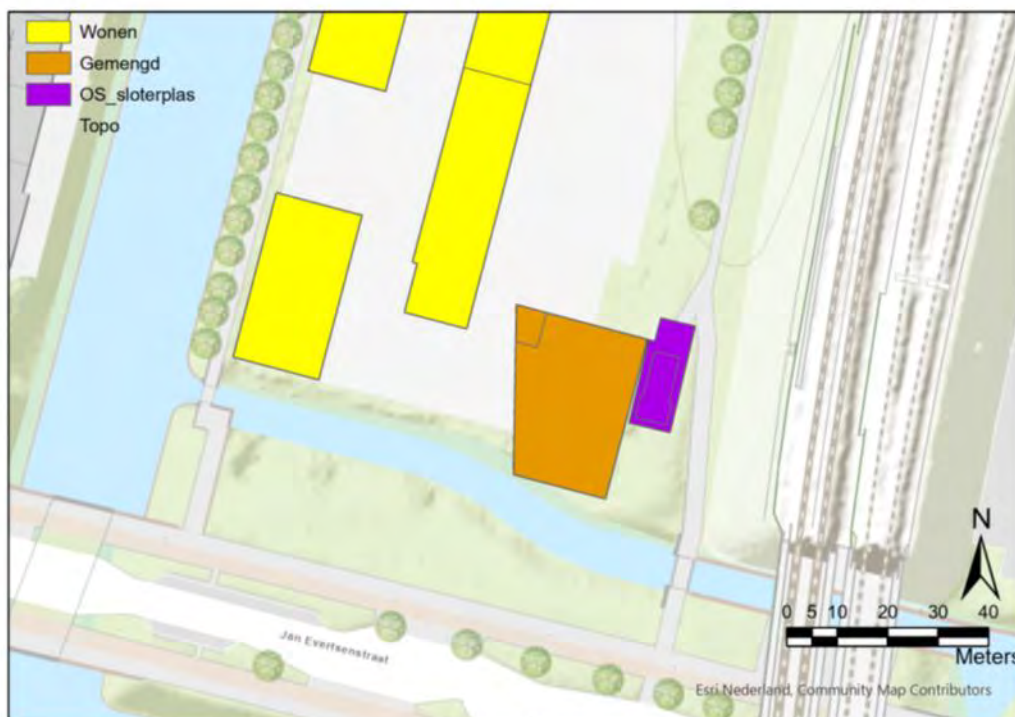
Inhoudsopgave

Samenvatting en conclusies	2
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 Leeswijzer	5
2 Inleiding elektrische grootheden	6
2.1 Inleiding elektrische grootheden	6
2.2 Magneetvelden	6
2.3 Magnetische velden nabij het onderstation	7
3 Relevante normen en richtlijnen	8
3.1 Inleidingen type normen	8
4 Magneetveldberekeningen	11
4.1 Inleiding	11
4.1 Wisselspanningsbronnen	12
4.2 Gelijkspanningsbronnen	13
4.3 RF bronnen	14
4.4 Langdurig gemiddelde magneetvelden	15
5 Toekomstige beleid magneetvelden	16
Referenties	18
Bijlage I: Technische achtergronden en uitgangspunten berekeningen	19
Bijlage II: Lay-out station	23

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De gemeente Amsterdam is bezig met het opstellen van een bestemmingsplan voor de Jan Evertsenstraat – West, deelgebied Tennispark. De gemeente Amsterdam beoogt om samen met een projectontwikkelaar 565 woningen te realiseren in het deelgebied Tennispark. Direct naast de geplande woningbouw project staat een onderstation van de spoorwegbeheerder ProRail, betreffend OS Slotterplas. In Figuur 1 is de toekomstige situatie weergegeven. OS Slotterplas van ProRail is weergegeven in het paars en de gebouwen die onderdeel zijn van het woningbouwproject zijn weergegeven in het oranje (plangebouw T) en geel.



Figuur 1: De toekomstige situatie omtrent de gebouwligging.

Op advies van de GGD vraagt u aan Krado om de gezondheidsrisico's m.b.t. magneetvelden inzichtelijk te maken

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is er inleiding gegeven in de materie

In hoofdstuk 3 zijn de relevante normen en richtlijnen omtrent magneetvelden samengevat.

In hoofdstuk 3 zijn de magneetveldberekeningen weergegeven.

In hoofdstuk 5 wordt een doorkijk gegeven naar het toekomstige beleid omtrent magneetvelden.

2 Inleiding elektrische grootheden

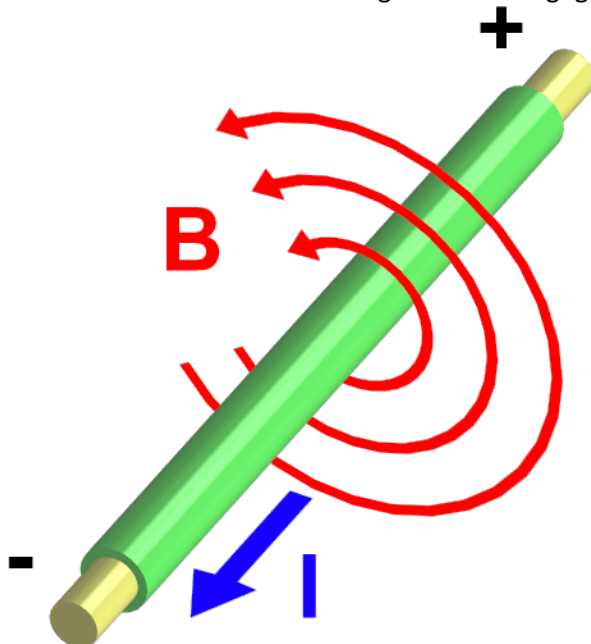
2.1 Inleiding elektrische grootheden

Er bestaan twee soorten spanningen; wisselspanningen en gelijkspanning. Bij wisselspanning wisselt de elektrische spanning periodiek tussen positieve en negatieve waarden. Dit gebeurt met een bepaalde frequentie; dit is het aantal keer per seconde dat de spanning van waarde wisselt. De stopcontacten in Nederland leveren wisselspanning van 230 Volt met een frequentie van 50 Hz. Bij gelijkspanning houdt de elektrische spanning eenzelfde waarde aan. Apparaten zoals, laptops, mobiele telefoons en scheerapparaten, werken met deze spanning. Om deze elektrische apparaten met gelijkspanning te kunnen voeden wordt de wisselspanning uit het stopcontact omgevormd tot gelijkspanning via een adapter of oplader. Analoog aan onze huisinstallatie wordt het onderstation Sloterplas ook voorzien met wisselspanning. Deze wisselspanning wordt op het station omgevormd tot gelijkspanning zodat de treinen zich kunnen voortbewegen.

Om energie te kunnen verplaatsen, en je mobiel op te laden of treinen te kunnen voortbewegen, heb je naast spanning ook stroom nodig. Stroom gaat pas lopen wanneer je een fysieke verbinding hebt met spanningsbron. In een huisinstallatie maak je deze fysieke verbinding bijvoorbeeld wanneer je de stekker van een lamp in het stopcontact stopt. Hiermee kan de energie verplaatst worden en schijnt de lamp. Bij treinen maakt een stroomafnemer boven de trein contact met de draden die je boven het spoor ziet hangen. Met deze fysieke verbinding kan stroom worden geleverd aan de trein, waarmee de trein zich voort kan bewegen.

2.2 Magneetvelden

In de natuurkunde gaan elektrische stromen altijd samen met magnetische velden. Een stroom door een verbinding gaat altijd gepaard met een magnetisch veld rondom deze verbinding, zie ook Figuur 2 ter illustratie. De stroom in Figuur 2 is weergegeven in het blauw en de magneetvelden in het rood.



Figuur 2: Illustratie stromen en magnetische velden¹

¹ Plaatje van Wikimedia Commons (the free media repository).

Link: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetism.png>

Niet alle magnetische velden zijn schadelijk of ongezond. De potentiële schadelijkheid van een magnetisch veld hangt af van sterkte van het veld en de frequentie van het veld. De sterkte van het magneetveld is de kracht die het veld uitoefent op de omgeving. Denk hierbij aan magneten; sommigen magneten hebben een grotere aantrekkingskracht op (bijvoorbeeld) ijzeren objecten dan andere magneten. De frequentie van het magneetveld is afhankelijk van de samenhangende frequentie van de stroombron; een 50 Hz stroom wordt omgeven door ook een 50 Hz magneetveld.

2.3 Magnetische velden nabij het onderstation

Zoals beschreven bij paragraaf 2.1 worden de treinen nabij OS Slotterplas gevoed met gelijkspanning, dit betreft 1500 V. Net als bij de elektrische apparaten thuis, wordt een wisselspanning omgevormd tot gelijkspanning. Hierdoor zullen er ook wisselspanningsspanningen en -stromen aanwezig zijn op het OS-terrein. Daarnaast kunnen er nog magneetvelden van hogere frequenties aanwezig zijn in het onderstation. Deze hogere frequenties worden veroorzaakt door onder andere ruis van de omvormer (van a.c. naar d.c.).

Al deze bronnen en verschillende frequenties zijn in het voorliggende document beoordeeld.

3 Relevante normen en richtlijnen

3.1 Inleidingen type normen

Voor blootstelling van personen aan magneetvelden zijn er op Europees niveau meerdere normen en richtlijnen vastgesteld. De meeste normen en richtlijnen gaan uit van *momentane waarden*. De momentane waarde is een maximum waarde die op elk moment in de tijd kan optreden en kan direct effect hebben op de gezondheid. Daarnaast heeft Nederland op nationale niveau, specifiek voor hoogspanningslijnen met een spanning van meer dan 50 kV, een voorzorgbeleid voor *langdurige gemiddelde waarden*.

3.2 Momentane limieten en grenswaardes

De negatieve gezondheidseffecten van deze momentane waardes zijn goed onderzocht en vastgelegd in publicatiebladen van de Europese Unie. De bron van de publicatiebladen van de Europese Unie is vaak de *ICNIRP*, oftewel de 'International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection'.

In de Europese publicatiebladen wordt onderscheid gemaakt tussen de algemene bevolking en de beroepsbevolking. Hierbij wordt de algemene bevolking gezien als een groep met diverse fysieke gezondheden die niet bewust zijn van de mogelijke risico's. In tegenstelling tot de beroepsbevolking die wel bewust zijn van de mogelijke risico's, waardoor hogere limieten voor de blootstelling zijn toegestaan.

Statische magneetvelden (0 Hz)

Voor statische magneetvelden (0 Hz) zijn de volgende limieten vastgesteld [1] [2] [3]:

- Algemene bevolking: 0,2 Tesla (200 000 microTesla).
- Beroepsbevolking: 2 Tesla (2000 000 microTesla).

De gezondheidseffecten treden pas op vanaf 2 Tesla, deze effecten betreffen draaiduizeligheid en misselijkheid. Voor de algemene bevolking wordt een ruime veiligheidsmarge gehanteerd voordat deze effecten kunnen optreden. Voor de beroepsbevolking wordt geen veiligheidsmarge gehanteerd, dit komt doordat de gezondheidseffecten niet-onomkeerbaar zijn. M.a.w. het levert geen blijvende gezondheidsschade op. Hierbij is het uitgangspunt ook nog dat de beroepsbevolking op de hoogte is van de gezondheidseffecten.

Laagfrequent magneetvelden (1 Hz – 100 kHz)

Voor laagfrequent magneetvelden hangt het vastgestelde limiet van de frequentie van het magneetveld af. Gemakshalve is hieronder alleen het limiet voor 50 Hz beschreven, gezien deze frequentie hoofdzakelijk voorkomt in het onderstation.

Voor 50 Hz magneetvelden zijn de volgende limieten vastgesteld [2] [3] [4]:

- Algemene bevolking: 100 microTesla
- Beroepsbevolking: 1000 microTesla

Gerelateerde gezondheidseffecten voor 50 Hz magneetvelden zijn het zien van lichtverschijnselen (retinale fosphenen). Deze lichtverschijnselen kunnen ook voorkomen direct na het kijken in een felle bron, zoals een de zon of een felle lamp. Qua veiligheidsmarge geldt hetzelfde als bij statische velden; voor beroepsbevolking wordt er geen veiligheidsmarge gehanteerd omdat de

lichtverschijnselen geen permanente gezondheidsschade opleveren. Bij de algemene bevolking is er wel een ruime veiligheidsmarge genomen.

NB rond de 100 kHz kan er nog een effect optreden, namelijk zenuwstimulatie. Dit kan een tintelend gevoel geven in de ledematen. Echter, speelt dit effect pas een rol bij veel hogere frequenties dan 50 Hz.

Radiofrequent magneetvelden (100 kHz – 300 GHz)

Aansluitend op de laagfrequent magneetvelden volgen de radiofrequent (RF) magneetvelden, dit betreffen frequenties van 100 kHz tot 300 GHz. Deze frequenties en bijhorende apparatuur zijn niet zo zeer gerelateerd aan energie transport en energievoorziening. Deze frequenties behoren meer toe tot telecommunicatie applicaties, waarbij apparatuur zoals mobiele telefoons, radio, televisie en internet (wifi) wordt gebruikt.

Desalniettemin, kunnen deze frequenties in beperkte vorm voorkomen in een onderstation. De bron van deze radiofrequente magneetvelden is ruis dat ontstaat bij het omvormen van wisselspanning naar gelijkspanning en communicatieapparatuur dat aanwezig is in het onderstation.

Voor de radiofrequent band geldt, net als bij de laagfrequente band, dat de limieten die door de Europese Unie zijn gepubliceerd afhankelijk zijn van de frequentie.

Voor RF magneetvelden zijn de volgende limieten vastgesteld [5]:

- Algemene bevolking:
 - o Voor de band 100 kHz – 30 MHz zijn de limieten: $4,9/f_m$ (A/m)
 - o Voor de band 30 kHz – 400 MHz zijn de limieten: 0,163 (A/m)
 - o Voor de band 400 MHz – 2 GHz zijn de limieten: $0,0123 f_m^{0,43}$ (A/m)
- Beroepsbevolking:
 - o Voor de band 100 kHz – 30 MHz zijn de limieten: $10,8/f_m$ (A/m)
 - o Voor de band 30 kHz – 400 MHz zijn de limieten: 0,36 (A/m)
 - o Voor de band 400 MHz – 2 GHz zijn de limieten: $0,0274 f_m^{0,43}$ (A/m)

Deze limieten worden bij de resultaten ook in visuele vorm weergegeven.

Tussen 2 - 300 GHz zijn de limieten gebaseerd op hoeveel energie een elektromagnetische golf hebben. Gezien in het onderstation wij geen hogere frequenties dan 2 GHz verwachten, is dit voor ons niet van belang.

3.3 Langdurige gemiddelde limieten

Aanvullend op de publicatiebladen van de Europese Unie, heeft Nederland op nationaal een voorzorgbeleid ingevoerd m.b.t. langdurige gemiddelde waarden. Andere Europese landen, zoals Duitsland, hebben geen aanvullend voorzorgbeleid t.a.v. langdurige gemiddelde limieten. Het voorzorgbeleid is alleen van toepassing op hoogspanningslijnen met een spanningen van 50 kV of hoger [6].

De achtergrond van het voorzorgbeleid zijn een aantal epidemiologische studies waarbij men op zoek was naar de leefomstandigheden waarin mensen met een bepaalde vorm van kanker leven. Bij deze studies is een lichte statische associatie gevonden tussen gezinnen die nabij hoogspanningsverbindingen wonen en kinderleukemie. Deze lichte associatie kan vertaald worden naar ongeveer 1 extra kind met kinderleukemie per 2 jaar, uitgaande dat 3 miljoen kinderen leven in Nederland. Oorzakelijk bewijs tussen magneetvelden en kinderleukemie is nooit gevonden, ondanks dat er ruim 40 jaar aan onderzoek is gedaan.

Op basis van de epidemiologische studies zijn studies in het lab geïnitieerd waarin men wel naar een direct verband zocht tussen kinderleukemie en magneetvelden. In deze lab studies werden alle andere mogelijke omgevingsfactoren weggehaald, en werden dieren en vrijwilligers blootgesteld aan extreem hoge magneetvelden, vele malen hoger dan waarin kinderen nabij een hoogspanningsverbinding aan werden blootgesteld. Op basis van de lab experimenten is geen verband gevonden tussen magneetvelden en kanker, ondanks dat er ruim 40 jaar aan onderzoek is gedaan [7]. Door het ontbreken van wetenschappelijke aangetoonde verbanden heeft ICNIRP geen internationale limieten opgesteld.

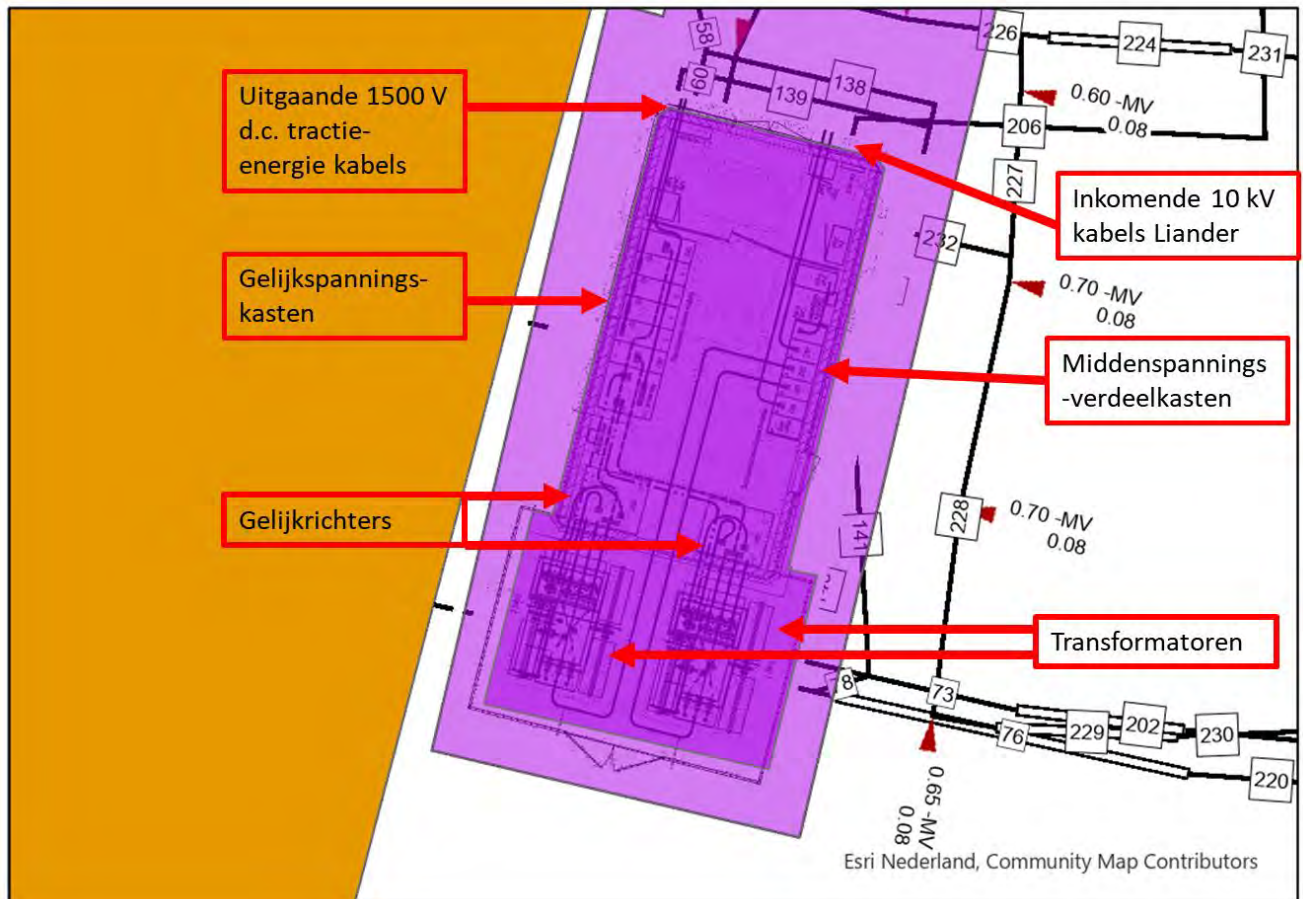
Voor onderstations en middenspanningskabels is het voorzorgbeleid in principe niet van toepassing, gezien in de epidemiologische studies alleen een statistische associatie is gevonden met hoogspanningslijnen (50 kV en hoger) en niet met onderstations of middenspanningskabels. Echter heeft de gemeente Amsterdam samen met de GGD besloten om het voorzorgbeleid ook toe te passen op andere bronnen van magneetvelden. Zie hoofdstuk 4.4 voor de resultaten van deze berekening.

NB Het voorzorgbeleid is wel in ontwikkelingen, in hoofdstuk 5 wordt hier mee informatie over gegeven. Uit de adviesstukken volgt dat in toekomstige beleid de intentie is om het beleid uit te breiden naar alle componenten die een magnetische veld hebben, dus ook het onderstation Slotterplas.

4 Magneetveldberekeningen

4.1 Inleiding

Voor het bepalen van de potentiële bronnen van magneetvelden zijn de online toegankelijke bronnen van ProRail geraadpleegd [8] [9]. Een lay-out van het station is ook weergegeven in de bijlage II. De magneetveldbronnen en de indeling van het onderstation is in Figuur 3 ingetekend in de overzichtstekening van de toekomstige situatie.



Figuur 3: Indeling station nabij ingetekend

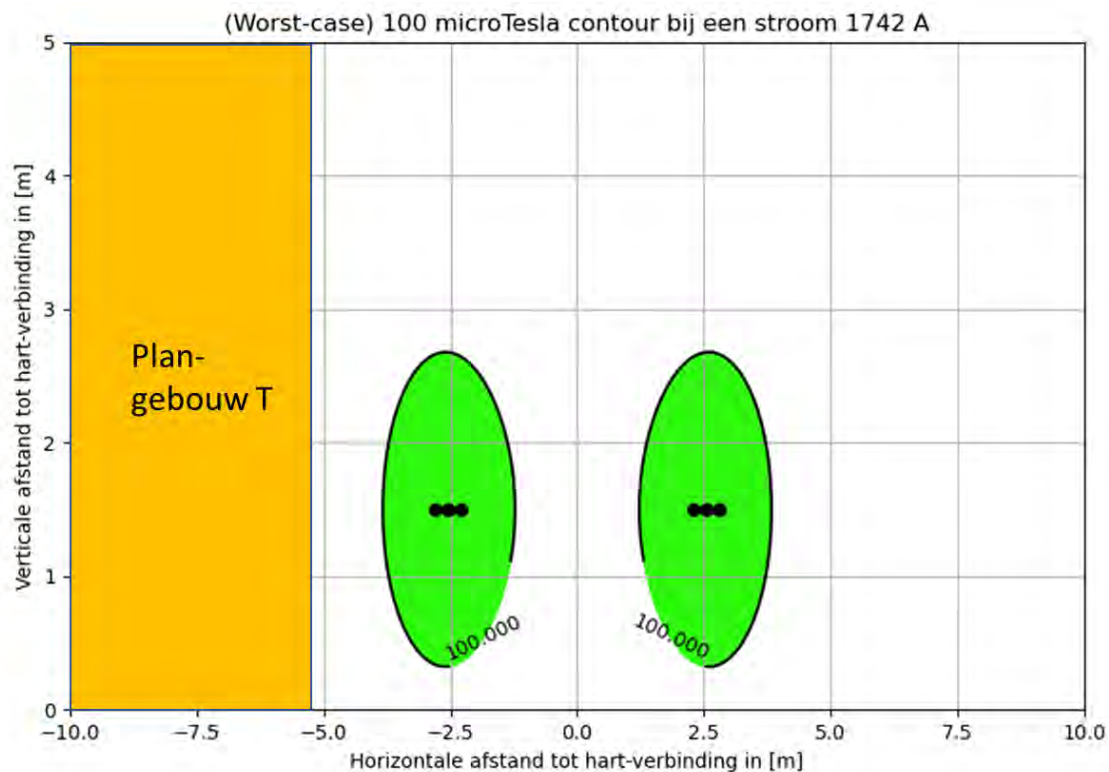
Het onderstation kan onverdeeld worden in verschillende bronnen van magneetvelden. Dit onderscheidt wordt gemaakt in lijn met categorieën in paragraaf 3.2:

- 50 Hz Wisselspanningsbronnen: dit betreffen de inkomende 10 kV kabel van Liander, de middenspanningsverdeelkasten (MS verdeelinrichting) en de transformatoren;
- Gelijkspanningsbronnen: dit betreffen de gelijkspanningskasten en de uitgaande 1500 V tractie-energie kabels.
- RF bronnen: de gelijkrichters en de transformatoren kunnen ruis veroorzaken.

4.1 Wisselspanningsbronnen

De 50 Hz wisselspanningscomponenten bevinden zich voornamelijk aan de oostzijde in het ProRail onderstation. Waardoor de afstand tussen de wisselspanningscomponenten en de het gebouw relatief groot is. De maatgevende component, t.a.v. 50 Hz magneetvelden, zijn de transformatoren en dan specifiek de secundaire-zijde van de transformatoren omdat hier de stroom het grootst is. De secundaire-zijde is het gedeelte tussen de gelijkrichters en de transformatoren.

Voor deze secundaire-zijde is een worst-case berekening uitgevoerd, waarbij de maximale stromen in dezelfde richting lopen. Het resultaat van de deze worst-case berekening is weergegeven in Figuur 4.



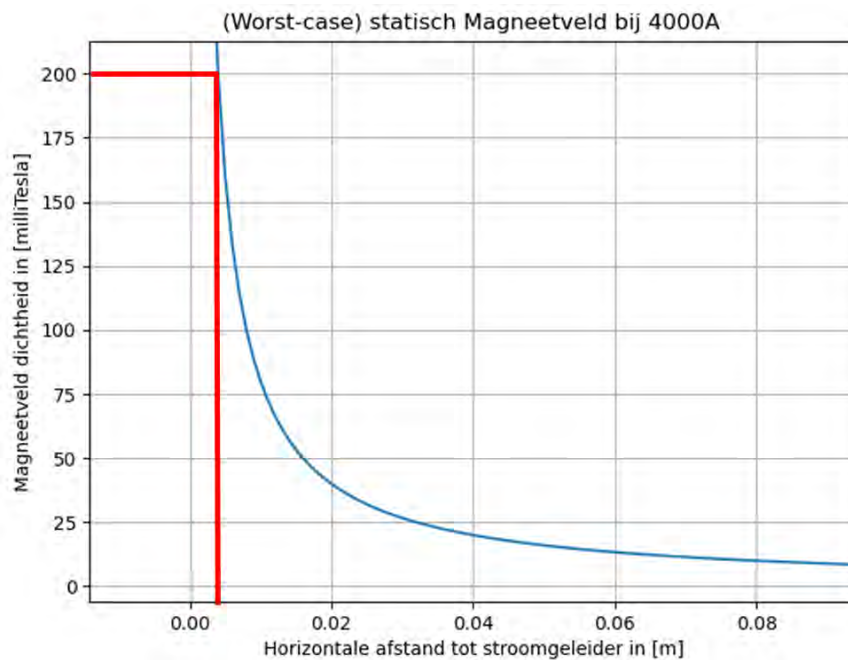
Figuur 4: Worst-case berekeningen van de 50 Hz magneetvelden

In Figuur 4 is te zien dat de 100-microTesla contouren (de groene contouren) niet reiken tot het oranje gebouw (plangebouw T). Waardoor er t.a.v. momentane maximale 50 Hz magneetvelden geen gezondheidsrisico's optreden.

4.2 Gelijkspanningsbronnen

De gelijkspanningsverdeelkasten bevinden zich aan de westzijde van het gebouw, waardoor deze zich wel direct grenzend aan plangebouw T bevinden. De minimale veilige waarden van de statische magneetvelden zijn echter hoger, namelijk tot 200-milliTesla.

In Figuur 5 is uitgerekend op welke afstand de veilige waarde van 200-milliTesla ongeveer wordt bereikt. Wederom is het onderstaande figuur tot stand gekomen door worst-case aanname, namelijk: het hanteren van de theoretische maximale stroom, geen demping door andere geleiders en geentegenovergestelde stroomrichtingen.

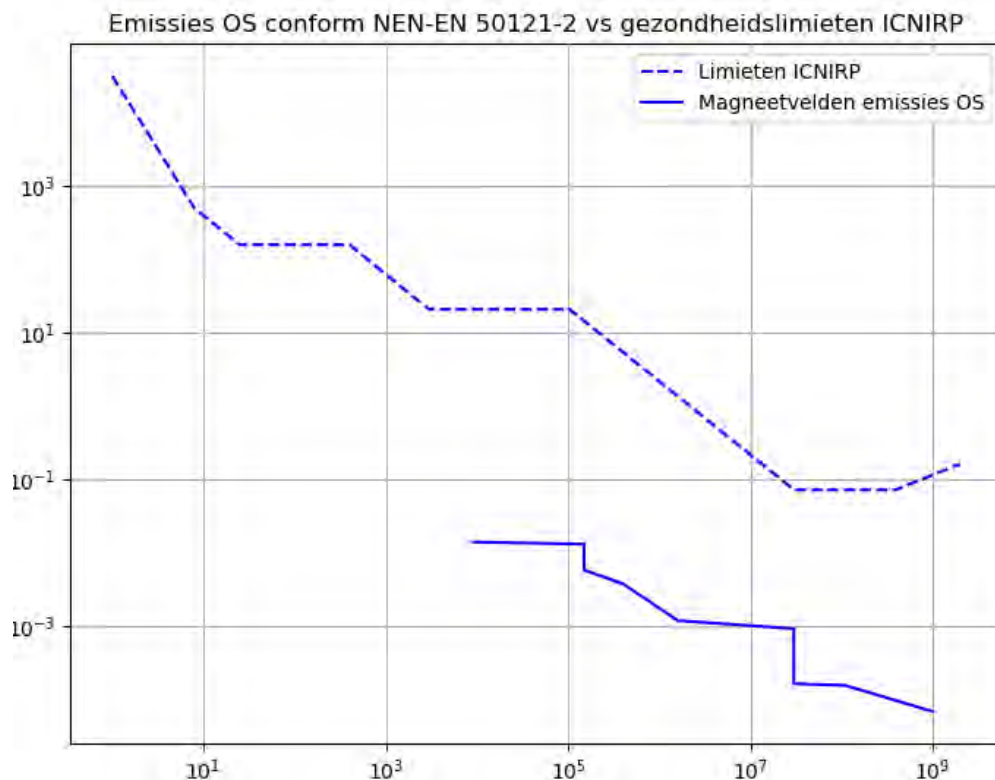


Figuur 5: worst-case berekening van de statische magneetvelden

In Figuur 5 is te zien dat al na 5 millimeter vanaf de geleiders de magneetvelden binnen de veilige limieten vallen. Waardoor er t.a.v. momentane statische magneetvelden geen gezondheidsrisico's optreden.

4.3 RF bronnen

De maximaal toegestane RF magneetvelden (emissies) van een spoorweg onderstation zijn beschreven in de Europese spoornorm [10]. De RF emissies zijn in de Europese norm weergegeven op een afstand van 10 meter, maar kunnen aan de hand van een aantal omrekenfactoren ook voor andere afstanden worden berekend. In bijlage I is de rekenexercitie weergegeven waarmee de RF limieten zijn omgerekend voor de locatie specifieke afstanden voor de Jan Evertsenstraat – West, deelgebied Tennispark (plangebouw T). De resultaten van de berekening zijn in Figuur 6 weergegeven met de ononderbroken lijn. In Figuur 6 zijn de veilige gezondheidslimieten van de ICNIRP van paragraaf 3.2 weergegeven met de gestreepte lijn.



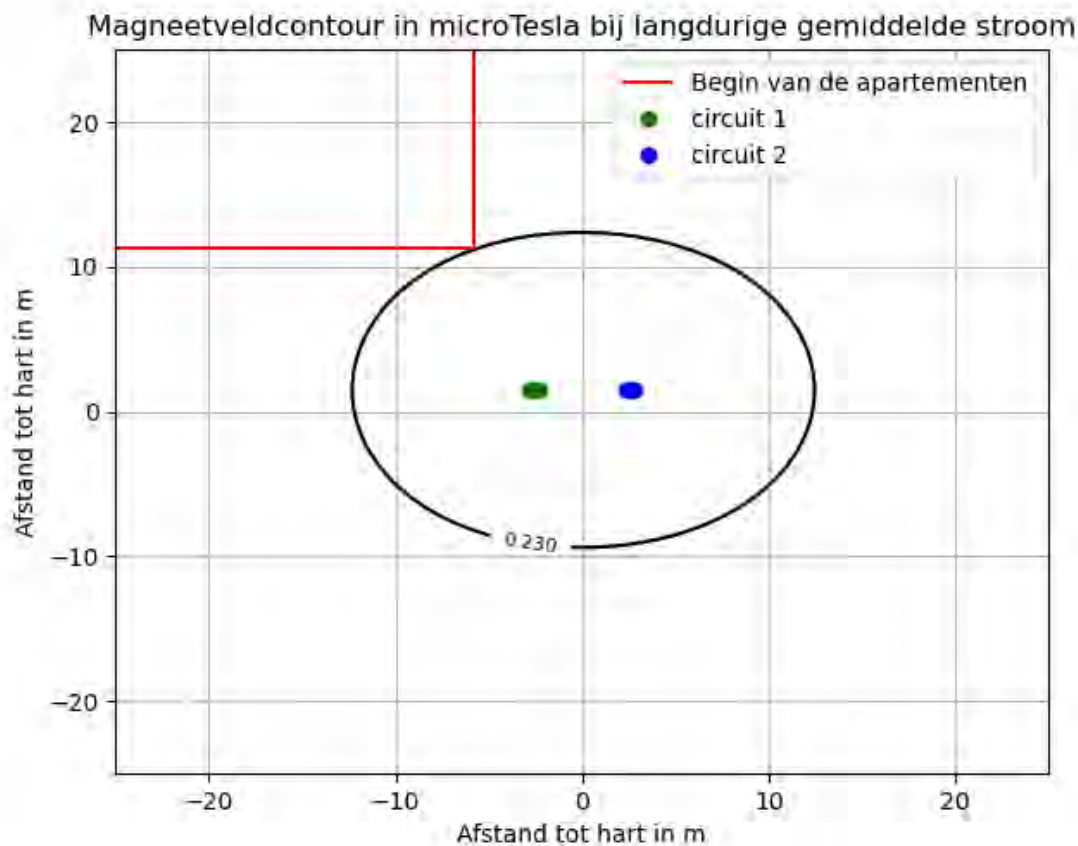
Figuur 6: De maximaal toelaatbare emissies van het onderstation conform NEN-EN 50121-2 vs gezondheidslimieten ICNIRP

In Figuur 6 is te zien dat de maximaal toelaatbare magneetvelden (de ononderbroken lijn) zich onder de limieten van de ICNIRP bevinden (de gestreepte lijn). Waardoor er t.a.v. momentane RF magneetvelden geen gezondheidsrisico's optreden.

4.4 Langdurig gemiddelde magneetvelden

Het voorzorgbeleid m.b.t. de langdurig gemiddeld magneetvelden is alleen van toepassing op locaties waar kinderen langdurig aanwezig kunnen zijn, zoals woningen en kinderdagverblijven. De woningen in plangebouw T beginnen op een hoogte van 11,25 meter. Op deze hoogte (11,25 meter) is de magneetveldsterkte berekend. Zoals de vorige berekeningen, is deze berekening ook tot stand gekomen o.b.v. worst-case uitgangspunten. Dit houdt in dat in de werkelijkheid de resultaten gunstiger zijn dan hieronder weergegeven.

De resultaten van de langdurig gemiddelde berekening zijn weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7: Resultaten langdurig gemiddelde berekening

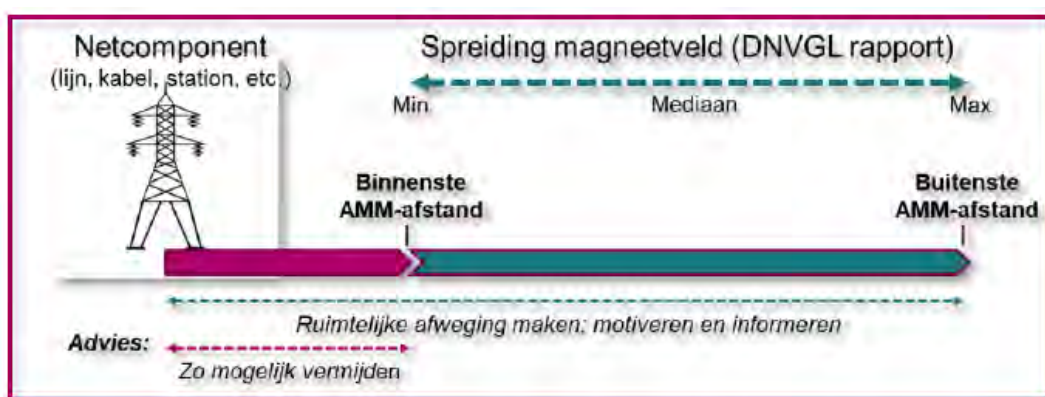
In Figuur 7 is te zien dat ter plaatse van de woningen de langdurig gemiddelde magneetveldsterkte circa 0,23 microTesla is. Hiermee wordt (ruim) voldaan aan de advieswaarde in het voorzorgbeleid van 0,4 microTesla. Er zijn geen aanvullende maatregelen nodig t.a.v. langdurig gemiddelde magneetvelden.

5 Toekomstige beleid magneetvelden

Het voorzorgbeleid voor de specifieke magneetveldzone is op het moment van schrijven aan het wijzigingen. Op 1 oktober 2019 heeft de toenmalige minister van economische zaken en klimaat een adviesbrief van de heer Co Verdaas ingebracht in de kamer [11]. Navolgend op dit advies heeft Lysias een onderbouwend advies opgesteld over de wijze waarop de overheid en andere betrokkenen om kunnen gaan met magneetvelden bij en rondom de openbare elektriciteitsvoorziening [12].

In de stukken [11] [12] wordt een ALARA-principe (As Low As Reasonably Achievable) beschreven voor de toekomstige invulling van het voorzorgbeleid. In het advies van Co Verdaas [11] wordt het advies gegeven om het toekomstige voorzorgbeleid toe te passen op alle bronnen van magneetvelden. Waaronder ook het ProRail onderstation Sloterplas.

In het advies van Lysias is de praktische invulling van het advies van Co Verdaas [12] nader uitgewerkt. In het advies van Lysias wordt een bandbreedte genoemd tot laag, midden en hoogspanningscomponenten waarin maatregelen nodig zijn. De minimale afstand, in het advies beschreven als de 'Afweging Mogelijke Maatregel (AMM) binnen afstand', is de afstand waarbinnen de jaargemiddelde magneetveldsterke vrijwel zeker hoger is dan 0,4 microTesla. De tweede afstand, de 'AMM-afstand buiten', begrenst de band waarbinnen de magneetveldsterkte jaargemiddeld hoger kan zijn dan 0,4 microTesla, maar ook lager. Buiten de band behoeven er gaan afwegingen worden gemaakt. Zie ook Figuur 8 en Figuur 9 voor een overzicht van de afstanden (uit [12]).



Figuur 8: Concept van de binnenste en buitenste AMM-afstanden

Component		AMM-afstand [meter]		
		Binnen	Buiten	
HS-lijnen	50 kV	20	50	vanaf hart totale trace
	110 kV - 150 kV	30	120	
	220 kV - 380 kV	50	140	
Opstijgpunten	50 kV	20	50	vanaf hart opstijgpunt
	110 kV - 150 kV	30	120	
	220 kV - 380 kV	50	140	
HS-stations	50 kV ≤ hoogste spanning < 110 kV	5	25	vanaf 'buiten- muur' station
	hoogste spanning ≥ 110 kV	20	50	
Kabels	400 V - 20 kV	0	0	vanaf buiten- ste kabel
	50 kV	0	10	
	110 kV - 380 kV	5	20	
MSR	Alle vermogens	2	4	vanaf 'buiten- muur' MSR

Figuur 9: AMM-afstanden per component type

Het onderstation Sloterpas valt onder een Middenspanningsruimte (MSR), waarvoor een minimale afstand (AMM-binnen) geldt van 2 meter en een veilige afstand (AMM-buiten) van 4 meter. Deze afstanden zijn vanaf de buitenmuur van de MSR. Gezien de woningen in plangebouw T beginnen op circa 11,25 meter hoogte [14], wordt er voldaan aan de AMM-afstanden en zijn er geen extra maatregelen noodzakelijk.

Referenties

[1]	ICNIRP Guidelines on limits on exposure to static magnetic fields, Health Physics 96(4):504-514; 2009
[2]	Richtlijn 2013/35/EU , (26 juni 2013) Betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysieke agentia (elektromagnetische velden). Met de richtlijn werd richtlijn 2004/40/EG ingetrokken.
[3]	Aanbeveling van de raad van 12 juli 1999 betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan de elektromagnetische velden van 0 Hz – 300 GHz
[4]	ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (up to 300 GHz), Health Physics 74(4):494-522; 1998
[5]	ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz), Health Physics 118(5): 483–524; 2020
[6]	Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen, ministerie van VROM, 2005
[7]	Cigre, 50-60 Hz magnetic fields and cancer, forty years of research: it is time to reassure, Workgroup Cigre C3
[8]	ProRail, Kabelplan os Sloterpas, As-built, tekeningnummer: 001512003
[9]	ProRail Kabelsituatie Amsterdam Sloterdijk – Asd Riekerpolder, tekeningnummer: 000903524
[10]	IEC NEN-EN 50121-2, Spoorwegen en soortgelijk geleid vervoer – Elektromagnetische compatibiliteit – Deel 2: Emissie van het gehele vervoersysteem naar de buitenwereld, april 2015
[11]	Co Verdaas, Advies Voorzorgbeleid Hoogspannings & Gezondheid, mede op basis van een stakeholdersdialoog, mei 2019
[12]	Advies nieuw voorzorgbeleid elektriciteit en gezondheid, Lysias, kenmerk: A19RVO - 100
[13]	J.J. Goedbloed, Elektromagnetic Compatibility, Prentice Hall, New York 1992
[14]	Bijlage 8.1 - Toren plattegronden, gevel, doorsneden d.d. 24-12-2021

Bijlage I: Technische achtergronden en uitgangspunten berekeningen

De gedane berekeningen zijn gedaan m.b.v. het rekenmodel Krado2D, dit rekenmodel is in-house door Krado zelf ontwikkeld en is gevalideerd bij het RIVM t.a.v. berekeningen van de specifieke magneetveldzone.

Paragraaf 4.1:

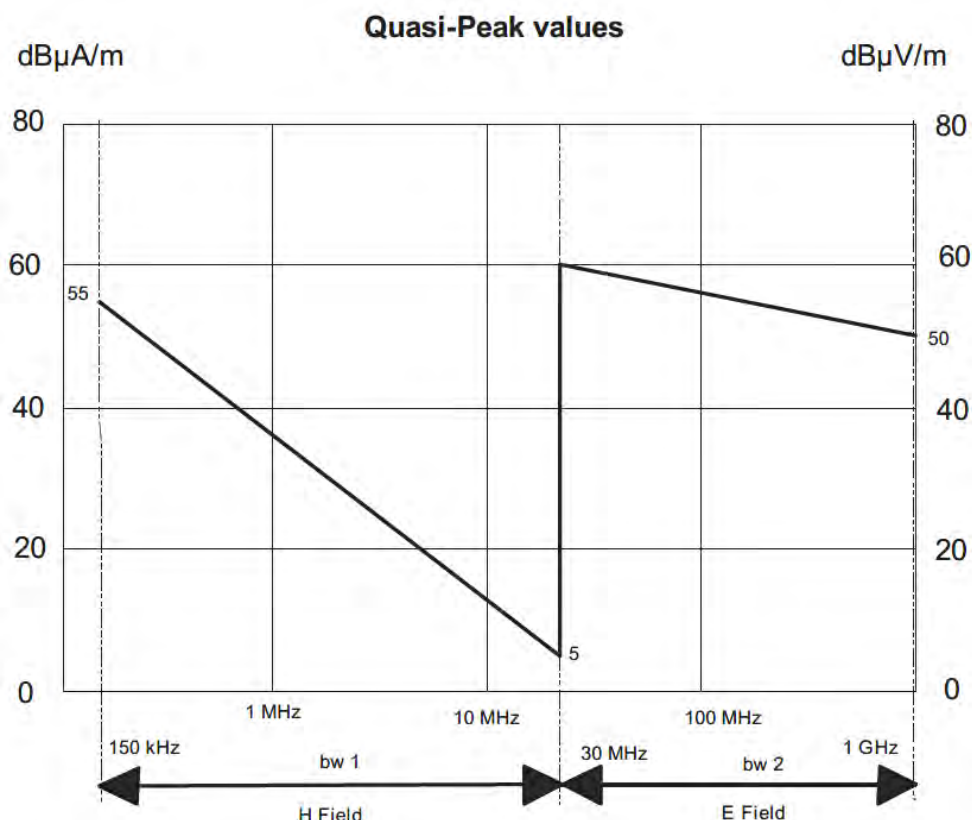
Voor de berekening van de stroom door de secundaire-zijde, is de maximale stroom als volgt bepaald. Het vermogen aan de secundaire kant van de transformatoren is 4000 kVA en de nominale spanning is 1326 Volt.

Paragraaf 4.2:

Er is berekend met een maximale (d.c.) stroom van 4000 Ampère. Deze maximale waarde is terug te vinden in de ProRail netverklaringen.

Paragraaf 4.3 (RF bronnen)

Voor een onderstation zijn voor het frequentiebereik 150 kHz – 1 GHz de volgende limieten weergegeven in de Europese spoornorm [9]. Zie ook Figuur 10.



Figuur 10: Emissie limieten NEN-EN 50121-2

Aanvullend aan het 'normatieve' deel van de norm heeft de norm in bijlage C ook 'informatief' deel. In dit informatieve deel staan de emissielimieten van 9 kHz tot 150 kHz beschreven. Zie figuur C.2. in

de NEN-EN 50121-2 [10]. Dit informatieve deel van de norm is ook meegenomen in de voorliggende reken exercitie.

Om de RF emissie limieten te kunnen vergelijken met de immuniteitswaarde van de mens (zie ook paragraaf 3.2) zijn een aantal correcties en transformaties nodig:

- De RF emissie limieten zijn in het bovenstaande figuur weergegeven op een afstand van 10 meter. Locatie specifiek kan deze afstand minder zijn, tot 1 meter afstand.
- De RF limieten zijn gemeten met drie verschillende antennes. Waardoor er sprongetjes gemaakt worden op de grensgebieden, zoals bij 30 MHz. De invloed van de antenne op de emissie limieten dienen gecorrigeerd te worden.
- De immuniteit van de mens voor RF emissies zijn weergegeven in de eenheden; A/m en V/m. De emissie limieten in het grafiek zijn weergegeven in de eenheden; dB microV/m en dB microA/m

Omrekenen emissies limieten op een afstand van 1 meter.

Om de afstand te corrigeren schrijft de NEN-EN 50121-2 de volgende formule voor:

$$E_{10} = E_x + n * 20 * LOG \left(\frac{D}{10} \right)$$

Waarbij,

E_{10} de emissie waarde is in dB bij 10 meter,

E_x de emissie waarde is in dB bij een afstand van D meter,

n een correctiefactor

De formule kan als volgt herschreven worden in lineaire schaal:

$$E_{10_lin} = E_{x_lin} \cdot \left(\frac{D}{10} \right)^n$$

De correctiefactor n geeft aan met welke exponent de emissies uitdempen bij een grotere afstand dan 10 meter, of toenemen indien de afstand minder groot is dan 10 meter.

Frequentieband in [Hz]	n
0,15 MHz tot 0,4 Mhz	1,8
0,4 MHz tot 1,6 Mhz	1,65
1,6 MHz tot 110 Mhz	1,2
110 MHz tot 1000 Mhz	1,0

Correcties t.a.v. verschillende antenne types

De curves in Figuur 8 zijn gemeten met drie verschillende antennes met drie verschillende antennes en meetbandbreedtes, namelijk:

1. Frequenties 9 kHz – 150 kHz → H-veld meeting met bandbreedte 200 Hz.
2. Frequenties 150 kHz - 30 MHz → H-veld meeting met bandbreedte van 9 kHz.
3. Frequenties 30 MHz – 1 GHz → E-veld meeting met bandbreedte van 120 kHz.

Indien over de banden wordt gerekend met een uniforme relatieve bandbreedte van 1% dan krijgen wij een eerlijke vergelijking van de energie inhoud per frequentiepunt. Daarnaast is het hanteren van een waarde van 1% worst-case vergelijken met de relatieve bandbreedte die in de norm wordt gehanteerd.

Om de absolute bandbreedte te corrigeren naar relatieve bandbreedte wordt de volgende correctiefactor (CF) toegepast. Hierbij is $BW_{absoluut}$ de absolute bandbreedte van de antenne in de norm (dus: 200 Hz, 9 kHz of 120 kHz).

$$CF = \frac{BW_{relatief}}{BW_{absoluut}} = \frac{f_{meet} \cdot 0,01}{BW_{absoluut}}$$

Verre veld en nabijheidveld

In de norm wordt er in de frequentieband 30 MHz – 1 GHz gemeten met een E-veld antenne. De gemeten elektrische veldsterkte kunnen worden vertaald naar H-velden (magnetische velden) m.b.v. de golf impedantie Z :

$$H(f) = \frac{E(f)}{Z}$$

Voor het verre veld is de golfimpedantie 377 Ohm. Voor nabijheidsvelden is het uitgangspunt dat het hier een H-veld dipool betreft, hiervoor geldt in Goedbloed [13]:

$$Z_h = 2\pi f \mu_0 r$$

Hierbij is μ_0 de magnetische permeabiliteit en r de afstand tussen het OS en het gebouw (1 meter).

Paragraaf 4.4 (langdurig gemiddelde stromen)

Afschatting langdurige gemiddelde stroom

Voor de berekening is uitgegaan dat OS Sloterpas circa 6 km spoor voedt, dit is afschatting o.b.v. de afstand van de nabij liggende onderstations. Een trein die zich voortbeweegt met 130 km/uur doet ongeveer 2 minuten en 46 seconden over 6 km spoor. Uitgaande van 6 treinen per uur, wordt elk spoor circa 16 minuten en 36 seconden gevoed vanuit OS Sloterpas. Hiermee wordt per dienstregeling uur elk spoor 28% van de tijd gevoed. Tussen 00:00-06:00 rijden er echter geen treinen, hierdoor wordt per dag het spoor 21% van de tijd gevoed door het OS. Voor het bepalen van de langdurig gemiddelde stroom is de factor 0,21 vermenigvuldigd met maximale stroom (zie paragraaf 4.1).

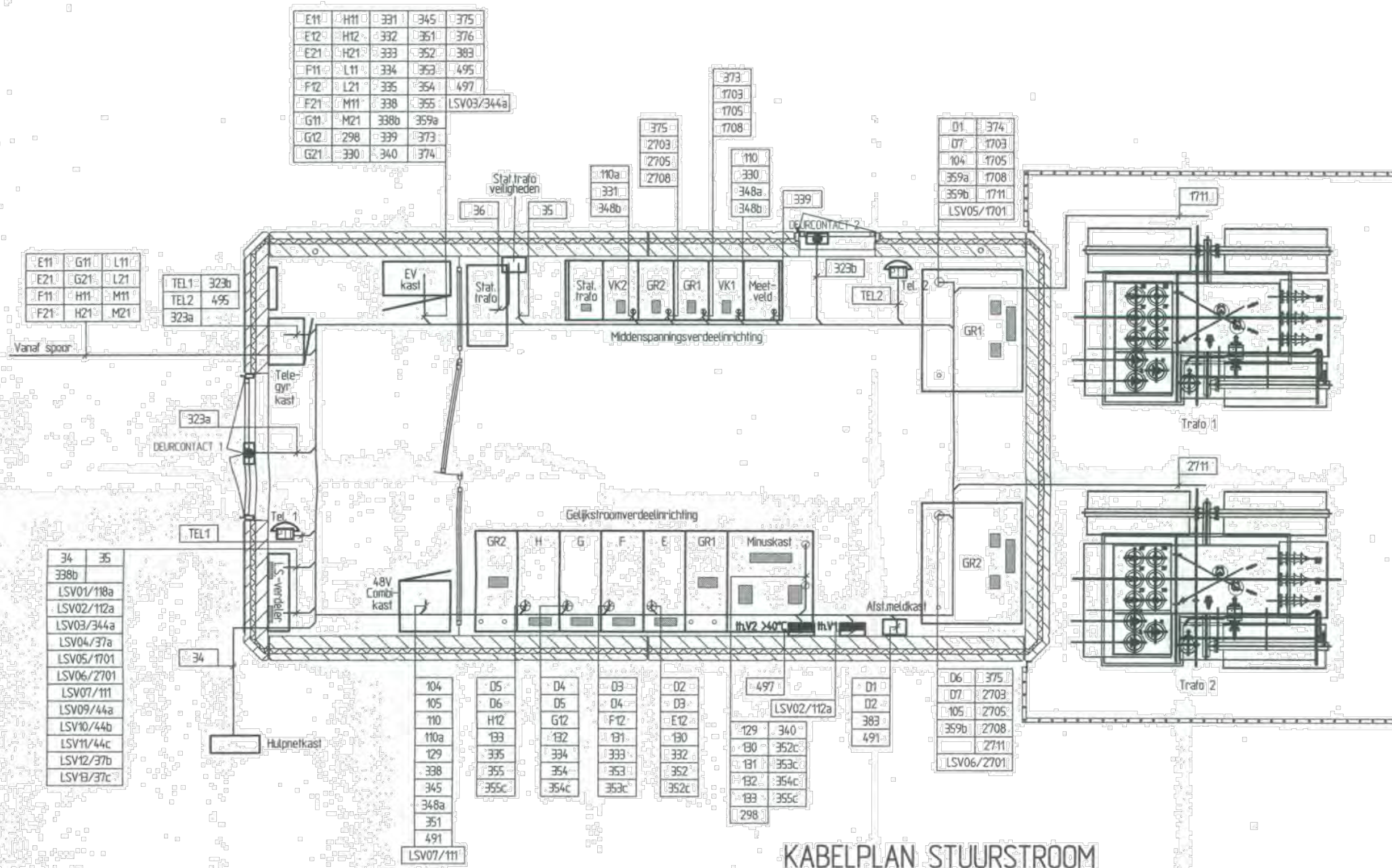
NB indien treinen minder snel rijden dan 130 km/uur, dan dient het spoor langer gevoed te worden met stroom. Echter, het stroomverbruik van de trein zal ook minder zijn. Dit zal elkaar (deels) opheffen, waardoor in de berekening uit wordt gegaan van de bovenstaande correctiefactor van 0,21.

Uitgangspunten magneetveldberekening

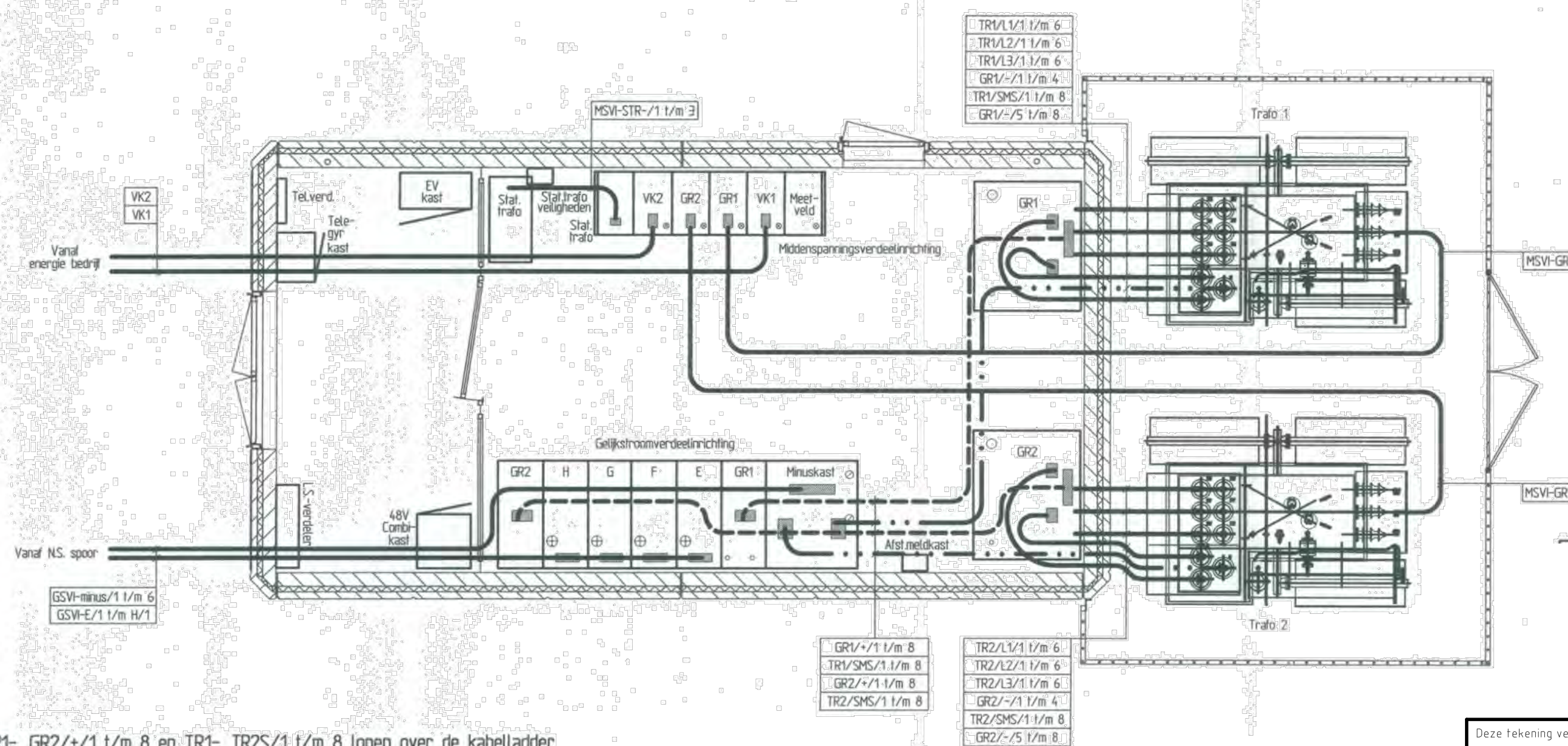
Voor de analyse van de magneetvelden is de secundaire zijde van de transformatoren nauwkeuriger/realistischer gemodelleerd, ondanks dat er steeds veel worst-case uitgangspunten worden gehanteerd. Voor de secundaire zijde van de transformatoren is er uitgegaan dat deze een eindige lengte heeft van 5 meter.

De invloed van de overige assets is beperkt, omdat de stroom aan de primaire zijde veel lager is (namelijk een factor 8,3 lager ($=11000\text{ V}/1326\text{ V}$)). Op basis van een 2D berekening (oneindige lange kabels) is de bijdrage vanuit de primaire zijde t.p.v. de woningen op maximaal 0,05 microTesla berekend. Deze waarde is opgeteld (absoluut) bij de berekening van de eindige secundaire-zijde van 5 meter.

Bijlage II: Lay-out station



KABELPLAN STUURSTROOM



KABELPLAN HOOGSPANNING/LAAGSPANNING

OPMERKING

- De kabels GR1-, GR2/+1 t/m 8 en TR1-, TR2S/1 t/m 8 lopen over de kabelladder
- De kabels TR1-, TR2/L1/L2 en L3/1 t/m 6 door gevel van het gebouw
- De kabels GR1-, GR2/-1 t/m 8 lopen over de keldervloer van het gebouw en liggen in een lus onder de gelijkrichter
- De binnenkomende kabels VK1, VK2, GSVI-minus/1 t/m 6 en GSVI-E1 t/m H/1 lopen over de keldervloer van het gebouw

A	30-05-2016
Z-166101	
Gerotech	
Digitaliseren	

Deze tekening vervangt:

001512003

Kabelplan
os Sloterplas
KK

Amsterdam CS - Riekerpolder

ProRail

001
54.543 54.543
61- 54 - 14502

Formaat	Schaal
A2	1:50
Geocode	Versie
45	A
As-built	

ProRail is eigenaar van alle digitale en analoge verspreidingsvormen van deze tekening en rechtvaardigt op grond van de Auteurswet 1912. Wijziging, vermenigvuldiging en/of openbaarmaking van deze tekening zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van ProRail is niet toegestaan.