


RIVM Magneetveldzone berekeningen 380kV-station Tilburg

Auteur Q. van Wieringen
Datum 24 april 2020
Referentie TE200700-R01
Status concept
Versie 1.0
Opdrachtgever TenneT TSO

Handtekening



Gecontroleerd : P. Westerik
Datum : 24 april 2020



PRIVATE Copyright © Petersburg Consultants B.V., Doorwerth, the Netherlands. All rights reserved.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van of namens Petersburg Consultants B.V. is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren van het document of een gedeelte daarvan.

Petersburg Consultants B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

Petersburg Consultants B.V.
Cardanuslaan 19
6865 HJ Doorwerth

+31 (0)26 303 25 00
info@petersburg.nl
www.petersburg.nl

KVK: 11042477
iban: NL87 ABNA 0849 5169 43
btw: NL806706521B01

Inhoud

1. Inleiding	5
2. Achtergrond	6
3. Uitgangspunten	7
3.1 Afspraken	7
3.2 Invoergegevens	7
3.3 Locatie	7
3.4 Rekenscenario's	8
3.5 Berekeningswijze	8
4. Resultaat	9
Bronvermelding	9
Bijlage A Tekening ondergrond van hoogspanningsstation en de magneetveldzone	10
Bijlage B Afspraken over de rekenmethodiek	11
Bijlage C Gegevensverstrekking TenneT TSO station Tilburg380	26
Bijlage C-1 Gegevens primaire installatie.....	26
Bijlage C-2 Gegevens verbindingen	26
Bijlage C-3 Tekening bovenaanzicht station.....	27
Bijlage C-4 Tekening zijaanzicht hoofd rail.....	28
Bijlage C-5 Tekening zijaanzicht lijnveld 1, 3 en 5	29
Bijlage C-6 Tekening zijaanzicht lijnveld 2, 4, 10, 12 en 14	30
Bijlage C-7 Tekening zijaanzicht trafo veld 11, 13 en 15	31
Bijlage C-8 Tekening zijaanzicht koppelveld 6 en 7	32
Bijlage C-9 Tekening zijaanzicht koppelveld 7 en 8	33
Bijlage C-10 Tekening zijaanzicht transformator veld 11, 13 en 15	34
Bijlage C-11 Tekening concept lengteprofiel inlussing station Tilburg	35
Bijlage C-12 Mastbeeld 59N Eindhoven (EA+0).....	36
Bijlage C-13 Mastbeeld 58 Geertruidenberg (S+0).....	37
Bijlage C-14 Mastbeeld 1205 Rilland (Moldau 2x380kV eindmast)	38

Datum	Versie	Opmerkingen	Auteur
23-04-2020	0.1	Werkversie	Q. van Wieringen
24-04-2020	0.2	Interne review	P. Westerik
24-04-2020	1.0	Concept	Q. van Wieringen

1. Inleiding

TenneT TSO is voornemens om een nieuw 380kV-hoogspanningsstation te bouwen genaamd Tilburg. Het station wordt voorzien van drie railsystemen welke verbonden zijn met onder meer drie 380kV-hoogspanningslijnen. Het station heeft in totaal 15 velden, waarvan drie transformatorvelden waar de spanning wordt getransformeerd naar 150kV. Voor het nieuw te bouwen station dient de magneetveldzone berekend te worden. De magneetveldzone is het gebied rond hoogspanningssystemen waarbinnen de jaargemiddelde magneetveldsterkte hoger is dan 0,4 microtesla (μT) op 1 meter boven het maaiveld.

Voor bovengrondse hoogspanningslijnen heeft het Ministerie van VROM in 2005 (nader verduidelijkt in 2008) een voorzorgbeleid geformuleerd op basis van de advieswaarde 0,4 microtesla [1,2]. Omdat dit beleid niet van toepassing is op ondergrondse kabelverbindingen is door TenneT TSO wel gevraagd om inzicht te verschaffen in de magneetveldzones van de betreffende kabelverbinding. Analoog aan de berekeningen voor hoogspanningslijnen [3] is in overleg tussen RIVM, TenneT TSO en diverse andere partijen, waaronder Petersburg Consultants, een lijst met afspraken opgesteld voor het berekenen van magneetveldzones van hoogspanningskabels en -stations. De berekeningen in dit rapport zijn conform deze afspraken uitgevoerd. De afspraken zijn als bijlage bij dit rapport gevoegd.

Bepalend voor de uitkomsten van magneetveldberekeningen zijn de specifieke gegevens van 380kV-station Tilburg. Deze gegevens zijn door TenneT TSO [4] aangereikt. Dit rapport geeft achtereenvolgens:

- De achtergronden van de berekening.
- De gehanteerde uitgangspunten voor de berekening van de magneetveldzone.
- De resultaten van de berekeningen met de magneetveldzone.

2. Achtergrond

Een nieuwe 380kV-verbinding wordt in Tilburg op de landelijke ring van 380kV-verbindingen aangesloten. Hiervoor moet een nieuw 380kV-hoogspanningsstation worden gebouwd, station Tilburg. Op het station wordt niet alleen de nieuwe 380kV-verbinding aangesloten, maar ook de bestaande 380kV-verbinding Geertruidenberg-Eindhoven en (via transformatoren) 150kV-kabels naar 150kV-station Tilburg Noord.

TenneT TSO heeft Petersburg Consultants opdracht gegeven om aan de hand van magneetveldberekeningen, de magneetveldzone van het nieuw te bouwen station Tilburg in kaart te brengen.

Voor het berekenen van magneetveldzones rondom hoogspanningsstations en -kabelverbindingen zijn afspraken gemaakt. Daarbij wordt verwezen naar onderstaande disclaimer en bijlage B van dit rapport.

Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM¹ voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen. In deze rapportage zijn ook breedtes van "magneetveldzones" berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de notitie '*Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningsstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding*', RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

¹ Handreiking voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen (zie voor de actuele versie: www.rivm.nl/Onderwerpen/Onderwerpen/H/Hoogspanningslijnen/Handreiking)

3. Uitgangspunten

3.1 Afspraken

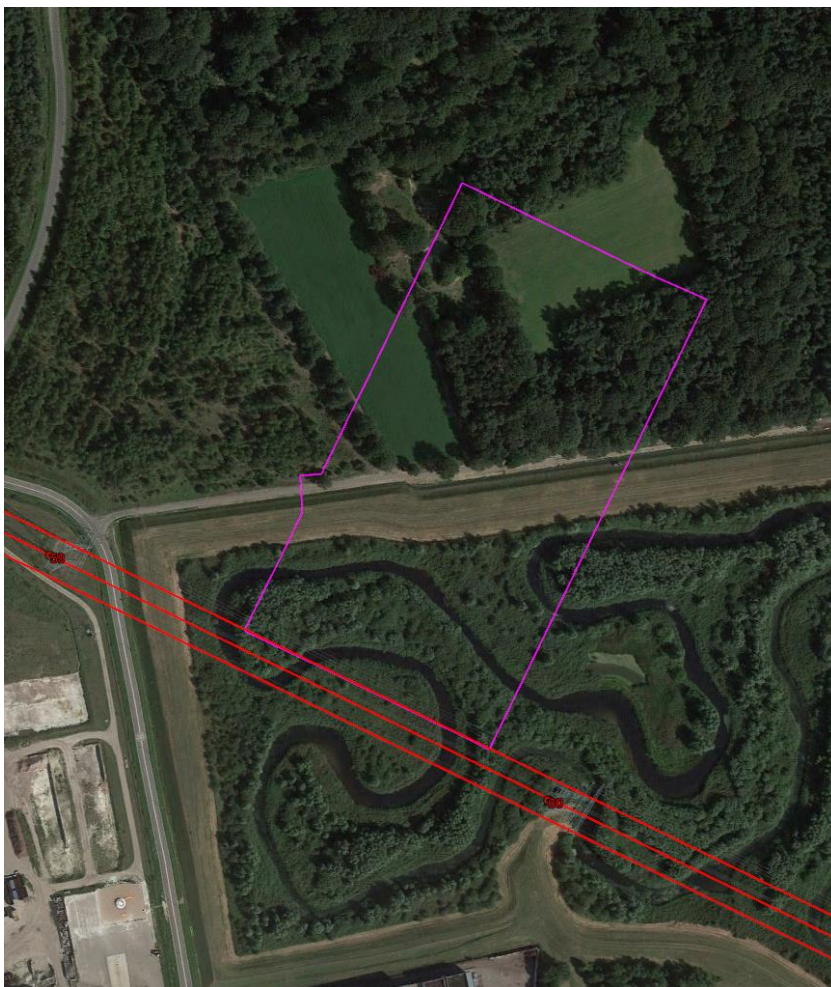
Voor het berekenen van de magneetveldzone rondom hoogspanningsstations en -kabelverbindingen zijn afspraken gemaakt. Deze afspraken zijn gegeven in bijlage B van dit rapport.

3.2 Invoergegevens

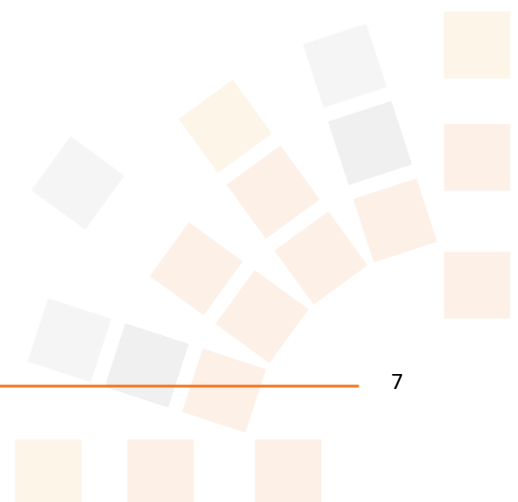
Van het nieuwe 380kV-station Tilburg zijn de gegevens gehanteerd zoals deze door TenneT TSO [4] zijn verstrekt. Bijlage C geeft de verstrekte gegevens.

3.3 Locatie

De locatie van het station is ingetekend op een kadastrale ondergrond in bijlage A tezamen met de hoogspanningssystemen die zijn berekend. Op onderstaande afbeelding is een satellietfoto weergegeven van de stationslocatie. Daarin is ook de grens van het toekomstige station (paars) en de huidige 380kV-hoogspanningslijn Geertruidenberg-Eindhoven (rood), die op het toekomstige station wordt ingelust, weergegeven.



Afbeelding 1, Satellietfoto locatie 380kV-station Tilburg



3.4 Rekenscenario's

Conform de afspraken van het RIVM wordt met twee stroomrichtingen gerekend voor de drie hoofdrails en de twee koppelvelden in de hoogspanningsinstallatie. Dit betekent dat er in totaal 16 scenario's zijn berekend voor de verschillende stroomrichtingen in de rails en koppelvelden. Voor de lijn- en transformatorvelden is een vaste stroomrichting gehanteerd, respectievelijk het "station in" en het "station uit". Hiermee worden ook de afspraken van het RIVM gevolgd.

3.5 Berekeningswijze

De 3-dimensionale magneetveldberekeningen worden uitgevoerd met het rekenprogramma Bveld 7.2 [5]. De magneetveldberekeningen voor het hoogspanningsstation worden uitgevoerd met rekenlijnen dwars op de geleiderrichting van alle in het model verwerkte geleiders. Op die lijn is in stappen van maximaal 0,3 meter het punt vastgesteld waar de magnetische veldsterkte op 1 meter boven maaiveld de waarde van $0,4 \mu\text{T}$ wordt bereikt. Voor elk scenario met betrekking tot de stroomrichtingen wordt een aparte berekening uitgevoerd, waarna van alle berekende contouren de omhullende contour wordt vastgelegd als de definitieve magneetveldzone.

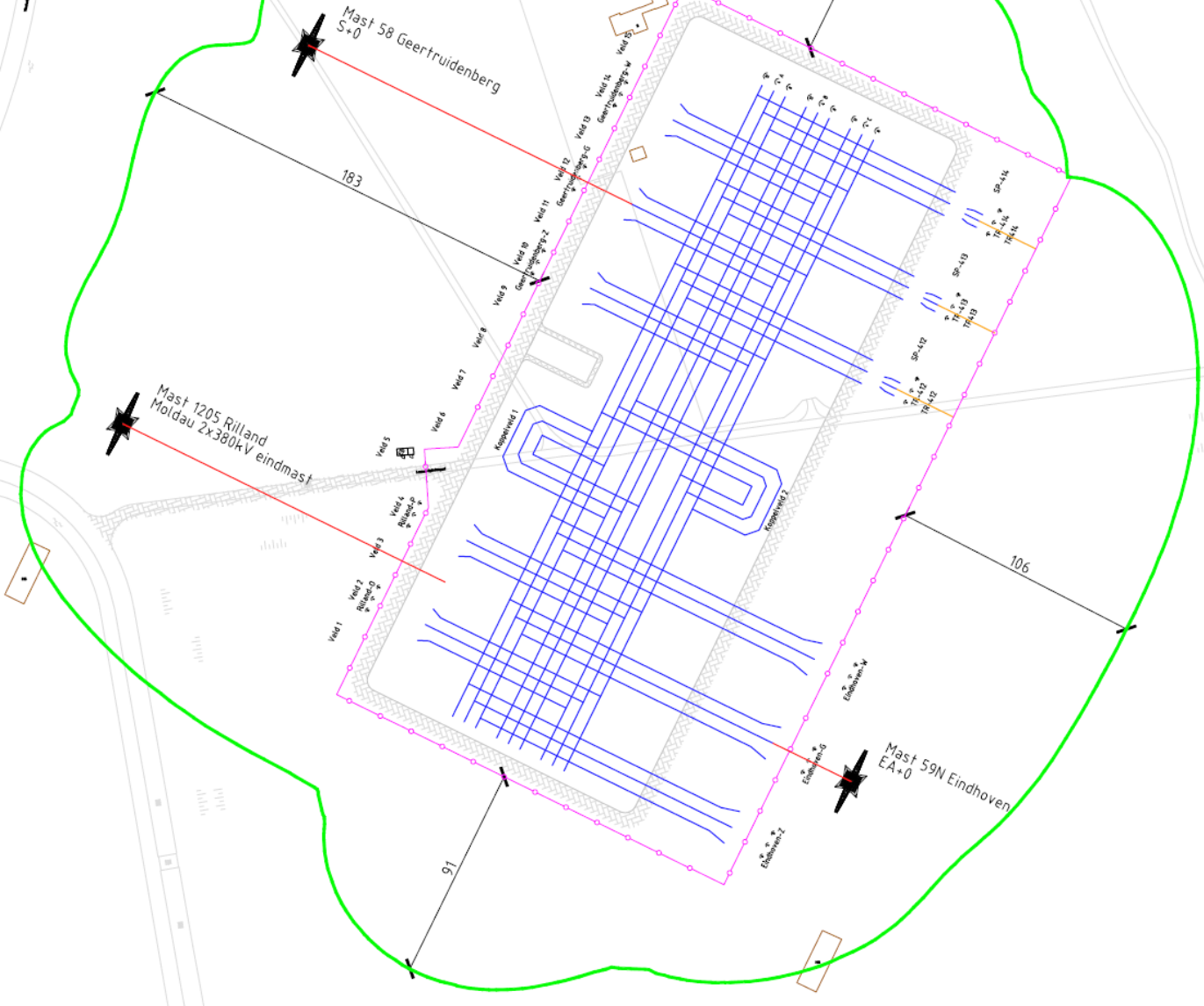
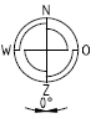
4. Resultaat

De 3-dimensionale magneetveldberekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma Bveld 7.2 [5]. De magneetveldberekeningen zijn door Petersburg Consultants B.V, uitgevoerd op 22 april 2020. De resulterende magneetveldzone is vastgelegd in de tekening in Bijlage A.

Bronvermelding

- [1] De staatssecretaris van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, drs. P.L.B.A. van Geel van Geel: “Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen”, referentie SAS/2005183118; datum: 4 oktober 2005
- [2] De minister van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, dr. Jacqueline Cramer: “Verduidelijking van het advies met betrekking tot hoogspanningslijnen”, referentie DGM\2008105664; datum: 4 november 2008
- [3] RIVM; G. Kelfkens, M.J.M. Pruppers; “Handreiking voor het berekenen van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen”; versie: 4.1; datum: 26 oktober 2015
- [4] TenneT TSO:
 - E-mails van dhr. T. Molier van TenneT TSO, d.d. 21-04-2020, 02-04-2020 en 30-03-2020.
 - E-mail van dhr. J. Jongejan van TenneT TSO, d.d. 07-04-2020.
- [5] Bveld 7.2, door Petersburg Consultants ontworpen software programmatuur voor het berekenen van magneetvelden, welke is goedgekeurd door het RIVM voor het berekenen van specifieke magneetveldzones conform hun handreiking.

Bijlage A Tekening ondergrond van hoogspanningsstation en de magneetveldzone



Legenda	
	Hekwerk hoogspanningsstation
	Primaire installatie
	Hartlijnen 380kV-lijnen
	Hartlijnen 150kV-kabels
	Grens van magneetveldzone

WIJZ	OMSCHRIJVING	DATUM	OPGST.	BEOORD.	GGK.

OPDR. GEVER	TenneT TSO				
PROJECT	380kV-station Tilburg				
ONDERDEEL	RIVM Magneetveldzone				
PROJECTNR.	TE200700	DATUM	23-04-2020	BEORDEELD	SG
TEK.NR.	T1 Blad 1/1	OPGESTELD	QW	GOEDGEK.	SG
FASE	FORM.	SCHAAL	1:2000	STATUS	CONCEPT
	A3	EENHEID	METER	REVISIE	V1





Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Afspraken over de rekenmethodiek voor de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl
KvK Utrecht 30276683
T 030 274 91 11
F 030 274 29 71
info@rivm.nl

In 2005 heeft het toenmalige ministerie van VROM (nu het ministerie van Infrastructuur en Milieu) - op basis van het voorzorgsbeginsel - een advies voor het hoogspanningslijnenbeleid aan gemeenten, netbeheerders en provincies uitgebracht. In dat advies worden gemeenten en netbeheerders geadviseerd zoveel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen dat er in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen nieuwe situaties ontstaan waar kinderen langdurig worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten die jaargemiddeld boven 0,4 microtesla liggen. De handreiking van het RIVM¹ legt de manier vast om deze 'zone waar het magnetische veld gemiddeld over een jaar boven de 0,4 microtesla ligt', verder aangeduid als 'specifieke magneetveldzone', zo eenduidig en transparant mogelijk te berekenen.

Het hoogspanningslijnenbeleid, en daarmee ook de handreiking, is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen. Bij de voorbereiding van de Randstad 380 kV verbinding is door het toenmalige ministerie van Economische Zaken en het toenmalige ministerie van VROM besloten om bij de ondergrondse delen en hoogspanningstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding aan te sluiten bij het hoogspanningslijnenbeleid zoals dat geformuleerd is voor bovengrondse hoogspanningslijnen. Netbeheerder TenneT en enkele adviesbureaus die berekeningen volgens de handreiking van het RIVM¹ kunnen uitvoeren, hebben met het oog op uniformering van de berekeningswijze aanvullende afspraken gemaakt over de te hanteren rekenmethodiek. Om tot deze afspraken te komen is er overleg gevoerd op 3 juni, 12 juli en 18 november 2010. Het RIVM was daarbij als secretaris betrokken en heeft de gemaakte afspraken vastgelegd.

Als de afspraken in de voorliggende notitie voor andere omstandigheden dan de hierboven genoemde omstandigheden (bovengrondse hoogspanningslijnen én de ondergrondse delen en hoogspanningstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding) worden toegepast, dient in de rapportage over de uitgevoerde berekeningen de volgende disclaimer in deze vorm te worden opgenomen.

Disclaimer

Het hoogspanningslijnenbeleid van de rijksoverheid met betrekking tot magnetische velden (en de daarbij horende handreiking van het RIVM¹ voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone) is uitsluitend van toepassing op bovengrondse hoogspanningslijnen. In deze rapportage zijn ook breedtes van "magneetveldzones" berekend voor andere delen van het hoogspanningsnet. Bij die berekeningen is gebruik gemaakt van de notitie '*Afspraken over de berekening van de "magneetveldzone" bij ondergrondse kabels en hoogspanningstations behorende tot de Randstad 380 kV verbinding*', RIVM, 3 november 2011 (op te vragen bij het RIVM via hoogspanningslijnen@rivm.nl).

¹ Handreiking voor het berekenen van de breedte van de specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen (zie voor de actuele versie: www.rivm.nl/Onderwerpen/Onderwerpen/H/Hoogspanningslijnen/Handreiking)

Eerste overleg

Overleg TenneT, KEMA, Petersburg en RIVM "rekenmethodiek voor de magneetveldzone bij ondergrondse kabels en onderstations" - verslag

Bilthoven, RIVM, 3 juni 2010, 9:00u - 12:00u

Aanwezig: Isidoor Hermans (TenneT, alleen eerste deel), Anco Veldhuizen (TenneT), Marcel Vermorken (TenneT, alleen eerste deel), Kees Koreman (TenneT), Peter Kolmeijer (KEMA), Imre Tannemaat (KEMA), Marcel Janssen (Petersburg), Arno Diever (Petersburg), Gert Kelfkens (RIVM) en Mathieu Pruppers (RIVM)

1 Opening: aanleiding en doel van het overleg

Mathieu opent het overleg om 9:15u en heet allen welkom. Het doel van de bijeenkomst is om te komen tot afspraken over een methodiek voor het berekenen van de magneetveldzone bij ondergrondse kabels en rond onderstations. De rekenmethodiek bestaat uit een verzameling uitgangspunten die voor de berekening gelden.

De aanleiding voor het overleg wordt gevormd door de volgende twee feiten.

- in het PKB voor de nieuwe Randstad 380 kV verbinding is vermeld dat het hoogspanningslijnenbeleid van het ministerie van VROM (dat alleen voor bovengrondse hoogspanningslijnen geldt) voor de Randstad 380 kV verbinding ook van toepassing is op de ondergrondse tracés van de Zuidring;
- het voornemen om in het RIP voor de Noordring op te nemen dat inzicht zal worden gegeven in de ligging van de zone waar het magnetische veld als gevolg van onderstations hoger is dan 0,4 microtesla (in het bijzonder het toekomstige station Vijfhuizen).

Het overleg wordt daarom in twee delen gesplitst.

De afspraken over de rekenmethodiek gelden uitdrukkelijk alleen voor de Randstad 380 kV verbinding. Mogelijk dat deze afspraken in de toekomst ook voor de ondergrondse delen of onderstations van andere hoogspanningsverbindingen zullen gaan gelden. Dit is ter beoordeling aan het ministerie van VROM. Deze afspraken zijn ook niet van toepassing op midden- en laagspanningskabels.

De uitgangspunten zijn telkens getoetst aan de volgende criteria. Een uitgangspunt:

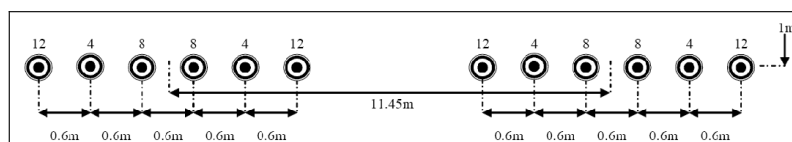
- A moet bij voorkeur gebaseerd zijn op of in overeenstemming zijn met (de geest van) de handreiking (voor bovengrondse hoogspanningslijnen);
- B moet bij voorkeur ertoe leiden dat de berekening zo eenvoudig is dat alle verschillende bureaus de berekening uitvoeren zij dezelfde eindresultaten verkrijgen.

2 Rekenmethodiek bij ondergrondse kabels

De discussies, mede aan de hand van de e-mailwisseling tussen KEMA en het RIVM in maart 2010, hebben de volgende uitgangspunten voor het berekenen van de magneetveldzone bij ondergrondse kabels en rond onderstations opgeleverd.

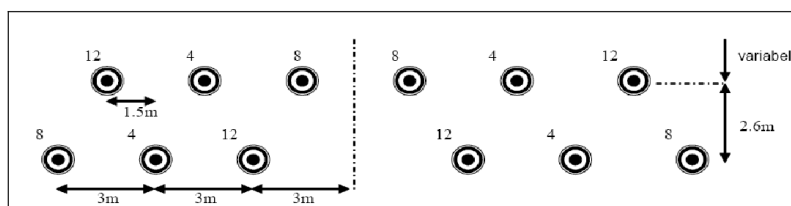
- 1 Er wordt gerekend met symmetrische stromen in de fasegeleiders. Als er voor elke fase twee kabels nodig zijn, dan wordt aangenomen dat de stroom in beide kabels gelijk is.

- 2 Het energietransport vindt in alle kabels in dezelfde richting plaats.
 - 3 De sterkte van het magnetische veld wordt op 1 m boven maaiveld berekend.
 - 4 De rekenstroom voor de Randstad 380 kV verbinding is 30% van de ontwerpstroom van het bovengrondse deel. De ontwerpcapaciteit voor het bovengrondse gedeelte van de Randstad 380 kV verbinding bedraagt 2632 MVA. Hierbij hoort een ontwerpstroom van 4000 A. De rekenstroom voor het bovengrondse gedeelte bedraagt daarom 1200 A voor elk circuit (30% van 4000 A). Deze rekenstroom van 1200 A per circuit zal ook voor de kabelgedeelten van de Randstad 380 kV verbinding worden gehanteerd.
 - 5 De magneetveldzone wordt op 5 m afgerond, net zoals in de handreiking (voor bovengrondse lijnen).
 - 6 De berekening vindt plaats voor het kabeldeel dat zich hemelsbreed (haaks ten opzichte van de kabel) het dichtst bij de gevoelige bestemming bevindt. De berekening vindt plaats langs een lijn loodrecht op het kabelbed, waarbij de afzonderlijke kabels als oneindig lange stroomvoerende draden worden beschouwd.
 - 7 Bij de berekening van de breedte van de magneetveldzone wordt geen rekening gehouden met de stroom door kabelmantels, eventuele aardgeleiders of andere parallel lopende geleiders waarin stroom kan worden geïnduceerd. Ook als er een extra (reserve)kabel wordt gelegd of een extra buis wordt geboord - er worden dan zodanige maatregelen genomen dat er geen stromen door deze extra kabel lopen - dan wordt deze niet in de berekeningen meegenomen. Alleen als er specifieke maatregelen ter reductie van de breedte van de magneetveldzone, zoals hiervoor bedoelde aardkabels, worden genomen, dan worden deze wel in de berekening meegenomen.
- Opmerking: beïnvloeding en/of corrosie van andere (buis)leidingen verdient in een ander kader wel aandacht.
- 8 Bij de Randstad 380 kV verbinding wordt de kabel op verschillende manieren onder de grond gebracht. Bij de eerste methode worden via open ontgraving de afzonderlijke kabels horizontaal naast elkaar gelegd met een zekere afstand tot elkaar (zie Figuur 1). Deze methode wordt in de rest van dit verslag 'open ontgraving' genoemd. Bij de tweede methode wordt voor elke kabel een aparte buis geboord (zie Figuur 2). Deze methode wordt in de rest van dit verslag 'gestuurde boring' genoemd. De afstanden tussen de kabels onderling is groter dan bij 'open ontgraving'.



Figuur 1 Methode 'open ontgraving': dwarsdoorsnede met de horizontale ligging van de kabels in het kabelbed²

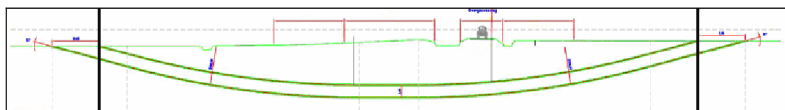
² De figuren 1, 2, 3 en 5 zijn overgenomen uit concept KEMA rapportages.



Figuur 2 Methode 'gestuurde boring': dwarsdoorsnede met de ligging van de kabels op twee diepten ²

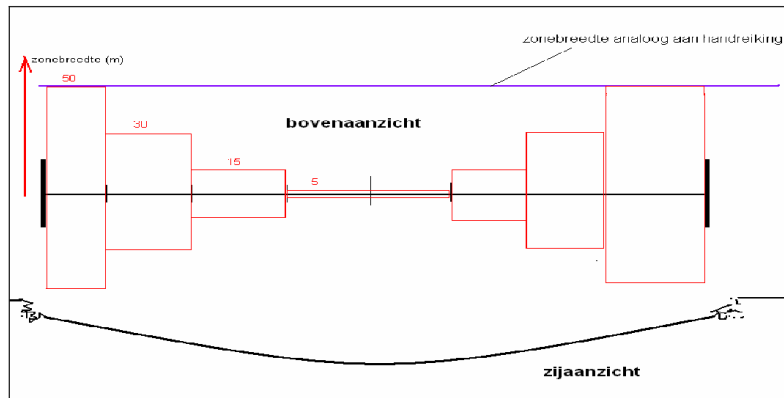
Voor de methode 'open ontgraving' wordt, als de diepte varieert, bijvoorbeeld bij het kruisen van een sloot of iets dergelijks, uitgegaan van de ongunstigste situatie, te weten dat deel van de kabel dat het dichtst onder het maaiveld ligt. Ook wordt geen rekening gehouden met de eventueel bredere zones bij moflocaties. Dit levert één breedte van de magneetveldzone langs het hele kabeldeel.

- 9 De methode 'gestuurde boring' wordt meestal gebruikt op plaatsen waar 'open ontgraving' niet mogelijk is, zoals bij (grote) (water)wegen: zie Figuur 3. Er zijn gevallen waarin de boring wordt uitgevoerd om de magneetveldzone in de buurt van een gevoelige bestemming te versmallen of zelfs tot een breedte 'nul' terug te brengen (onder tribune bij een sportveld).



Figuur 3 Methode 'gestuurde boring': zijaanzicht met de ligging van de kabels op twee diepten ²

Tijdens het overleg is afgesproken dat het gebied tussen de twee zwarte verticale lijnen (begin en eind van de kortste buis) in Figuur 3 het gebied is waar de definitieve configuratie van de 'gestuurde boring' wordt bereikt. Voor dit gebied is afgesproken dat rekening wordt gehouden met de diepte van de kabel: zie Figuur 4 voor een mogelijk resultaat van een zoneberekening. Deze afspraak wijkt af van de afspraken in de handreiking waarin géén rekening wordt gehouden met het feit dat de draden tussen twee masten niet overal even laag hangen.

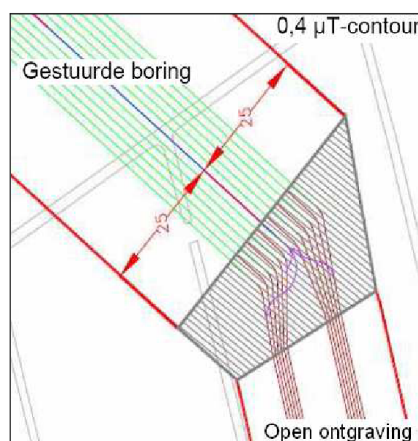


Figuur 4 Methode 'gestuurde boring': bovenaanzicht van een (fictief) berekende magneetveldzone, rekening houdend met de diepte van de kabels en afgerond op 5 m

- 10 Het blijft nog een discussiepunt wat te doen met de overgangsgebieden tussen bovengronds en ondergronds (opstijppunten) en tussen ondergronds met 'open ontgraving' en ondergronds met 'gestuurde boring' (tijdens het overleg ook wel aangeduid met 'rommelgebieden' en 'weefgebieden'). Bij de overgang van 'open ontgraving' naar 'gestuurde boring' waaieren de diverse kabels uiteen en verdwijnen elk in de juiste buis (overgang van ligging in Figuur 1 naar ligging in Figuur 2: zie Figuur 5).

Om een indruk te krijgen van de ligging van de grens van de magneetveldzone zijn enkele proefberekeningen van typische of *worst case* situaties nodig. Afgesproken is dat daarbij geen rekening zal worden gehouden met moffen en overlengten van de kabels (nodig bij vervanging van de moffen die bij de aansluiting van twee kabeldelen op elkaar worden toegepast) en dat elke kabel uit de 'open ontgraving' de kortste route naar de juiste buis volgt. De uitkomsten van de proefberekeningen zijn richtinggevend voor hoe om te gaan met de zone voor de 'weefgebieden'.

Over opstijppunten is afgesproken dat deze ruimtelijk begrensd zijn door aan de bovengrondse kant de laatste mast en aan de ondergrondse kant het hek rond het opstijppunt.



Figuur 5 Bovenaanzicht van het overgangsgedebied (hier grijs gearceerd) tussen 'open ontgraving' en 'gestuurde boring', met uitwaaiering van de kabels²

3 Rekenmethodiek bij onderstations

De situatie rond onderstations is complexer dan bij ondergrondse kabels. De magnetische velden in de onmiddellijke nabijheid van het station zijn volgens TenneT voornamelijk afkomstig van de meestal bovengrondse toe- en afvoerlijnen. De stroomrichting in twee bij elkaar in de buurt lopende lijnen kan gelijk zijn, maar ook tegengesteld, wat verschillende breedtes van de magneetveldzone tot gevolg heeft.

Er is gesproken over de punten waarover afspraken moeten worden gemaakt, te weten:

- wel/geen worst case (maximale stromen) of jaargemiddelde stromen (30% cq 50%)?
- stroomrichting (alles het station in, hoewel dit niet realistisch is)?
- wat te doen met twee stations die dicht bij elkaar liggen maar wel nog door 'openbare ruimte' van elkaar zijn gescheiden?
- wat te doen met de stromen naar twee stations die ruimtelijk als één station kunnen worden aangemerkt (er is geen openbare ruimte tussen de station): in dat geval ook alle stromen naar het station kiezen?
- wel/niet in rekening brengen van luchtspoelen en compensatiespoelen?
- óf weergave op kaart van de berekende contouren óf met afronding op 5 m (2,5 m extra marge toevoegen, gerekend vanuit welk punt)?
- nu wel/niet rekening houden met toekomstige uitbreidingen binnen/van het station (bij bouwen van een extra veld binnen het station is wel een bouwvergunning nodig, maar geen wijziging van het bestemmingsplan)?

-
- keuze van de stroomrichtingen in het station (lijnvelden, railsystemen etc.)?
 - voorgesteld is om de magneetveldcontour van het station te berekenen en de magneetveldzones van de lijnen en kabels buiten het hek hierop eenvoudig te laten aansluiten; de snijpunten van de lijnen bepalen dan de uiteindelijke contour; concreet betekent dit dat er geen rekening wordt gehouden met het superpositiebeginsel voor zover het een bovengrondse hsp-lijn of kabelverbinding buiten het hek betreft
 - voorgesteld is dat het opstijgen vanaf de stationsinvoering tot in de eerste mast van een aangesloten hoogspanningslijn nog tot het station behoort
 - het lijkt moeilijk om aan criterium B te zullen voldoen omdat het hier om gespecialiseerde berekeningen gaat

4 Vervolgacties

Tot slot zijn de volgende vervolgacties overeengekomen.

- 1 Het concept van dit verslag is eerst voor inhoudelijke controle aan de deelnemers voorgelegd (en ter informatie aan de ministeries van VROM en EZ). De definitieve versie van dit verslag wordt voor akkoord aan de ministeries van VROM en EZ voorgelegd (beleidsbeslissing i.v.m. Randstad 380 kV).
- 2 Het is ter beoordeling aan het ministerie van VROM of de afspraken over de rekenmethodiek in de toekomst ook voor de ondergrondse delen of onderstations van andere hoogspanningsverbindingen zullen gaan gelden (beleidsbeslissing).
- 3 Het RIVM neemt het verzoek van Petersburg om afspraken te maken over hoe om te gaan met verbindingen die uit één circuit bestaan en die vooral bij opwekeenheden kunnen voorkomen, mee in de volgende *up date* van de handreiking.
- 4 TenneT laat (proef)berekeningen maken voor een overgangsgebied tussen ondergronds met 'open ontgraving' en ondergronds met 'gestuurde boring' ('weefgebied'). Bij die berekeningen wordt geen rekening gehouden met moffen en overlengten en elke kabel uit de 'open ontgraving' volgt de kortste route naar de juiste buis.
- 5 Gert maakt een voorstel voor de rekenmethodiek bij onderstations en stuurt dit ter controle en aanvulling aan Kees. Vervolgens volgt het 'voorstel voor de rekenmethodiek bij onderstations' de route: eerst inhoudelijke controle door deelnemers aan het overleg en ten slotte accordering door ministeries van VROM en EZ.

5 Sluiting

Mathieu sluit het overleg om 12:20u.

Tweede overleg

Tweede Overleg TenneT, KEMA en RIVM "rekenmethodiek voor de magneetveldzone bij ondergrondse kabels" - verslag

Bilthoven, RIVM, 12 juli 2010, 10:30u - 12:00u

Aanwezig: Anco Veldhuizen (TenneT), Marcel Vermorken (TenneT), Peter Kolmeijer (KEMA), Imre Tannemaat (KEMA), Gert Kelfkens (RIVM) en Mathieu Pruppers (RIVM)

1 Opening: aanleiding en doel van het tweede overleg

Op 3 juni heeft het 'eerste overleg' plaatsgevonden over de rekenmethodiek voor de magneetveldzone bij ondergrondse kabels en onderstations. Toen is afgesproken dat er enkele proefberekeningen van typische of *worst case* situaties van kabelovergangsgebieden (overgang tussen ondergronds met 'open ontgraving' en ondergronds met 'gestuurde boring') zouden worden uitgevoerd om een indruk te krijgen van de ligging van de grens van de magneetveldzone. In dit tweede overleg zijn de uitkomsten van deze proefberekeningen gepresenteerd en besproken en zijn aanvullende afspraken gemaakt over hoe om te gaan met kabelovergangsgebieden.

Nogmaals wordt benadrukt dat de afspraken over de rekenmethodiek in dit verslag alleen voor de Randstad 380 kV verbinding gelden.

2 Rekenmethodiek bij kabelovergangsgebieden

We hebben de volgende aanvullende afspraken gemaakt:

- 1 Uitgaande van de eerdere uitgangspunten wordt allereerst een berekening gemaakt van de ligging van de 0,4 microteslacontour. Vervolgens wordt de breedte van de magneetveldzone afgerond volgens dezelfde afrondingsregels die ook in de handreiking (voor bovengrondse lijnen) en in de afspraken uit het eerste overleg (ondergronds met 'open ontgraving' en ondergronds met 'gestuurde boring') zijn vastgelegd. De magneetveldzone wordt weergegeven als rechte lijnen op deze afgeronde afstand van de hartlijn.
- 2 In het eerste overleg zijn afspraken gemaakt over de precieze plaats waar de open ontgraving ophoudt en het overgangsgebied begint en waar het overgangsgebied ophoudt en de gestuurde boring begint. Bij de afronding bedoeld onder de eerste aanvullende afspraak wordt met deze precieze plaats geen rekening gehouden. De afgeronde zone van het kabelovergangsgebied kan zich over een grotere lengte uitstrekken dan de lengte van het kabelovergangsgebied zelf.
- 3 Als bij ontwerp en realisatie van de ondergrondse kabel specifieke maatregelen zijn getroffen om de breedte van de magneetveldzone te reduceren, bijvoorbeeld 'passive loops', en als van de gemaakte afspraken (in dit verslag en in het verslag van het eerste overleg) wordt afgeweken, dan wordt vooraf met het RIVM overlegd en adviseert het RIVM over de berekeningsmethode.

3 Vervolgacties

Tot slot zijn de volgende vervolgacties overeengekomen.

- 1 Het concept van dit verslag is eerst voor inhoudelijke controle aan de deelnemers voorgelegd (en ter informatie aan de ministeries van VROM en EZ). De definitieve versie van dit verslag wordt voor akkoord aan de ministeries van VROM en EZ voorgelegd (beleidsbeslissing i.v.m. Randstad 380 kV).
- 2 KEMA zal in de rapportage over het ondergrondse deel van de Randstad 380 kV verbinding vermelden dat: 'de berekeningen zijn afgestemd met het RIVM (d.d. 3 juni en 12 juli 2010)'.

Derde overleg

Overleg TenneT, KEMA, Petersburg, Liandon en RIVM "rekenmethodiek magneetveldzone bij hoogspanningsstations" - verslag

Arnhem, TenneT, 18 november 2010, 14:00u - 16:30u

Aanwezig: Anco Veldhuizen (TenneT), Kees Koreman (TenneT), Peter Kolmeijer (KEMA), Imre Tannemaat (KEMA), Marcel Janssen (Petersburg), Arno Diever (Petersburg), Jacco Smit (Liandon), Teunis Brand (Liandon), Gert Kelfkens (RIVM) en Mathieu Pruppers (RIVM)

1 Opening: aanleiding en doel van het overleg

Kees opent het overleg en heet allen welkom in 'het aquarium' van TenneT. De beide verslagen van de overleggen over de "rekenmethodiek voor de magneetveldzone bij ondergrondse kabels" (3 juni en 12 juli 2010) worden genoemd. Het 1e concept (10 juni 2010) van het RIVM-voorstel voor de rekenmethodiek bij hoogspanningsstations is door TenneT, Petersburg en KEMA schriftelijk becommentarieerd. Het RIVM heeft dit verwerkt tot het 2e concept (1 november 2010). Dit laatste concept wordt punt voor punt doorgenomen en aangevuld (zie paragraaf 2 van dit verslag).

Mathieu benadrukt nogmaals dat de handreiking alleen voor bovengrondse hoogspanningslijnen geldt en dat de afspraken over de rekenmethodiek voor ondergrondse kabels en voor hoogspanningsstations alleen geldt voor de Randstad 380 kV verbinding. Het is echter een feit dat de vergunningverlener/het bevoegd gezag - vooral vanwege de publieke discussie - expliciet om een berekening van de omvang van de magneetveldzone vraagt. Deze vragen beperken zich niet alleen tot hoogspanning (gedefinieerd als 50 kV en hoger) maar ook transformatorhuisjes komen binnen beeld. Vanwege de samenstelling van de groep aanwezigen wordt besloten om de discussie te beperken tot 50 kV en hoger. Het is niet uitgesloten dat er voor de lagere spanningen aanvullend overleg nodig is waarbij de regionale netbeheerders (Alliander, Enexis en Stedin) en Netbeheer Nederland zullen moeten aanschuiven.

Hoewel dit eigenlijk buiten dit overleg valt, meldt Jacco dat bij het werven van ruimte voor stations en van nieuwe tracés voor ondergrondse kabels door de vergunningverlener steeds vaker wordt gevraagd om inzicht te geven in het magneetveld. Liandon behartigt in dit overleg niet de belangen van Liander/Alliander en kan formeel geen uitspraken doen met betrekking tot de 50 kV stationsdelen.

Omdat de diverse benamingen (onderstation, transformatorstation, schakelstation, eindstation) met elk weer specifieke eigenschappen samen te vatten, wordt besloten om de term 'hoogspanningsstation' te hanteren.

Het belangrijkste doel van het vastleggen van de rekenmethodiek is om te voorkomen dat er (grote) verschillen bestaan tussen de resultaten van berekeningen door verschillende bureaus.

2 Rekenmethodiek bij hoogspanningsstations

2.1 Algemeen

De situatie bij hoogspanningsstations is complexer dan bij bovengrondse hoogspanningslijnen en kabelverbindingen. Het magnetische veld op en in de buurt van een station wordt bepaald door de geleiders die stroom naar en van het station transporteren, de stroomvoerende geleiders in het station en componenten die er voor dienen om de stabiliteit van het net te garanderen (blindstroomcompensatiespoelen, smoorspoelen, condensatorbanken, etc.).

Vanwege deze complexiteit kan de magneetveldzone niet eendimensionaal (als afstand) worden vastgelegd. De voor een station berekende magneetveldzone wordt daarom aangegeven als een contour op een kaart van het hoogspanningsstation en de omgeving. De contour volgt direct uit berekeningen met een daarvoor geschikt rekenmodel. Net als bij de zone voor bovengrondse hoogspanningslijnen geeft de magneetveldzone het gebied waarbinnen de sterkte van het magnetische veld gemiddeld over een jaar hoger dan 0,4 microtesla (volgens het huidige beleid) is of in de toekomst kan worden.

Met een hoogspanningsstation wordt in dit kader het gebied bedoeld met de hoogspanningsinstallaties al dan niet in een gebouw en omgeven door een hekwerk. Voor de zoneberekening worden ook de opstijgende geleiders vanaf de stationsinvoering tot in de eerste mast van een aangesloten hoogspanningslijn als tot het station behorende meegerekend, al kunnen die geleiders zich (gedeeltelijk) buiten het hekwerk bevinden. Kabels worden meegenomen voor zover zij zich binnen het hekwerk bevinden.

2.2 Stations in elkaars nabijheid

In die gevallen dat verschillende stations aangrenzend zijn gelegen, worden deze voor de berekening als één station aangemerkt. Zijn stations wel in elkaars nabijheid gelegen maar niet direct aangrenzend, dan wordt voor elk station apart de magneetveldcontour berekend. Als er twee eigenaren/netbeheerders zijn, zullen beiden bereid moeten zijn om informatie over de magneetveldcontour uit te wisselen. Als de verschillende contouren overlappen vormt de omhullende van beide contouren de magneetveldcontour van de stations. Er wordt geen rekening gehouden met superpositie van de magnetische velden. Datzelfde geldt ook voor de punten waar de contour van het station overlapt met de magneetveldzone van de aanvoerende lijnen en kabels die niet tot het station behoren. Ook daar wordt de omhullende van beide contouren aangehouden en wordt superpositie niet meegerekend.

2.3 Benutting hoogspanningsstation

Vaak zullen bij de ingebruikname van een station de mogelijkheden die in het bestemmingsplan zijn vastgelegd niet volledig worden benut, bijvoorbeeld doordat een station in fasen wordt gerealiseerd (eerst worden bijvoorbeeld twee transformatoren en later nog eens twee gerealiseerd). In die gevallen dient bij de zoneberekening in beginsel ervan te worden uitgegaan dat de volledige mogelijkheden van het station gerealiseerd zijn. De magneetveldcontour geeft dan de toekomstige eindsituatie weer voor een station dat volledig wordt benut. Bij de stroomverdeling over de transformatoren dient hierbij rekening te worden gehouden (met inachtneming van de rekenstroom verdeling in paragraaf 2.4).

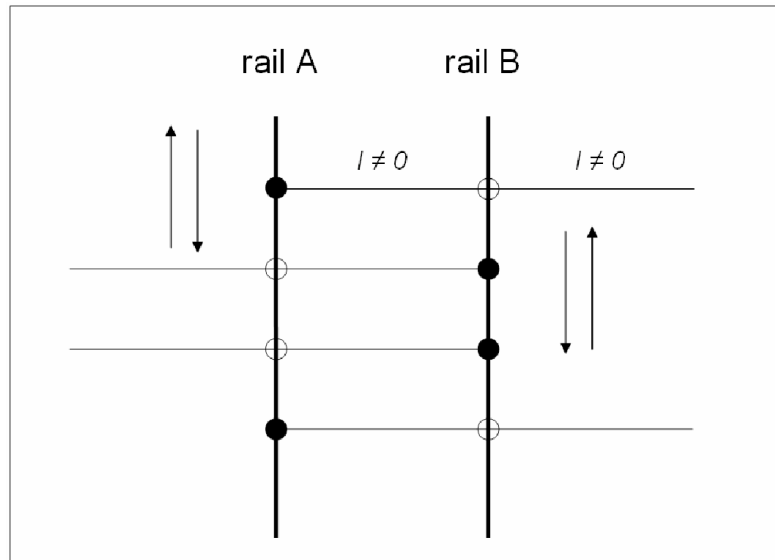
De netbeheerder kan er voor kiezen alleen de huidige of op korte termijn te realiseren situatie in beeld te brengen. In de rapportage over de berekeningen moet dan wel worden aangegeven dat dit mogelijk niet de eindsituatie is.

2.4 Stroomvoerende geleiders

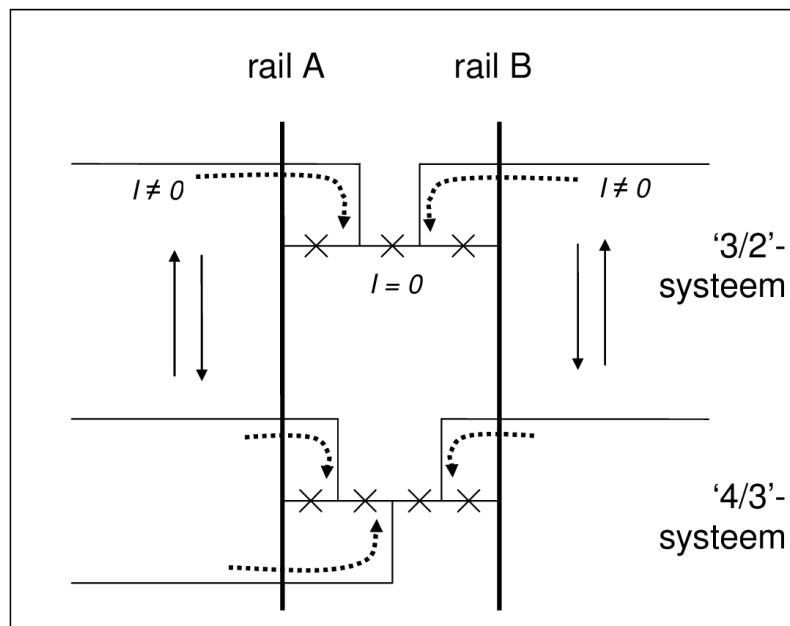
De berekening van de magneetveldcontour gaat uit van alle stroomvoerende geleiders met een spanning van 50 kV, 110 kV, 150 kV, 220 kV of 380 kV, binnen en buiten het station, zowel bovengronds als ondergronds. Voor de stromen door die geleiders worden de volgende aannames gemaakt.

- De grootte van de rekenstroom voor een geleider met een spanning van 380 kV of 220 kV bedraagt 30% van de ontwerpstroom voor die geleider; de ontwerpstroom wordt aangeleverd door de netbeheerder.
- Voor een spanning van 150 kV, 110 kV en 50 kV wordt bij het bepalen van de rekenstroom uitgegaan van een enkelvoudige storingsreserve (het n-1-criterium). Dat betekent dat voor twee geleiders van dezelfde spanning (150 kV, 110 kV of 50 kV) wordt gerekend met een rekenstroom ter grootte van 50% van de ontwerpstroom. Voor drie of vier geleiders van dezelfde verbinding en dezelfde spanning (150 kV, 110 kV of 50 kV), zijn die percentages respectievelijk 67% (3 circuits) en 75% (4 circuits).
- De stromen in de geleiders van een circuit dat het station binnen komt, worden symmetrisch verondersteld.
- Voor stroomvoerende geleiders van een circuit dat het station binnen komt, wordt bij de berekening ervan uitgegaan dat de stroomrichting in de geleiders altijd het station in is.
- Voor stroomvoerende geleiders binnen het station - met uitzondering van het railsysteem - wordt ervan uitgegaan dat de stroomrichting van de hoge naar de lage spanning is.
- Voor (decentrale) opwekkers dient opgegeven te worden met welke stroombelasting/profiel de berekeningen zijn uitgevoerd.
- Voor stromen door het railsysteem wordt verondersteld dat die dezelfde richting hebben. Er wordt een berekening van het magnetische veld uitgevoerd voor beide mogelijke richtingen en bij meer dan twee rails ook alle andere mogelijkheden. Uiteindelijk wordt de omhullende magneetveldcontour van alle berekende contouren gepresenteerd (zie ook Figuur 8).

Er wordt aangenomen dat de geleiders stroom voeren tot en met de verst gelegen rail: zie Figuur 6. Bij een '3/2'- en een '4/3'- systeem is de stroomrichting zoals in Figuur 7 is weergegeven.



Figuur 6 De geleiders voeren stroom tot en met de verst gelegen rail.



Figuur 7 Stroomrichting bij een '3/2'- en een '4/3'- systeem.

2.5 Overige componenten

Met betrekking tot de overige componenten binnen het station worden

- transformatoren,
- stroom- en spanningstransformatoren en -scheideners,
- met olie gevulde spoelen (die zijn omhuld)
- smoorspoel voor het sterpunt

NIET meegenomen omdat wordt verwacht dat deze niet aan het magnetische veld buiten de terreingrens bijdragen³. De aansluitingen tot deze componenten dienen wel gemodelleerd te worden.

Componenten die WEL worden gemodelleerd of waarvan fabrieksgegevens over de magneetveldcontour worden gebruikt, zijn de volgende luchtspoelen:

- laadstroomspoelen
- filterspoelen in condensatorbanken
- spoelen die in serie met een bovengrondse hoogspanningslijn zijn geschakeld (belasting 30% voor 380 en 220 kV lijnen en 50% voor andere lijnen)

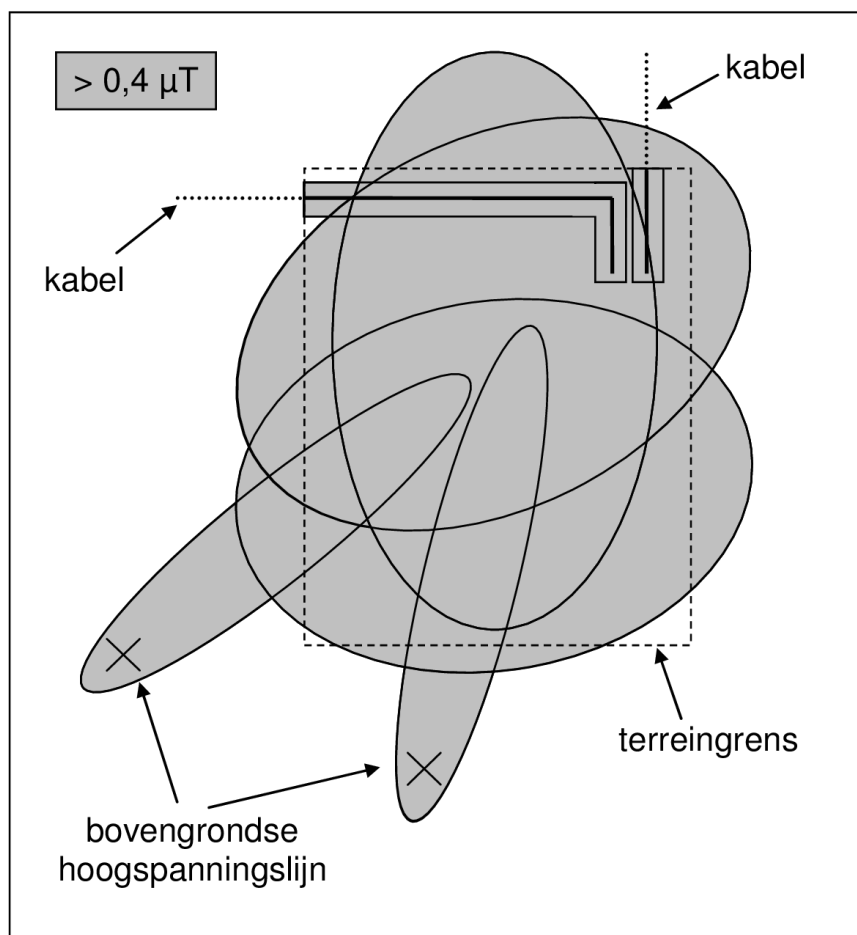
Voor de laadstroomspoelen en filterspoelen in condensatorbanken dient een schatting te worden gemaakt van het deel van het jaar dat deze spoelen zijn ingeschakeld.

2.6 Rapportage

Uiteindelijk wordt de omhullende van alle berekende mogelijkheden als de magneetveldcontour van het hoogspanningsstation gerapporteerd. Van een aangesloten hoogspanningslijn wordt de contour tot de eerste mast meegenomen; voor een aangesloten ondergrondse kabel tot aan de terreingrens. Zie Figuur 8.

Als er van een of meer van de voorgaande punten wordt afgeweken, dan dient in de rapportage over de berekeningen met een onderbouwing te worden uitgelegd hoe wordt afgeweken. Als voorbeeld: als er sprake is van een station waarop bijvoorbeeld windmolens zijn aangesloten, dan dienen voor de belasting van de toevoer zodanige aannames te worden gemaakt dat er - conform het beleid voor bovengrondse hoogspanningslijnen - een (ook toekomstig) jaargemiddelde locatie van de magneetveldcontour kan worden berekend.

³ Hier hoort wel bij dat de netbeheerder door middel van fabrieksgegevens, eigen berekeningen of metingen eenmalig generiek aantoont dat het magnetische veld van deze componenten niet bijdraagt aan het magnetische veld buiten de terreingrens van het station.



Figuur 8 De magneetveldcontour van het hoogspanningsstation is de omhullende van alle berekende mogelijkheden.

3 Vervolgacties

Het RIVM heeft dit verslag opgesteld en het voor inhoudelijke controle aan alle deelnemers aan het overleg voorgelegd. Het RIVM legt de definitieve 'rekenmethodiek magneetveldzone bij hoogspanningsstations' ten slotte ter accordering en vaststelling voor aan de ministeries van I&M en EL&I.

Bijlage C Gegevensverstrekking TenneT TSO station Tilburg380

Bijlage C-1 Gegevens primaire installatie

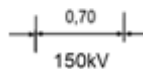
Stelsysteem	Nominale belasting [A]	Rekenbelasting [A]
Hoofdrails	8000	2400 (30%)
Transformatorvelden	4000	1200 (30%)
Lijnvelden	4000	1200 (30%)
Koppelvelden	4000	1200 (30%)
Transformatorveld 150kV-zijde	1925	963 (50%)

In het bovenaanzicht van het station (Bijlage C-3) zijn de gehanteerde klokgetallen weergegeven. Zie Bijlage C-4 tot en met C-10 voor de gehanteerde zijaanzichten van de rails en alle velden.

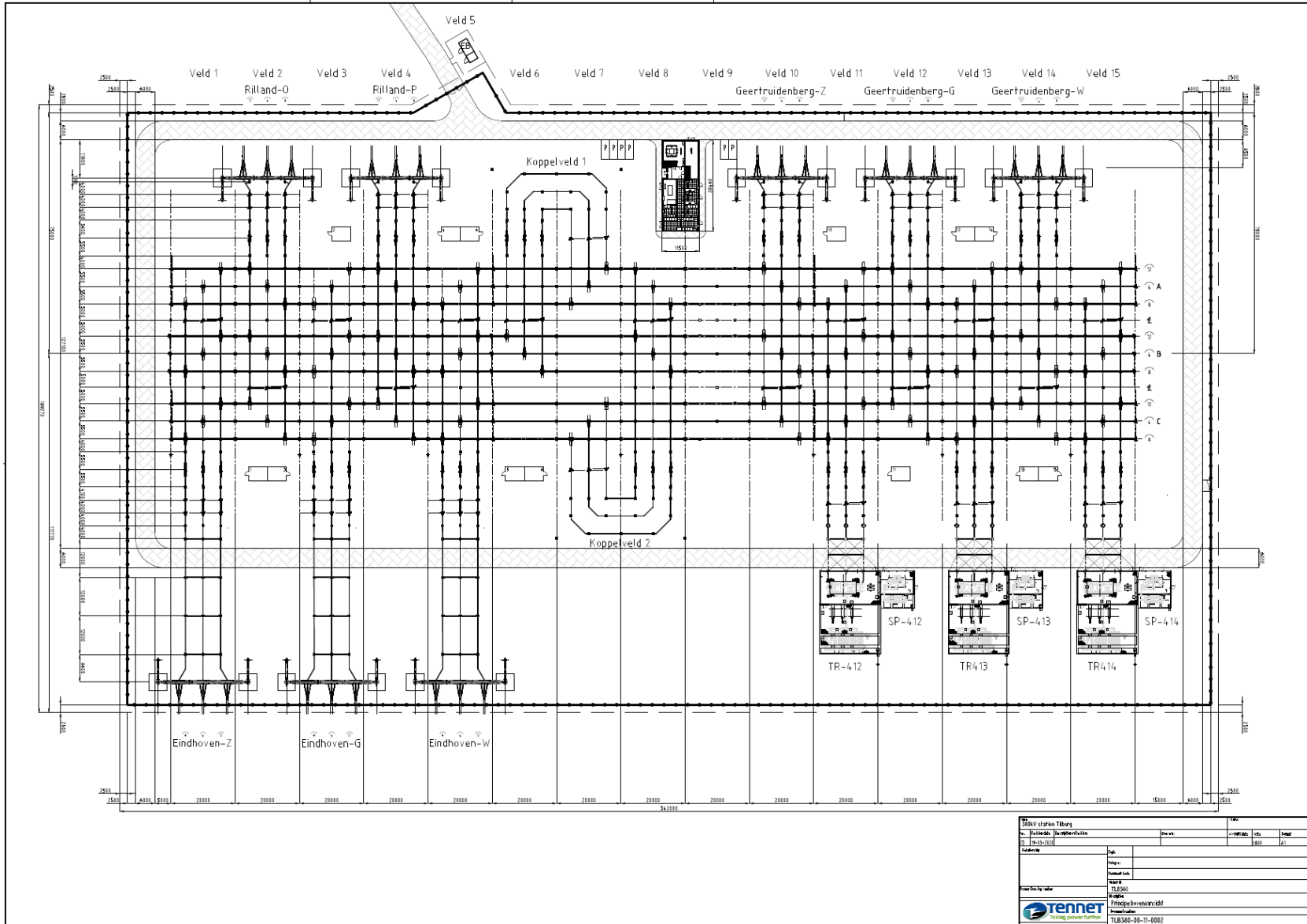
Bijlage C-2 Gegevens verbindingen

Verbinding	Nominale belasting per circuit [A]	Rekenbelasting per circuit [A]	Mastbeeld/ dwarsprofiel (bijlage)	Klokgetallen (kijkrichting: het station in)
380kV-lijn Eindhoven	3000	900 (30%)	C-12	Bijlage C-12
380kV-lijn Geertruidenberg	3000	900 (30%)	C-13	Bijlage C-13
380kV-lijn Rilland	4000	1200 (30%)	C-14	Bijlage C-14
150kV-kabels	1925	963 (50%)	Zie onderstaand	8-4-12

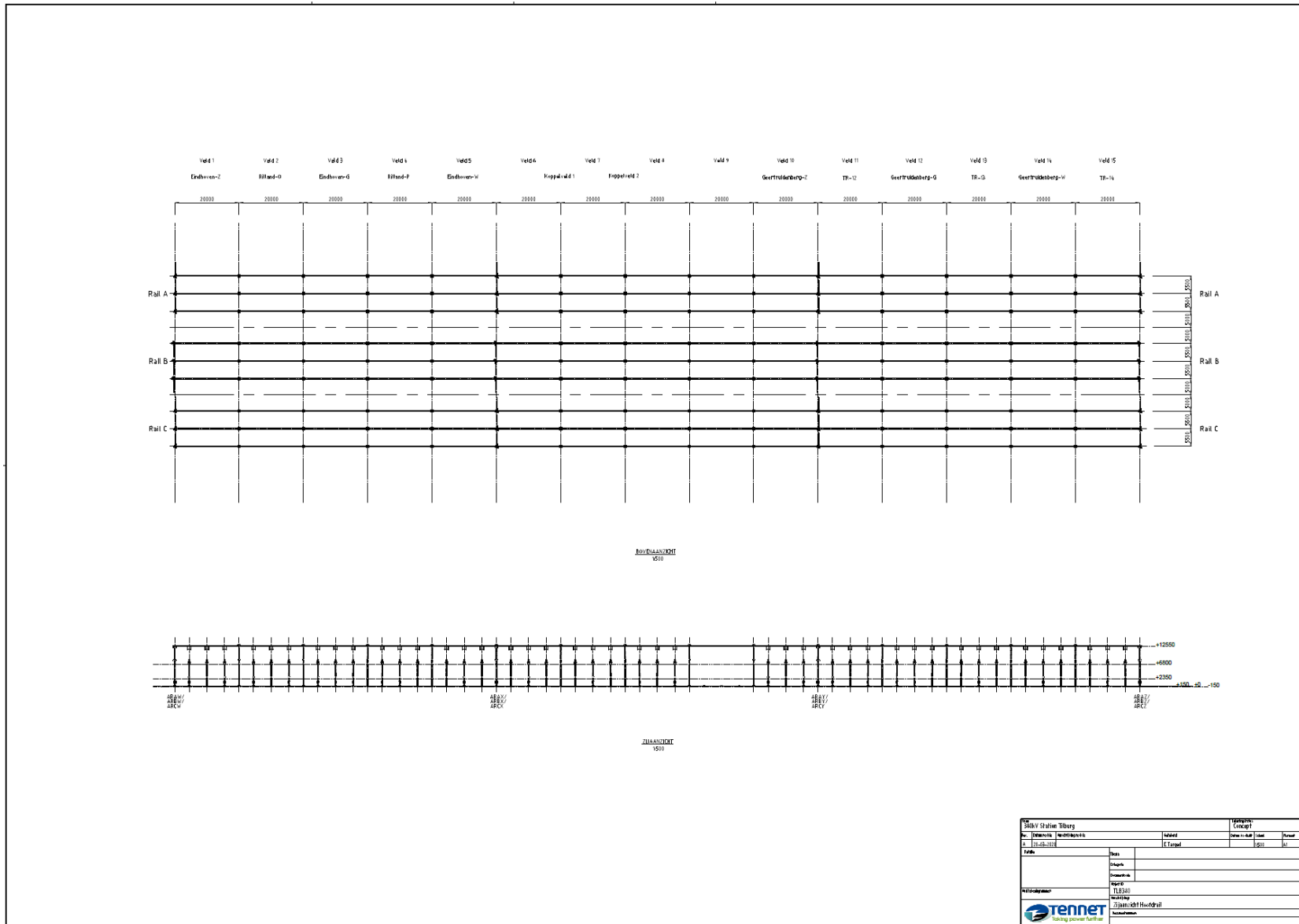
Dwarsprofiel 150kV-kabels:



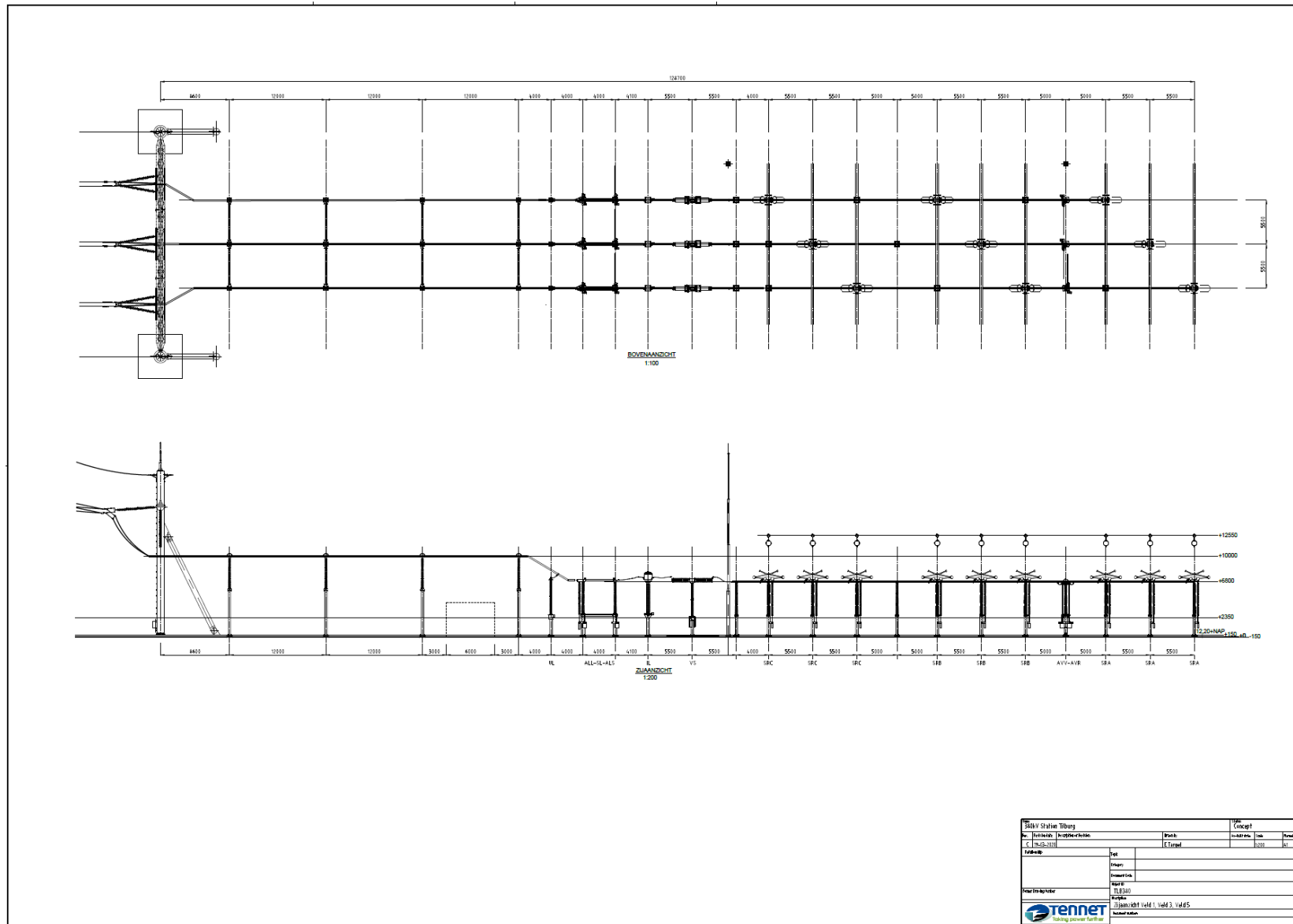
Bijlage C-3 Tekening bovenaanzicht station



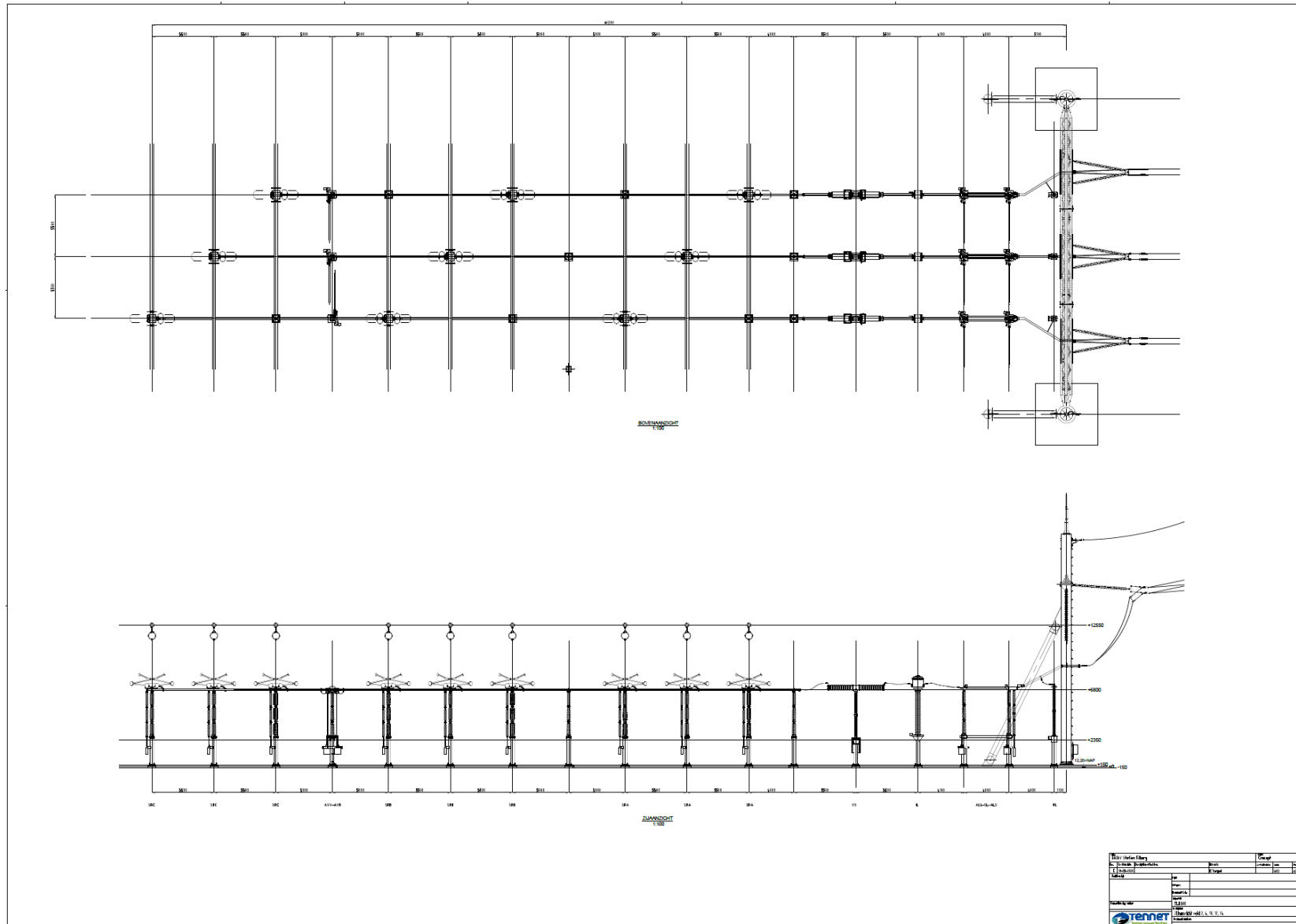
Bijlage C-4 Tekening zijaanzicht hoofdrail



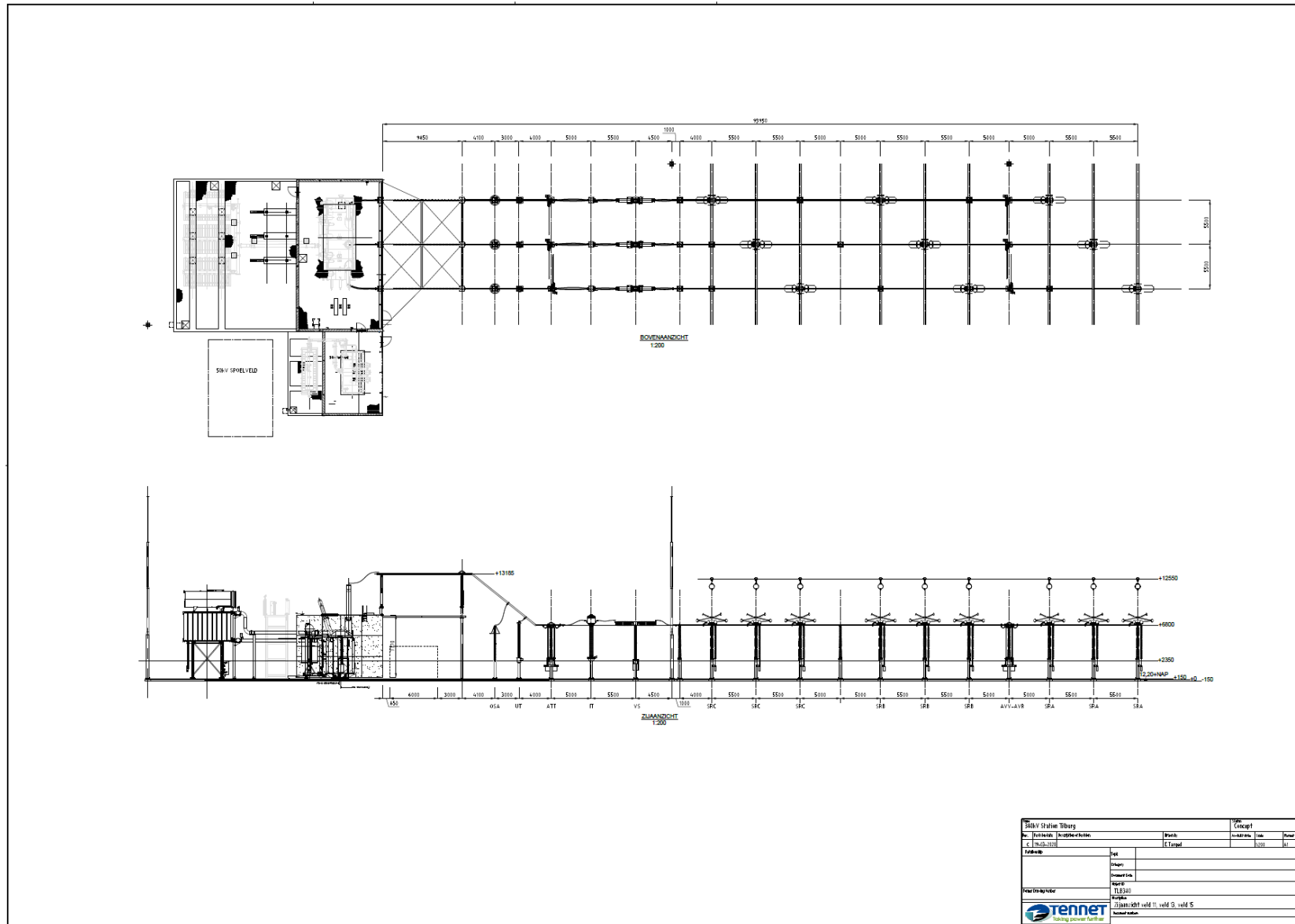
Bijlage C-5 Tekening zijaanzicht lijnveld 1, 3 en 5



Bijlage C-6 Tekening zijaanzicht lijnveld 2, 4, 10, 12 en 14

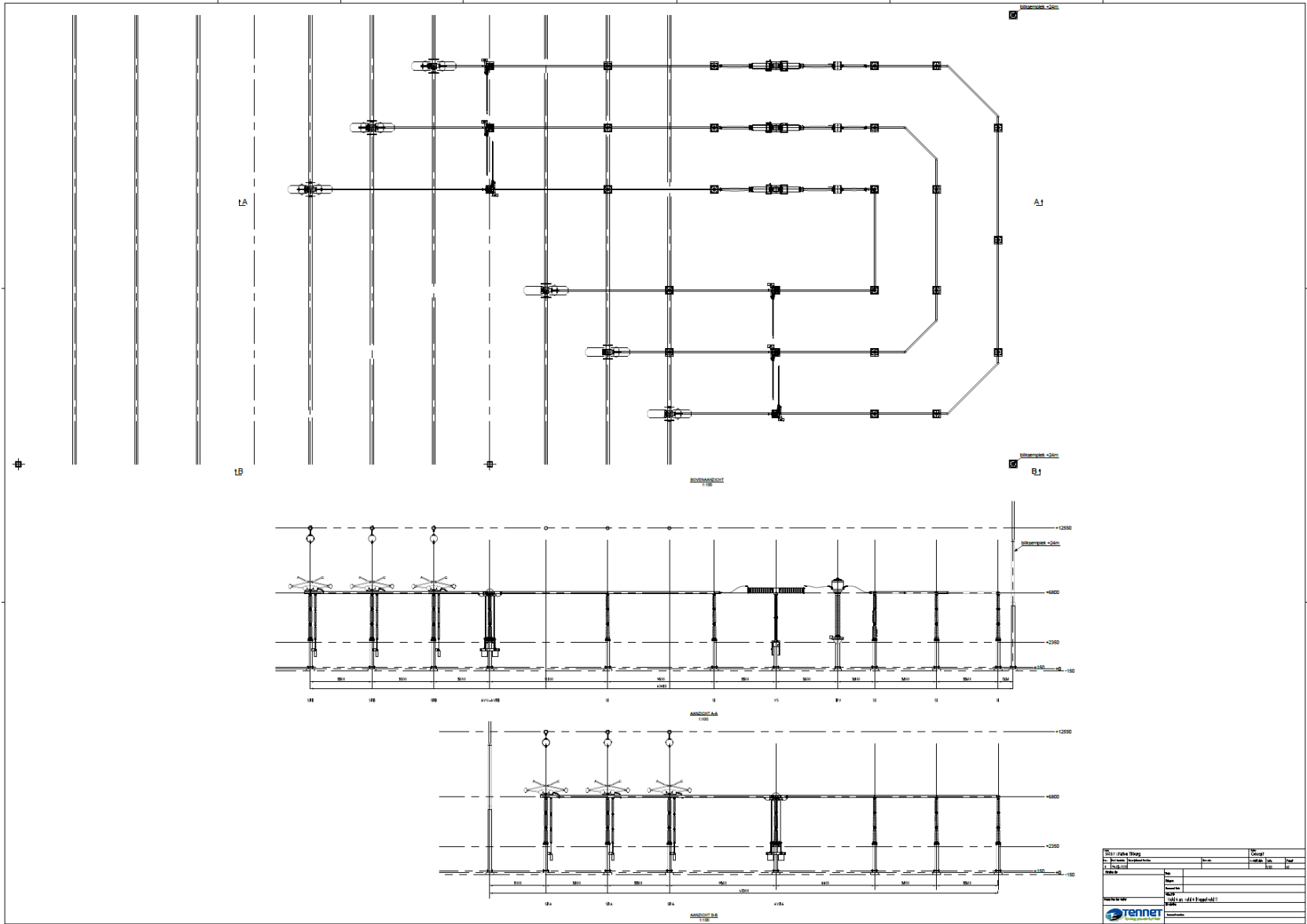


Bijlage C-7 Tekening zijaanzicht trafoveld 11, 13 en 15

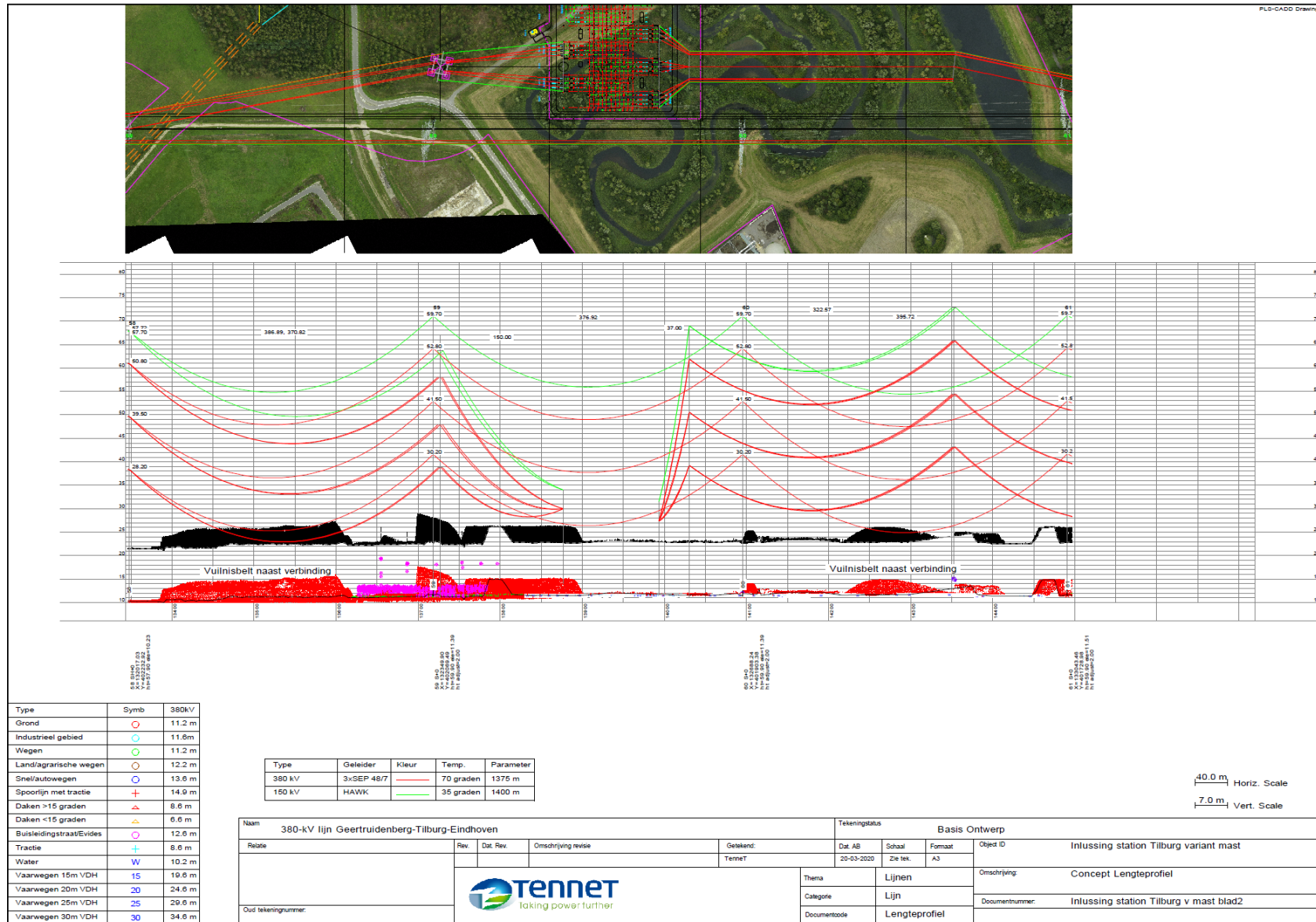


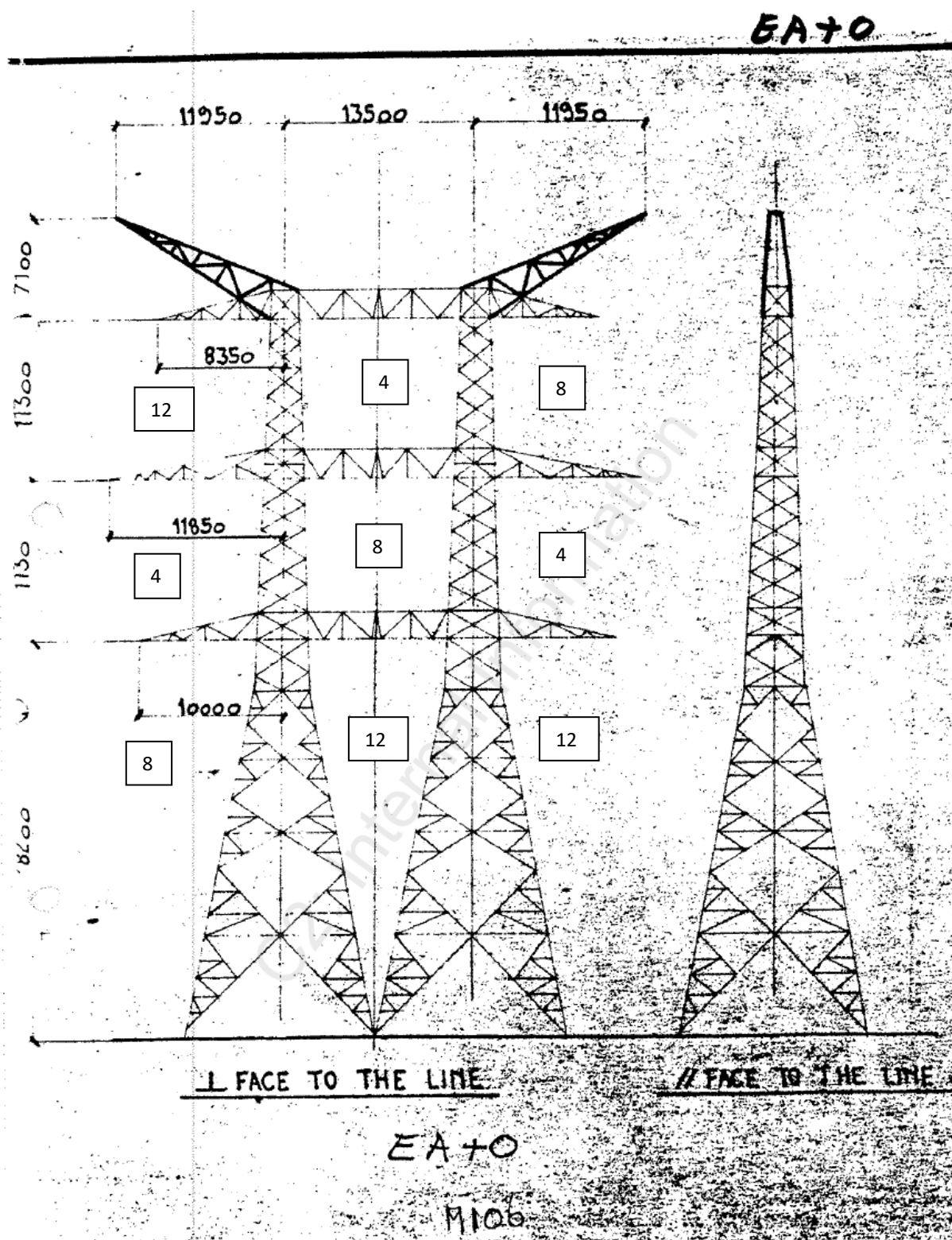
Sivv Station Tilburg		Concept	
Deel: 11	Project: 1100000000	Blad: 11	Van: 1
Van: 1	Van: 1	Van: 1	Van: 1
Titelblad			
Titel:			
Ontwerp:			
Controle:			
Uitgever:			
Uitgever:			
Uitgever:			
Uitgever:			
		Zijaanzicht veld 11, veld 5, veld 5 Datum: 2020-11-11	

Bijlage C-8 Tekening zijaanzicht koppelveld 6 en 7



Bijlage C-11 Tekening concept lengteprofiel inlussing station Tilburg





Bijlage C-14 Mastbeeld 1205 Rilland (Moldau 2x380kV eindmast)

