

141-1130
tab 1

98410040 TDP-98-01987A

Inventarisatie veldsterkte bij 'Wijgenplas' ten gevolge van de
Hoge Snelheids Lijn

Arnhem, 4 december 1998

Auteurs A.C.A.M. Danen, G.E. Tap
T&D Power

In opdracht van ING Vastgoed

auteur : G.E. Tap
B blz. 15 bijl. 1

beoordeeld : A.C.A.M. Danen
goedgekeurd : T.J. Ploag

KEMA

Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem.
Telefoon (026) 3 56 91 11. Telefax (026) 3 51 56 06.

© KEMA Nederland B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

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

KEMA Nederland 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.

INHOUD

	blz.
Samenvatting	4
1 Inleiding	5
2 Uitgangspunten	5
2.1 Emissie door de HSL	5
2.2 Immuniteit en emissie voor een computercentrum	6
2.3 Compatibiliteitsmarge	7
3 Mogelijke veldsterkten volgens norm NEN-EN 50121-2	9
4 HSL-velden in relatie tot de niveau's bij Wilgenplas	11
4.1 Emissie-niveau	11
4.2 Immuniteitsniveau	12
5 Afwegingen	13
5.1 Vermindering compatibiliteitsmarge	13
5.2 Overige onzekerheden	13
6 Conclusie	14
Bijlage A: EMC normen voor railtoepassingen	15

Samenvatting

Er is onderzoek gedaan naar de elektromagnetische velden die kunnen optreden in de computerzaal van het ING computercentrum Wilgenplas ten gevolge van de in de nabijheid aan te leggen Hoge Snelheids Lijn (HSL).

Voor het vaststellen van de maximaal te verwachten veldsterktes is uitgegaan van de normen ontwerp-NEN-EN 50121 voor spoorwegen.

Het computercentrum wordt geacht een omgeving te zijn waarvoor met betrekking tot emissie en immuñiteit de normen NEN-EN 55022 respectievelijk NEN-EN 50082-1 geldig zijn.

Vastgesteld is dat:

1. de mogelijke veldsterkten in de computerzaal van 'Wilgenplas' voor het frequentie gebied van 9 kHz tot 1 GHz niet uitgaan boven het toegestane immuñiteits-niveau voor een dergelijke omgeving
2. de mogelijke veldsterkten tenminste voor een deel van het frequentie gebied van 9 kHz tot 1 GHz boven het voor deze omgeving toegestane emissie-niveau liggen
3. de te verwachten veldsterkten voor 50 Hz naar verwachting belangrijk boven het voor deze omgeving toegestane emissie-niveau liggen
4. de marge tussen aanwezig emissie-niveau en minimum immuñiteits-niveau belangrijk afneemt waardoor de kans op verstoring van apparatuur zal toenemen.

Omdat ontwerp-NEN-EN 50121 aangeeft dat de gegeven waarden voor 80% van de passerende treinen met een zekerheid van 80% niet zullen worden overschreden, is de kans reëel dat optredende veldsterktes nog hogere waarden kunnen bereiken hetgeen de kans op verstoring nog verder zal doen toenemen.

De eindconclusie moet luiden:

uitgaande van de waarden zoals gegeven in de norm ontwerp-NEN-EN 50121-2 wordt tengevolge van de door de HSL mogelijk te genereren elektromagnetische velden de kans groter, vergeleken met de huidige situatie, dat apparatuur in het computercentrum gestoord wordt.

In dit rapport is het probleem benaderd vanuit de normen; wat is toelaatbaar en wat wordt geëist. Met de volgende zaken is geen rekening gehouden:

- het verdiept liggen van de spoorbaan. Dit kan een reducerend effect hebben op het emissie-niveau. De mate waarin dit niveau wordt beïnvloed kan mogelijk via simulatie worden bepaald
- zwerfstromen en stoorspanningen welke mogelijk via kabels van buiten het gebouw binnenkomen. Naar verwachting zal de invloed hiervan op de apparatuur verwaarloosbaar zijn echter, hiernaar dient nog verder onderzoek te worden gedaan. Er zal een nul-meting worden uitgevoerd (teneinde de huidige status vast te stellen) en de mogelijkheden zullen worden onderzocht om door middel van simulatie gegevens over mogelijke stoorspanningen te verkrijgen.

1 Inleiding

In de buurt van Rotterdam Wilgenplas komt het geplande tracé van de Hogesnelheidslijn (HSL) dicht tegen de bestaande locatie van het ING computercentrum te liggen. Het HSL tunneltracé is gepland in een 10 m verzonken tunnelbak, waarbij de draagkabels ongeveer 3.80 m onder het maaiveld liggen (rijdraad op ongeveer 4.70 m onder maaiveld). Ter plaatse van het ING computercentrum vindt voor het HSL-tracé de overgang plaats van bovengronds naar tunnel (ter hoogte van het computercentrum gaat het dak van de tunnel). Bovengenoemde afstanden kunnen hierdoor afwijken.

Het hoekpunt van de meest nabije ruimte van het computercentrum bevindt zich op 25 m afstand van het geplande tracé van de HSL. In dit rapport wordt gerekend met een afstand van 30 m tot het hart van het dichtstbijzijnde spoor.

Een beïnvloeding van de aanwezige apparatuur in het ING computercentrum door HSL wordt door ING absoluut ontoelaatbaar geacht. Evenzo wordt een toename van de kans op verstoring door HSL, in vergelijking met de huidige kans, ontoelaatbaar geacht.

Dit rapport geeft een overzicht van de mogelijk te verwachten elektromagnetische veldsterkten (= emissie-niveau) in relatie met de toegestane veldsterkten (= immuniteits-niveau).

Vervolgens wordt in kwalitatieve zin een inschatting gegeven van het risico op verstoring.

2 Uitgangspunten

2.1 *Emissie door de HSL*

Voor de maximaal optredende elektromagnetische veldsterkten is uitgegaan van de door de HSL projectgroep gehanteerde spoorwegnorm ontwerp-NEN-EN 50121 en hiervan met name de delen 1 en 2. Zie bijlage A voor een volledig overzicht.

Deze norm geeft voor het frequentiegebied van 9 kHz tot 1 GHz voor verschillende frequentiebanden de maximale emissiewaarden.

Voor het gebied van 0 tot 9 kHz zijn nog geen maximale emissiewaarden vastgesteld (volgens de norm 'under consideration'). In bijlage C van ontwerp-NEN EN 50121-2 worden echter een aantal veldsterktes geven voor het elektrische en het magnetische veld bij 50 Hz.

De norm geeft ook de toe te passen meetantennes aan alsmede de bandbreedtes waarmee moet worden gemeten.

De waarden zijn gegeven voor verschillende voedingssystemen (spanningen) waarbij de bedrijfscondities 'spanning op de bovenleiding, geen trein' en 'volledige belasting door trein' zijn meegenomen.

De emissiewaarden zoals die in de norm zijn gegeven gelden voor een positie van de meetantenne op een afstand van 10 meter tot het hart van het spoor waarop de trein rijdt. Indien op andere afstanden wordt gemeten dan geeft de norm een omrekenformule om de waarde op 10 meter afstand te kunnen bepalen.

Deze formule is toegepast om de waarde zoals genoemd in de norm (gemeten op 10 meter afstand) om te rekenen naar een waarde op 30 meter afstand.

Daarnaast is voor het elektrisch veld de waarde voor het verticaal gepolariseerde veld gegeven. Deze geeft een hogere waarde dan die van het horizontaal gepolariseerde veld (metingen bij 80 MHz hebben aangetoond dat het horizontale veld ongeveer 6 dB lager is).

De norm geeft tevens de volgende relativeringen aan:

- de gegeven waarden zijn gemeten volgens de peak 80/80 methode: de waarde zal bij 80% van de treinpassages met een zekerheid van 80% niet overschreden worden
- de effecten van weersinvloeden op de emissiewaarden van spoorrijtuigen is nog niet volledig bekend, vermoedelijk:
 - vermindert de emissie bij regen omdat de pantograaf beter contact zal maken doordat de koolstoffilm verwijderd zal worden
 - vermeerderd de emissie bij ijsafzetting op de rij- en voedingsdraad
 - zal de emissie veranderen bij hoge windsnelheden door beïnvloeding van de rijdraad en daardoor beïnvloeding van het contact tussen pantograaf en draad
- wanneer meer treinstellen zijn gekoppeld kan de volg-pantograaf verstoord worden en een hoger stoorveld genereren
- emissie zal toenemen wanneer een "baanvakvoeding" wisselt
- blikseminslag en elektromagnetische pulsen (ten gevolge van schakelen) alsmede abnormale bedrijfstoestanden (defecte treinen, kortsluiting) worden uitgesloten (ook zenders en ontvangers, dit is echter voor ING 'Wilgenplas' niet relevant).

2.2 Immuniteit en emissie voor een computercentrum

Binnen Nederland zijn een tweetal generieke immuniteits-normen geldig:

- NEN-EN 50082-1: voor een omgeving die omschreven wordt als 'huishoudelijk, handels- en licht-industrieel'
- NEN-EN 50082-2: voor een omgeving die omschreven wordt als 'industrieel'

Daarnaast zijn eveneens een tweetal generieke emissie-normen geldig:

- NEN-EN 50081-1: voor een omgeving die omschreven wordt als 'huishoudelijk, handels- en licht-industrieel'
- NEN-EN 50081-2: voor een omgeving die omschreven wordt als 'industrieel'

In deze normen is een aantal karakteristieken gegeven van de omgevingen waarop de norm betrekking heeft.

In de normen NEN-EN 50082-1 en NEN-EN 50081-1 worden de volgende voorbeelden genoemd:

- huishoudelijke eigendommen, bijvoorbeeld huizen, appartementen
- kleinhandel, bijvoorbeeld winkels, supermarkten
- zakelijke panden, bijvoorbeeld kantoren, banken
- gebouwen voor publiek vermaak, bijvoorbeeld bioscopen, café's, disco's
- buitenactiviteiten, bijvoorbeeld benzinestations, parkeergarage's, sportcentra
- licht-industriële locaties, bijvoorbeeld werkplaatsen, laboratoria, service centra.

Voor informatietechnologie apparatuur is de product-norm NEN-EN 55022 van kracht (een product-norm heeft een hogere geldigheid dan de generieke norm). In deze norm worden dezelfde waarden voor toelaatbare emissie gehanteerd als zijn gegeven in de generieke emissie norm NEN-EN 50081-1 (NEN-EN 50081-1 verwijst naar NEN-EN 55022 klasse B).

Gezien de functie van het computercentrum per definitie wordt gerealiseerd door middel van informatietechnologie apparatuur, kan uit het voorgaande worden geconcludeerd dat het computercentrum wordt geacht te behoren tot de omgeving 'huishoudelijk, handels- en licht-industrieel'.

Hiermee is vastgesteld dat voor het computercentrum de volgende normen geldig zijn:

- met betrekking tot de vereiste immuniteit: NEN-EN 50082-1
- met betrekking tot de toelaatbare emissie: NEN-EN 50081-1.

2.3 Compatibiliteitsmarge

De normen NEN-EN 50082-1 (immuniteit) en NEN-EN 55022 (emissie) zijn zodanig afgestemd op de betrokken apparatuur en de omgeving waarin deze wordt gebruikt, dat toepassen ervan een evenwichtige reeks eisen oplevert met betrekking tot de maximaal toelaatbare emissie en de minimaal vereiste immuniteit voor apparatuur in die omgeving.

Apparatuur die aan de eisen uit de immuniteits-norm voldoet zal een immuniteits-niveau bezitten dat tenminste gelijk is aan of ligt boven het minimaal vereiste immuniteits-niveau. Evenzo zal apparatuur die aan de eisen uit de emissie-norm voldoet een emissie-niveau bezitten dat ten hoogste gelijk is aan of ligt onder het maximaal toelaatbare emissie-niveau.

De afstand tussen het maximaal toelaatbare emissie-niveau en het minimaal vereiste immuniteits-niveau vormt een veiligheidsmarge; de zogenaamde compatibiliteitsmarge. Deze marge is bedoeld om te voorkomen dat, bijvoorbeeld ten gevolge van toleranties in apparatuur en/of combinaties van ongunstige situaties, het emissie-niveau van de omgeving boven het immuniteits-niveau van een apparaat stijgt of het immuniteits-niveau van een

apparaat zakt onder het emissie-niveau van de omgeving (of een combinatie van beide verschijnselen).

Verstoring van een apparaat zal optreden indien het immuniteits-niveau van dit apparaat onder het emissie-niveau van de omgeving ligt.

De grootte van de compatibiliteitsmarge is mede bepalend voor de kans dat verstoring van apparatuur optreedt.

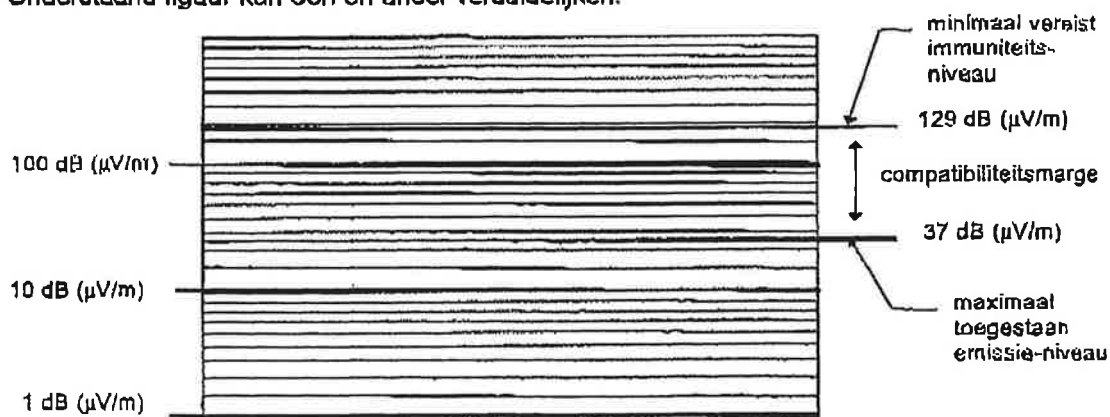
Daarnaast dient te worden voorkomen dat het aanwezige emissie-niveau uitstijgt boven de algemeen aanvaarde normen zodat het toepassen van draadloze communicatie en dergelijke niet wordt belemmerd.

Bij toepassen van apparatuur die voldoet aan de eisen zoals genoemd in de normen, zal een voldoende marge aanwezig zijn tussen het immuniteits-niveau van een apparaat en het in zijn omgeving maximaal aanwezige emissie-niveau.

Teneinde te kunnen vaststellen of een door de HSL veroorzaakt veld de kans op verstoring van apparatuur wezenlijk zal vergroten dient te worden nagegaan of de voor de betreffende omgeving vereiste compatibiliteitsmarge wordt aantast en daarmee de kans op verstoring van apparatuur, vergeleken met de huidige situatie, groter zal worden.

Het is daarom niet alleen van belang te bepalen of het storend veld het voor die omgeving geldende minimum immuniteits-niveau overschrijdt (wat vrijwel zeker verstoring tot gevolg zal hebben); ook de mate waarin het voor die omgeving maximaal toelaatbare emissieniveau wordt overschreden (waarmee de kans op verstoring zal toenemen) dient te worden bepaald.

Onderstaand figuur kan een en ander verduidelijken.



Figuur 1: compatibiliteitsmarge

3 Mogelijke veldsterkten volgens norm NEN-EN 50121-2

Volgens de norm ontwerp-NEN-EN 50121-2 mogen, 10 meter uit het hart van het dichtstbijzijnde spoor en gemeten volgens de peak 80/80 methode, veldsterktes optreden zoals gegeven in tabel 1.

emission limits for open railway route peak 80/80				
voeding trein	0 - 9 kHz	9 - 150 kHz dB (μA/m)	0,15 - 30 MHz dB (μA/m)	30 - 1000 MHz dB (μV/m)
25 kV ac	no limits	65 - 40	75 - 25	100 - 75
15 kV ac	no limits	60 - 35	70 - 20	95 - 70
3 kV dc	no limits	60 - 35	70 - 20	95 - 70
1,5 kV dc	no limits	60 - 35	70 - 20	95 - 70
750 V dc	no limits	50 - 25	60 - 10	85 - 60

emissielimieten zijn gegeven als de eindpunten van een dB/log(f) grafiek

Tabel 1: emissielimieten voor open spoorlijnen

Voor onderstations (voeding van de bovenleiding) gelden de waarden volgens tabel 2.

emission limits for railway substations quasi peak 80/80			
0 - 9 kHz	9 - 150 kHz dB (μA/m)	0,15 - 30 MHz dB (μA/m)	30 - 1000 MHz dB (μV/m)
no limits	65 - 45	60 - 20	65 - 47

emissielimieten zijn gegeven als de eindpunten van een dB/log(f) grafiek

Tabel 2: emissielimieten voor spoorweg onderstations

Teneinde de peak waarden uit tabel 1 te kunnen vergelijken met de maximaal toegestane emissie waarden voor de betreffende omgeving (gegeven in quasi-peak in norm NEN-EN 55022) dient een correctie-factor te worden toegepast zoals aangegeven in tabel 3.

frequentie	IS	B _{imp}	verhouding peak/quasi-peak (dB) voor puls herhaling	
f	mVs	Hz	25 Hz	100 Hz
9 - 150 kHz	$6,67 \times 10^{-3}$	$0,21 \times 10^3$	6,1	-
0,15 - 30 MHz	$6,67 \times 10^{-3}$	$0,21 \times 10^3$	-	6,6
30 - 1000 MHz	$6,67 \times 10^{-3}$	$0,21 \times 10^3$	-	12,0

Tabel 3: relatieve puls respons van peak en quasi-peak meetontvangers voor dezelfde bandbreedte (uit CISPR 16-1)

-10-

98410040 TDP-98-01987A

In de norm ontwerp-NEN-EN 50121-2 wordt, met betrekking tot de geldigheid van waarden, aangegeven dat de emissiewaarden slechts geldig zijn als de emissie in quasi-peak tenminste 20 dB ligt onder de waarden in peak. Omdat de correctie-factoren zoals gegeven in tabel 3 kleiner zijn dan genoemde 20 dB, wordt als correctie-factor 20 dB gehanteerd.

N.B. in de norm ontwerp-NEN-EN 50121-2 wordt gesteld dat er geen duidelijke relatie is tussen peak en quasi-peak methode, maar dat de laatste altijd kleiner of gelijk aan de peak methode zal zijn. De verkregen waarden zijn bedoeld om een "gevoel" te krijgen voor de optredende velden, en moeten daarom als indicatief worden beschouwd.

Daar het gebouw van ING Wilgenplas ligt op 30 m van het hart van het dichtstbijzijnde spoor zullen de emissiewaarden op de hoek van het gebouw 10 dB geringer zijn dan op een afstand van 10 m vanuit het spoor.

Bij toepassing van de correctie-methoden zoals hiervoor gegeven ('peak $\Rightarrow$ quasi peak' en 'afstand 10 $\Rightarrow$ 30 m') dienen de in tabel 1 gegeven waarden gecorrigeerd te worden met een verlaging van 30 dB.

Tabel 4 geeft de mogelijk optredende emissie waarden in quasi peak op de hoek van het gebouw (aan de zijde welke het dichtst bij de HSL ligt).

emission limits expected at building "quasi-peak" 80/80				
voeding trein	0 - 9 kHz	9 - 150 kHz dB (μ A/m)	0,15 - 30 MHz dB (μ A/m)	30 - 1000 MHz dB (μ V/m)
25 kV ac	no limits	35 - 10	45 - 0	70 - 45
limits below 30 MHz are specified for conductor bound interferences only				
emissielimieten zijn gegeven als de eindpunten van een dB/log(f) grafiek				

Tabel 4: gecorrigeerde emissielimieten voor open spoorlijnen.

4 HSL-velden in relatie tot de niveau's bij Wilgenplas

Vastgesteld is dat het computercentrum behoort tot de omgeving 'huishoudelijk, handels- en licht-industrieel'. De volgende normen zijn hier van kracht:

- NEN-EN 50082-1: met betrekking tot immuniteit
- NEN-EN 55022: met betrekking tot emissie.

Zoals reeds opgemerkt zal toepassing van beide normen voor een dergelijke omgeving resulteren in een voldoende groot geachte veiligheidsmarge tussen toelaatbaar emissie-niveau en vereist immuniteits-niveau.

Aantasting van deze marge betekent een grotere kans op verstoring van apparatuur.

4.1 Emissie-niveau

NEN-EN 55022 geeft de maximaal emissie-niveau's die men nog toelaatbaar acht voor een omgeving als het computercentrum. Tabel 5 geeft een overzicht van deze emissie-niveau's.

emission limits (quasi peak)				
			30 - 230 MHz dB (μ V/m)	230 - 1000 MHz dB (μ V/m)
limit NEN-EN 55022			30	37
limits below 30 MHz are specified for conductor bound interferences only				

Tabel 5: maximale emissie-niveau's voor omgeving 'huishoudelijk, handels- en licht-industrieel'

Uit het KEMA-rapport 98410040-TDP 98-1227 ("Elektromagnetische veldsterkte metingen in en bij het ING computercentrum Wilgenplas") blijkt dat de demping van het gebouw voor elektromagnetische velden voor het frequentiegebied van 9 kHz tot 1 GHz sterk frequentie-afhankelijk is en varieert van 1,5 tot 40 dB.

Voor het frequentiegebied van 30 MHz tot 300 MHz is de demping ten hoogste 32,5 dB.

Voor het frequentiegebied van 300 MHz tot 1 GHz is de demping ten hoogste 22 dB.

Om de waarden uit tabel 4 en tabel 5 met elkaar te kunnen vergelijken wordt het frequentiegebied van 30 MHz tot 1 GHz beschouwd en wordt de gebouwdemping meegenomen.

Voor het frequentiegebied van 30 MHz tot 1 GHz is volgens tabel 4 het maximaal te verwachten emissie-niveau 70 dB (μ V/m); met toenemende frequentie afnemend naar 45 dB (μ V/m).

Indien voor dit frequentiegebied de demping van het gebouw wordt meegenomen dan wordt het maximaal te verwachten emissie-niveau in de computerzaal voor het gebied net boven de 30 MHz $(70 - 32,5) = 38$ dB (μ V/m). Deze waarde ligt boven het volgens NEN-EN 55022 maximaal toegestane emissie-niveau voor apparatuur in deze omgeving (30 dB (μ V/m)).

4.2 Immunitetsniveau

De immunitets-eisen voor de omgeving 'huishoudelijk, handels- en licht-industrieel' volgens NEN-EN 50082-1 zijn in tabel 6 gegeven.

Norm	opmerkingen	limiet
NEN-EN61000-4-8	50 Hz magnetisch veld alleen van toepassing op apparatuur die gevoelig is voor magnetische velden	3 A/m (= 129 dB(μ A/m))
NEN-EN61000-4-3	EM veld, AM-gemoduleerd (80%, 1 kHz) 80 MHz - 1000 MHz	3 V/m (= 129 dB(μ V/m))
NEN-EN61000-4-6	rfi-storingen ingekoppeld op bedrading AM-gemoduleerd (80%, 1 kHz) 150 kHz - 80 MHz	3 V
hogere- en interharmonische velden zijn niet gespecificeerd, maar verdienen wel aandacht		

Table 6: immunitets-eisen voor omgeving 'huishoudelijk, handels- en licht-industrieel'

De in bijlage C van ontwerp-NEN-EN 50121-2 aangegeven mogelijke emissiewaarden bij 50 Hz zijn:

- Elektrisch veld: 1000 V/m = 180 dB(μ V/m)
- Magnetisch veld: 16 μ T = 142 dB(μ A/m)

Vergelijking van de maximaal mogelijke waarde voor het magnetisch veld met de minimaal te eisen waarde voor immunitet (zie tabel 6 magnetisch veld voor 50 Hz) maakt duidelijk dat deze waarden in dezelfde grootteorde liggen.

N.B. Hierbij dient te worden opgemerkt dat niet duidelijk is hoe de verzwakking van het 50 Hz magnetisch veld is als functie van de afstand. De norm ontwerp-NEN-EN 50121-2 geeft echter aan dat deze afname omgekeerd evenredig is met de afstand wat op 30 meter afstand resulteert in 10 dB afname.

Het is niet duidelijk welke demping het gebouw bezit bij 50 Hz. Te verwachten is dat dit weinig verandering van de waarden zal geven.

5 Afwegingen

5.1 Vermindering compatibiliteitsmarge

Uit de vergelijking in hoofdstuk 4.1 wordt duidelijk dat het maximaal te verwachten emissie-niveau in de computerzaal in ieder geval voor een deel van het gebied van 30 MHz tot 1 GHz ligt boven het volgens NEN-EN 55022 maximaal toegestane emissie-niveau voor apparatuur in deze omgeving.

De compatibiliteitsmarge is hier dus kleiner geworden.

Uit de vergelijking in hoofdstuk 4.2 blijkt dat voor 50 Hz de maximaal mogelijke waarde voor het magnetisch veld in dezelfde grootteorde ligt als de minimaal te eisen waarde voor immuniteit. De compatibiliteitsmarge is hier dus vrijwel volledig verdwenen.

5.2 Overige onzekerheden

Vanuit de norm NEN-EN 50121-2 zelf worden de volgende onzekerheden aangegeven welke de kans op verstoring van apparatuur in ongunstige zin kunnen beïnvloeden:

- 1 de (informatieve) bijlage C bij norm NEN-EN 50121-2 geeft als berekende waarde op 10 m van een 25 kV spoor bij 1,5 kA een E-veld van 1000 V/m of 180 dB ($\mu\text{V/m}$) en een H-veld van 16 μT of 142 dB($\mu\text{A/m}$). Deze laatste waarde ligt na correctie op 30 m vermoedelijk rond het vereiste minimum immuniteits-niveau van 129 dB(μA)
- 2 emissiewaarden in het tijddomein van bewegende treinen geven transiënten van 46 dB($\mu\text{A/m}$) boven een continue 22 dB ($\mu\text{A/m}$) (of een grondniveau van 12 A/m met transiënten tot 200 A/m)
- 3 de waarden gelden voor 80% voor de passerende treinen met 80% zekerheid. De kans is dus aanwezig dat de veldsterkte incidenteel boven de aangegeven waarden komen
- 4 de effecten van weersinvloeden op de emissiewaarden van treinen is nog niet volledig bekend, vermoedelijk:
 - vermindert de emissie bij regen omdat de pantograaf beter contact zal maken doordat de koolstoffilm verwijderd zal worden
 - vermeerderd de emissie bij ijsafzetting op de rijdraad
 - zal de emissie veranderen bij hoge windsnelheden door beïnvloeding van de voedingsdraad en het contact tussen pantograaf en rijdraad
- 5 wanneer meer treinstellen zijn gekoppeld kan de volg-pantograaf verstoord worden en een hoger stoorveld genereren
- 6 emissie zal toenemen wanneer een "baanvakvoeding" wisselt
- 7 blikseminslag en elektromagnetische pulsen (ten gevolge van schakelen) alsmede abnormale bedrijfstoestanden (defecte treinen, kortsluiting) worden uitgesloten (ook zenders en ontvangers, dit is echter voor ING 'Wilgenplas' niet relevant).

Daarnaast zijn de volgende zaken niet in ogenschouw genomen:

- het verdiept liggen van de spoorbaan kan een reducerend effect hebben op het emissie-niveau. De mate waarin dit niveau wordt beïnvloed kan mogelijk via simulatie worden bepaald.
- mogelijk kunnen zwerfstromen en/of stoorspanningen via kabels van buiten het gebouw binnenkomen. Op dit moment zijn hiervan geen gegevens beschikbaar. De verwachting is dat hier geen problemen zullen optreden.
Mogelijk dat, indien de ligging van kabels bekend is, door middel van simulatie een inschatting kan worden gemaakt van de te verwachten stoorspanningen. Recent zijn programma's voor simulatie beschikbaar gekomen. De bruikbaarheid daarvan moet voor KEMA echter eerst nog aangetoond worden.

6 Conclusie

De volgende overwegingen in acht nemende:

- het vanuit de norm ontwerp-NEN-EN 50121 voor de HSL toegestane emissie-niveau vermindert voor de locatie 'Wilgenplas' de marge tussen emissie- en immuniteitsniveau
- een aantal onzekerheden kan het emissie-niveau verder verhogen

moet worden geconcludeerd dat de kans op verstoring van apparatuur zal toenemen indien de HSL wordt gebouwd volgens het geplande tracé.

Bijlage A

EMC NORMEN

- NEN-EN 50082-1: Electromagnetische compatibiliteit. Algemene immuniteitsnorm.
Deel 1: huishoudelijk, handels- en licht-industriële omgeving.
November 1997
- NEN-EN 50082-2: Electromagnetische compatibiliteit. Algemene immuniteitsnorm.
Deel 2: industriële omgeving. Juni 1995
- NEN-EN 50081-1: Electromagnetische compatibiliteit. Algemene emissienorm.
Deel 1: huishoudelijk, handels- en licht-industriële omgeving.
Januari 1994
- NEN-EN 50081-2: Electromagnetische compatibiliteit. Algemene emissienorm.
Deel 2: industriële omgeving. Oktober 1994
- NEN-EN 55022: Grenswaarden en meetmethoden van radiostoringskenmerken van gegevensverwerkende apparatuur.
Augustus 1995 /A1: 1996 /C1: 1997

Normen voor railtoepassingen:

Doel van de EMC set van produkt-specifieke spoorwegnormen is in het algemeen om te komen tot overeenstemming met de EMC-richtlijn.

Er zijn een serie voornormen gepubliceerd in de 50121-serie, te weten:

- ontwerp NEN-EN 50121-1: Railway applications - Electromagnetic compatibility
Part 1: General. Oktober 1997;
- ontwerp NEN-EN 50121-2: Railway applications - Electromagnetic compatibility;
Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world. Oktober 1997
- ontwerp NEN-EN 50121-3-1: Railway applications - Electromagnetic compatibility;
Part 3-1: Rolling stock - Train and complete vehicle. Oktober 1997
- ontwerp NEN-EN 50121-3-2: Railway applications - Electromagnetic compatibility;
Part 3-2: Rolling stock - Apparatus. Oktober 1997
- ontwerp NEN-EN 50121-4: Railway applications - Electromagnetic compatibility;
Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus. Oktober 1997
- ontwerp NEN-EN 50121-5: Railway applications - Electromagnetic compatibility;
Part 5: Fixed power supply installations. Oktober 1997

De normen zijn opgesteld om te worden geïmplementeerd in de volgende Europese richtlijnen:

- 89/336/EEC: Electromagnetische compatibiliteit
- 91/440/EEC: Ontwikkeling van publieke spoorssystemen

Het doel van de normen is de eisen voor elektromagnetische emissie en immuniteit te specificeren voor producten toegepast in railtoepassingen en voor de spoorwagen gezien als installatie.

Verschijnselen als bliksem, EM puls en abnormaal bedrijf zijn niet in de normen opgenomen.

Advocaten en Notarissen

Stibbe Simont Monahan Duhot

Stibbevoeren
Strawinskylaan 2001
1077 ZZ Amsterdam
Postbus 75640
1070 AP Amsterdam

Telefoon: 020-546 06 06
Telex 16414 Stib NL
Telefax 020-546 01 33
E-mail ssmd@stibbe.nl

fig. 020

141-1130
tab 2

RAAD VAN STATE	
INGEKOMEN	
0 5 MRT 1999	
ZAAKNR.	
AAN:	
BEHANDELD: DD:	PAR:

PER TELEFAX: 070 - 3651380

Aan de Voorzitter van de
Afdeling Bestuursrechtspraak
van de Raad van State
T.a.v mevrouw M. van Beek - Wensveen
Postbus 20019
2500 EA 'S-GRAVENHAGE

Referentie
JG/mb

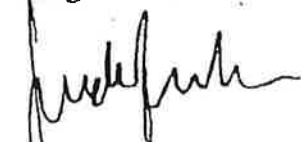
Doorkiesnummer Datum
5 460 158 5 maart 1999
Direct faxnummer
5 460 734

Betreft: PKB en tracébesluit HSL-Zuid; zaaknummer E01.98.0242

Edelachtbare heer,

In bovengenoemde zaak zend ik u hierbij nadere stukken als bedoeld in artikel 8:58 lid 1 Awb. Het betreft een rapport van KEMA Nederland B.V. met betrekking tot mogelijke verstoring van de bedrijfsvoering van "Wilgenplas" ten gevolge van storende velden door de HSL.

Hoogachtend,



J.H.A. van der Grinten

bijlage.

De maatschap Stibbe Simont Monahan Duhot
bestaat mede uit rechtspersonen.
The partnership Stibbe Simont Monahan Duhot
includes corporations.

Kwantificering mogelijke verstoring van bedrijfsvoering van "Wilgenplas" ten gevolge van storende velden door de Hoge Snelheids Lijn.

Samenvatting

Er zijn op dit moment slechts voor de in de spoorwegnorm omschreven fenomenen kwalitatieve verwachtingen te geven van de kans op verstoring van de bedrijfsvoering van "Wilgenplas".

Er worden in de spoorwegnorm een aantal situaties uitgesloten die naar verwachting de meeste kans op verstoring zouden kunnen opleveren.

Er zijn met gebruikmaking van de EMC-normen geen kwantitatieve waarden te geven voor de kans op verstoring.

1 Inleiding

Deze notitie gaat in op de kwantificering c.q. de mogelijkheid tot kwantificering van de kans op verstoring van de processen bij "Wilgenplas" ten gevolge van het optreden van storende velden veroorzaakt door de nabij aan te leggen HSL.

Hier toe wordt allereerst ingegaan op de verschillende aspecten die bij een EMC probleem en de bijbehorende normen aan de orde zijn. Daarna wordt ingegaan op de specifieke problematiek bij de bepaling van de kans op verstoren van de functionaliteit van "Wilgenplas" ten gevolge van de HSL.

2 Aspecten van een EMC probleem

De definitie van EMC luidt: the ability of an equipment or system to function satisfactorily in its electromagnetic environment without introducing intolerable electromagnetic disturbances to anything in that environment.

EMC-problemen zijn gerelateerd aan elektromagnetische beïnvloeding (het aanwezig zijn van een elektromagnetisch veld). Het probleem is echter niet de beïnvloeding zelf, maar de verstoring (van het functioneren van een apparaat of systeem) die het resultaat is van deze beïnvloeding.

Uitgaande van de definitie van EMC kan worden vastgesteld dat een apparaat elektromagnetisch compatibel is met zijn omgeving indien het in zijn elektromagnetische omgeving (waarin het geacht wordt deze functie te vervullen) zijn functie naar tevredenheid (c.q. volgens de specificatie) vervult zonder ontoelaatbare elektromagnetische verstoringen te veroorzaken bij iets anders (willekeurig wat) in deze omgeving.

Uit de definitie en uit hetgeen daaruit kan worden afgeleid kan worden geconcludeerd dat het bij EMC niet per definitie gaat om het voorkomen van beïnvloeding, maar dat het gaat om het vervullen van een functie in een bepaalde omgeving en het niet ontoelaatbaar beïnvloeden van andere objecten in die omgeving.

De definitie geeft aan dat het noodzakelijk is aandacht te geven aan de volgende aspecten:

1. Het gewenste functioneren van een apparaat of systeem
2. Toelaatbare verstoring van apparaten of systemen
3. De omgeving waarin het apparaat of systeem moet functioneren.

Omdat het wel of niet bereiken van EMC ook een risicoaspect (risico = kans x effect) heeft, teneinde een verantwoorde afweging te kunnen maken van de te nemen maatregelen, ook aan de volgende punten aandacht te worden gegeven:

4. De waarschijnlijkheid en de sterkte van een beïnvloeding
5. Het toelaatbaar gedrag van het object bij een beïnvloeding
6. Het resultaat bij onacceptabele verstoring van het functioneren van een object

Uit bovenstaande moge duidelijk zijn dat het elektromagnetisch compatibel zijn niet meer of minder is dan het op een aanvaardbaar niveau brengen van de kans op een verstoring van het functioneren van een apparaat of systeem. Wat aanvaardbaar is zal worden bepaald door het optredende risico.

3 De zekerheid van normen

Het opstellen van normen is (in het geval van EMC) een methode om door middel van standaard testen de gevoeligheid (immunititeit) of de uitgezonden verstoringen (emissie) van een apparaat te bepalen. Normen werken altijd met een standaard (indien mogelijk een laboratorium) omgeving teneinde resultaten reproduceerbaar te maken.

Bij het toepassen van normen dient men zich de volgende beperkingen te realiseren:

- De waarden in de norm zijn bepaald onder gedefinieerde omstandigheden
- Apparaten kunnen ten gevolge van productietoleranties afwijken van de waarde

De genoemde beperkingen betekenen in de praktijk dat men een veiligheidsmarge dient aan te houden tussen het stoorniveau op een locatie en het immunitetsniveau van de apparatuur die men op die locatie wil toepassen. Of men hierbij de emissie van apparaten of de immunititeit van apparaten wil aanpassen dient voor elke situatie te worden bepaald.

Immunitetsnormen geven dus waarden voor de gevoeligheid van apparatuur voor bepaalde storende verschijnselen bij bepaalde frequenties, zowel stralende als draadgebonden. Evenzo geven emissienormen waarden voor de storende verschijnselen en bijbehorende frequentiegebieden die door een apparaat worden uitgezonden, zowel stralend als draadgebonden.

Het feit dat de eigenschappen van apparaten kunnen afwijken en dat omstandigheden kunnen variëren, betekent dat gegeven waarden als zijnde statistisch dienen te worden beschouwd.

3.1 WAARSCHIJNLIJKHEDEN

De waarschijnlijkheid die vanuit de definitie van EMC duidelijk wordt, is ook in de normen terug te vinden.

Immunitetsnormen:

De immunitetsnormen geven de waarschijnlijkheid met betrekking tot het bereiken van compatibiliteit weer in de volgende termen:

- De immunitetsniveaus zijn zodanig gekozen dat een voldoende en passend niveau van immunititeit wordt gegarandeerd. Wat in een specifiek geval 'voldoende' en 'passend' is, moet dus worden bepaald door de gebruiker
- De gegeven testniveaus ondervangen geen uitzonderlijke situaties met een zeer lage waarschijnlijkheid van optreden. Indien ook in deze situaties geen verstoring op mag treden dan dient hier apart aandacht aan te worden gegeven
- Er zijn alleen testniveaus gegeven voor de storende fenomenen die als relevant worden beschouwd voor de apparatuur in de bedoelde omgeving. De gebruiker dient dus te bepalen welke gegeven testniveaus relevant zijn en of voor alle relevante fenomenen niveaus gegeven zijn.

05/03 '99 16:18 FAX 31 20 541 9723

ING GROEP JZ
ING VASTGOED BEL
KEMA-TDP05/03 '99 VRI 13:55 FAX 31 70 3419628
05/03 '99 VRI 12:02 FAX 031263513683

0004

-3

Voor de bewuste omgeving. In dit geval een rekencentrum, is de norm NEN-EN 50082-1 ('huishoudelijk, handels- en licht-industrieel') van toepassing. Deze geeft voor zowel stralende fenomenen als stoorspanningen op bedrading, minimale vereiste waarden.

Emissienormen:

Ook met betrekking tot emissienormen gelden in principe de hierboven voor immunitatienormen aangegeven waarschijnlijkheden.

Voor het rekencentrum is de norm NEN-EN 60081-1 ('huishoudelijk, handels- en licht-industrieel') van toepassing. Deze geeft voor zowel stralende fenomenen als stoorspanningen op bedrading, maximaal toegestane waarden.

In dit geval waarin de HSL mogelijk een verstoring kan veroorzaken in het functioneren van "Wilgenplas" is op dit moment de emissienorm NEN-EN 50121-2 de enige bron waaruit gegevens kunnen worden verkregen met betrekking tot verwachte veldsterktes ten gevolge van de HSL. De waarden die de norm NEN-EN 50121-2 dienen, lenende een inschatting te kunnen geven of storende velden problemen kunnen opleveren voor het functioneren van "Wilgenplas", te worden omgerekend naar waarden die in het rekencentrum zijn te verwachten.

Met betrekking tot de veldsterkten die in de NEN-EN 50121-2 gegeven worden geldt dat in de norm zelf wordt aangegeven dat:

- De opgegeven veldsterktes door 80% van de passerende treinen met 80% zekerheid niet zullen worden overschreden
- De effecten van weersinvloeden op de emissiewaarden van treinen nog niet volledig bekend zijn, vermoedelijk:
 - verminderd de emissie bij ijsafzetting op de rijdraad
 - zal de emissie veranderen bij hoge windsnelheden door beïnvloeding van de voedingsdraad en het contact tussen pantograaf en rijdraad
- Wanneer meer treinstellen zijn gekoppeld kan de volgpantograaf verstoord worden en een hoger stoorveld genereren
- Wisseling van baanvak-voeding kan mogelijk een hoger emissieniveau tot gevolg hebben
- Blikseminslag en elektromagnetische pulsen (ten gevolge van schakelen) op en in het voedingsstelsel van de HSL alsmede voor de HSL abnormale bedrijfs toestanden (defecte treinen, kortsluiting) worden uitgesloten (ook zenders en ontvangers, dit is echter voor ING 'Wilgenplas' niet relevant).

3.2 BEPERKING VAN HUIDIGE NORMEN

Op dit moment bestaan voor transiente stralende velden geen normen. De huidige normen geven waarden voor continu aanwezige velden (radiozenders).

Het gedrag van apparatuur bij deze transiente velden is nog onbekend. Indien wordt aangenomen dat deze transiente velden inkoppelen op bedrading dan kunnen door middel van het simuleren hiervan de optredende stoorspanningen worden bepaald. Vervolgens kan door toetsing aan de immunitatienorm NEN-EN 50082-1 worden bepaald of verstoring van apparatuur waarschijnlijk is.

Zoals al eerder is aangegeven dient men zich te realiseren dat de condities waaronder apparatuur in werkelijkheid wordt gebruikt, in het algemeen zullen afwijken van de condities zoals die in het laboratorium golden. De toepassing van normen kan in de praktijk dan ook niet los gezien worden van de toepassing van de betreffende apparatuur in een totale installatie.

Het is te verwachten, gezien de opmerkingen in de norm NEN-EN 50121, dat de HSL juist in het transiente gebied storende velden zal veroorzaken.

05/03 '99 15:20 FAX JI 20 541 8723

ING GROEP JZ
ING VASTGOED BEL
KPMN-TDP05/03 '99 VRI 13:58 FAX JI 70 3419528
03/03 '99 VRI 12:03 FAX 031263513683

0005

4

3.3 EMC: EEN KWESTIE VAN DE TOTALE INSTALLATIE

Storende velden kunnen via directe installatie op apparatuur problemen veroorzaken maar kunnen ook stoorspanningen induceren op de bekabeling in het rekencentrum en op deze wijze, indien de stoorspanningen te hoog worden, verstoringen veroorzaken. De aansluiting van kabels (signalen en voedingen) op apparatuur is medebepalend voor het elektromagnetisch gedrag van een systeem.

Dit betekent dat elektromagnetische velden veroorzaakt door de HSL in ongunstige situaties stoorspanningen in bekabeling kunnen veroorzaken die vervolgens verstoring van een systeem tot gevolg kan hebben terwijl toch de veldsterkte de volgens de emissienorm toelaatbare grenzen niet overschrijdt.

Montage van bekabeling en het toepassen van aardingsystemen volgens EMC-richtlijnen zal de kans op verstoring ten gevolge van dit fenomeen beperken. Ook hier echter speelt waarschijnlijkheid een rol; de maatregelen die genomen kunnen worden, worden voor een belangrijk deel bepaald door de waarschijnlijkheid van een stoorveld en de toegestane beïnvloeding van het systeem.

3.4 WANNEER IS EMC BEREIKT?

Specifiek voor EMC geldt dat, naast de toepassing van de juiste normen, de montage van bekabeling en bedrading en het toepassen van aardingsystemen van grote invloed kan zijn op het EMC gedrag van een totale installatie.

In het algemeen geldt ten aanzien van EMC dat iedere situatie wordt gekenmerkt door een unieke combinatie van stoorbron(nen), koppelweg en een, al dan niet bewust, aanwezige bescherming van gevoelige systemen. Bij de gemiddelde installaties kan men door gebruikmaking van EMC normen en juiste montagetechnieken een installatie samenstellen die statistisch gezien een redelijke kans heeft ongestoord te functioneren (met betrekking tot EMC aspecten).

Waar aan installaties meer dan gemiddelde eisen worden gesteld moet de complete situatie beschouwd worden en is het onvoldoende zich uitsluitend te baseren op statistische gegevens. (= punt-schatting?)

Daarnaast dient het aanvaardbaar gedrag van een installatie te worden vastgesteld. Elektromagnetische compatibiliteit (EMC) wordt pas bereikt indien een aanvaardbaar gedrag is vastgesteld van een installatie onder bepaalde condities.

4 EMC-aspecten bij "Wilgenplas"

Ten einde het gewenste niveau van elektromagnetische compatibiliteit (= de kans op verstoring) van "Wilgenplas" te kunnen bepalen dienen de aspecten zoals genoemd in hoofdstuk 2 te worden vastgelegd.

Door ING zijn eisen vastgesteld in het kader van de minimale beschikbaarheid of de maximale niet-beschikbaarheid van het rekencentrum. Deze eisen dienen dan ook uitgangspunt te zijn bij de bepaling van de mate waarin verstoring door elektromagnetische velden is toegestaan. Aan de aspecten 1 tot en met 6 zoals genoemd in hoofdstuk 2 dient hiertoe een waardering te worden toegekend.

Punten 1, 2, 5 en 6:

Met betrekking tot deze punten geldt dat de waardering bepaald wordt door de vereiste minimale beschikbaarheid of de maximale niet-beschikbaarheid van het rekencentrum en de risico's die daaraan zijn verbonden. Mogelijk dat hier enige nuances dienen te worden aangebracht, bijvoorbeeld totale uitval of het optreden van incidentele fouten. De nuances en het belang hiervan dienen door ING te worden vastgesteld.

Het toegestane c.q. vereiste gedrag van de apparatuur en systemen bij elektromagnetische velden en stoorspanningen kan hiermee dus vast worden gelegd.

Punt 3:

De omgeving is gedefinieerd als de huidige omgeving van de apparatuur; in feite is dit dus zowel de ruimte binnen het gebouw als ook de directe omgeving van het gebouw en die van kabels die het gebouw in- of uitgaan. Met behulp van de op 18 augustus 1988 uitgevoerde 'nul-metingen' is het elektromagnetische aspect van de omgeving van het gebouw en van de apparatuur in het gebouw vastgelegd. Hierbij dient te worden opgemerkt dat dit geldig is onder de volgende voorwaarden:

- Voor dat tijdstip en met de op dat moment aanwezige bronnen
- Voor het gemeten frequentiegebied en met de toegepaste meetmethode.

Punt 4:

Met betrekking tot punt 4 dienen de mogelijk door de HSL gegenereerde storende velden te worden vastgesteld. Teneinde de invloed van deze storende velden op de beschikbaarheid van het rekencentrum te kunnen bepalen dient aan de volgende parameters een waarde te worden toegerekend:

- De kans op optreden
- De sterkte
- Het frequentiegebied

Hierbij dienen ook voor HSL uitzonderlijke situaties te worden meegenomen omdat deze situaties wel een verstoring van de bedrijfsvoering van "Wilgenplas" zouden kunnen veroorzaken.

5 Kwantificering elektromagnetische verstoring door de HSL

Bij de vaststelling van de mogelijk optredende en de toelaatbare elektromagnetische veldsterktes zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Vastgesteld is (vanuit de immuniteitsnorm NEN-EN 50082-1) dat het computercentrum behoort tot de omgeving 'huishoudelijk, handels- en licht-industrieel'.
- Voor de bepaling van de toelaatbare veldsterktes (stralende storing) is uitgegaan van de generieke norm NEN-EN 50082-1 waarin waarden worden gegeven voor elektromagnetische veldsterktes waaraan apparaten in een computercentrum moeten kunnen worden blootgesteld zonder dat deze invloed hebben op het functioneren van die apparaten.
- Voor de bepaling van de toelaatbare stoorspanningen (geleidende storing) dient te worden uitgegaan van de generieke norm NEN-EN 50082-1 waarin waarden worden gegeven voor stoorspanningen waaraan apparaten in een computercentrum moeten kunnen worden blootgesteld zonder dat deze invloed hebben op het functioneren van die apparaten.
- Voor de bepaling van de mogelijk optredende veldsterktes is uitgegaan van de NEN-EN 50121 waarin waarden worden gegeven voor elektromagnetische veldsterktes die in de nabijheid van de HSL kunnen optreden.

5.1 OP DIT MOMENT BEKENDE MOGELIJKE BEÏNVLOEDINGEN

Vastgesteld is dat op dit moment de volgende beïnvloedingen mogelijk zijn:

- Voor wat het laagfrequente magnetisch veld betreft blijkt uit de rapporten van zowel HSL als KEMA dat de sterkte hiervan in de buurt ligt van het immuniteitsniveau van de betreffende apparatuur. Een mogelijke verstoring betreft dan beeldschermen en zal zich uiten in trillen van beelden. Verstoring van andere apparatuur ten gevolge van laagfrequente magnetisch velden is niet te verwachten.
- De transiente verschijnselen die tijdens het optreden van de sluiting zullen optreden (ten gevolge van de overslag) zullen naar verwachting geen problemen opleveren omdat het weliswaar grote stromen betreft maar de optredende frequenties relatief laag blijven.

Gezien in het licht van wat al eerder is gezegd moge het duidelijk zijn dat hier op dit moment niet meer dan verwachtingen kunnen worden uitgesproken. Een waardering voor deze verwachtingen is nu niet te geven. Kwantitatieve waarderungen kunnen niet gegeven worden.

Door HSL en KEMA is gezamenlijk vastgesteld dat het contact pantograaf <-> rijdraad dermate sterke pulsen kan veroorzaken dat deze tot verstoring van apparatuur bij ING kunnen leiden.

5.2 ONZEKERHEDEN MET BETREKKING TOT STORENDE VELDEN

Naast de onder 5.1 gegeven mogelijke verstoringen, zijn verstoringen mogelijk omdat de in de norm NEN-EN 50121 gegeven waarden kunnen worden overschreden. De situaties waaronder een dergelijke overschrijding zou kunnen plaatsvinden zijn gegeven in 3.1.

Op dit moment kan ook voor genoemde overschrijdingen geen kwantitatieve waardering worden gegeven aan de waarschijnlijkheid dat ten gevolge hiervan de bedrijfsvoering van "Wilgenplas" wordt beïnvloed.

5.3 ONZEKERHEID MET BETREKKING TOT INKOPPELING OP BEKABELING

Zoals hiervoor al is aangegeven kunnen ook via bekabeling storende spanningen binnenkomen. De volgende fenomenen zijn te onderscheiden:

- Mogelijk kunnen zwerfstromen veroorzaakt door de voeding van de HSL via kabels van buiten het gebouw binnenkomen. Op dit moment zijn hiervan geen gegevens beschikbaar. De verwachting is, uitgaande van een juiste uitvoering van de tunnelbak en de betreffende aardingssystemen, dat hier geen problemen zullen optreden.
- Mogelijk kunnen stoorspanningen worden geïnduceerd op kabels buiten het gebouw waardoor storende spanningen bij apparatuur kunnen komen. Op dit moment zijn hiervan geen gegevens beschikbaar. De verwachting is dat hier geen problemen zullen optreden.
- Mogelijk kunnen stoorspanningen worden geïnduceerd op kabels binnen het gebouw. De indruk bestaat dat de bekabeling redelijk goed is aangelegd. Een waardering hiervoor is op dit moment echter niet te geven omdat hiernaar nog geen onderzoek is gedaan.

Alle genoemde verwachtingen kwalitatief; kwantitatieve verwachtingen zijn niet te geven.

5.4 ONZEKERHEID MET BETREKKING TOT DE IMMUNITEIT VAN APPARATUUR

Op dit moment zijn niet van alle bij "Wilgenplas" toegepaste apparatuur en systemen de immuniteitseisen bekend. Dit betekent dat, ook als de storende velden en de inkoppeling via bekabeling bekend zouden zijn, het niet mogelijk is te bepalen of apparatuur gestoord wordt.

Mogelijk dat in de nabije toekomst apparatuur wordt vervangen en dat in 2006, wanneer de HSL gaat rijden, alle apparatuur voldoet aan de eisen volgens de CE-norm. Wanneer hiervan wordt uitgegaan dan kan, wanneer de storende velden en de inkoppeling via bekabeling bekend zijn, meer zekerheid worden gegeven ten aanzien van mogelijke verstoringen.

6 Conclusies en aanbeveling

Geconcludeerd moet worden dat:

- Normen, als ze al volledig zouden zijn met betrekking tot de mogelijke fenomenen, niet als absoluut geldend mogen worden beschouwd en dat toepassing ervan geen garanties geeft op ongestoorde werking van apparatuur en systemen
- Toepassing van de spoorwagennorm NEN-EN 50121 te weinig gegevens oplevert om de bij "Wilgenplas" optredende storende velden vast te stellen
- Op basis van de EMC-normen het niet mogelijk is een inschatting te geven van de kans op verstoring van de bedrijfsvoering van "Wilgenplas"

06/03 '88 16:22 FAX 31 20 541 8723

ING GROEP JZ
ING VASTGOED BEL
KEMA-TDP

05/03 '88 YRI 13:59 FAX 31 70 3418628
05/03 '88 YRI 12:05 FAX 031263613683

000

- Naar verwachting julst de niet in de norm NEN-EN 50121 beschreven fenomenen de grootste kans geven op verstoring
- Teneinde de mogelijk in de systemen van "Wilgenplas" optredende stoorspanningen te kunnen inschatten zowel de bekabeling als de gebruikte apparatuur nader dienen te worden onderzocht

Teneinde meer en betrouwbaardere gegevens te verkrijgen om een risico afschatting te maken van storing van de bedrijfsvoering van "Wilgenplas" kunnen de volgende activiteiten worden uitgevoerd:

- Uitvoeren van een groot aantal metingen aan een vergelijkbaar spoorwagtraject onder verschillende condities
- Hieruit de betrouwbaarheid afleiden van simulatiemodellen
- Simulatie van worst-case situaties aan de hand van geverifieerde modellen



Notulen

Datum vergadering 21 december 1999

Betreft vergadering Overleg ING- KEMA- HSL, mbt EMC problematiek

Aanwezig
 ING: Dhr Morren, Posthumus
 KEMA: Dhr Tap
 HSL: Dhr De Vet, Dirven, Lobeek

Gasten -

Afwezig -

Kopie Archief

Datum
 28 december 1999

Ons kenmerk
 5380061A

Uw kenmerk

Contactpersoon
 Jan Lobeek

Doorkiesnummer
 030- 2641 329

E-mail

1 Inleiding

De heren De Vet en Dirven zijn medewerkers van het Kenniscentrum electrotechniek van de HSL. Zij vervolgen het werk van GJ v Alphen vwb de EMC zaken, voor de HSL. Voor de bespreking is aan de deelnemers het rapport "EMC- analyse HSL-Zuid, ING Rekencentrum Wilgenplas, Stand van zaken ten behoeve van overleg met INF en KEMA" (concept dd 10 dec 99) toegezonden, excl bijlage 3 (rapport Armstrong). Deze bijlage werd per fax nagezonden op 15 december. De KEMA heeft dit rapport echter nog niet voldoende bestudeerd, om er thans commentaar op te geven.

2 Andere lopende akties

Dhr Morren meldt dat hij de risico rapporten, die de HSL had opgesteld ter beantwoording van de risico analyse van KPMG, heeft verstuurd naar bureau Peutz (trillingen) en een (nieuw) geotechnisch bureau. Peutz geeft een reactie in de eerste week van januari, voor geotechniek is een reactie per medio januari voorzien.

3 KEMA bevindingen

KEMA vindt het samenvattende rapport van de HSL nogal algemeen van aard. Daarop wordt geantwoord dat cijfers juist worden gegeven in bijlage 3, die de KEMA nog onvoldoende heeft bestudeerd, volgens haar opgave. Ook ontbreekt een opgave van de kans van optreden van (bepaalde storingen). Hierop wordt door de HSL meegedeeld dat de extreme waarden verschillen per soort verschijnsel en per frequentie. Statistische gegevens voor deze gevallen zijn in de wetenschap nog niet bekend. Toch doet het rapport Armstrong daarover althans enige uitspraken.

Projectorganisatie
 Hogesnelheidslijn-Zuid
 Projectbureau
 Zuid-Holland Midden
 Tiberdreef 4
 3561 GG Utrecht

Tel 030 - 264 12 00
 Fax 030 - 264 13 33

De HSL wijst op twee belangrijke wijzigingen van de configuratie, die ter verkrijging van grotere zekerheid zijn ingevoerd:

- Het verplaatsen van de spanningssluis over ong. 2 km naar het zuiden
- Het verlengen van het tunneldak met 50 m

Men is het erover eens dat daarmee in ieder geval een duidelijke verbetering ten opzichte van de vigerende situatie is bereikt. Het rapport Armstrong geeft daarvoor waarden. Deze zal KEMA dus nog nader beschouwen.

4 Metingen

Ter vergadering wordt een kopie uitgereikt van het rapport "Messung der in der JH Schroeder Bank durch die S Bahn im Hirschengrabentunnel verursachten elektromagnetischen Beeinflussungen" (voor Schweizerische BundesBahnen, Januar 1990).

Eind december zal de HSL een rapport toesturen over eigen, speciaal voor de situatie bij ING in december 99 uitgevoerde, relevante metingen in België en Luxemburg.

5 Immuniteit van de ING installaties

ING heeft enige tijd geleden navraag gedaan bij de leveranciers naar de immuniteitswaarde van haar apparatuur. Niet van alle leveranciers is een antwoord verkregen, terwijl sommige antwoorden onduidelijk waren. Uit ervaring is bekend dat de immuniteit vaak nadelig wordt beïnvloed door (slechte) bekabeling en aansluitingen. Sinds 1996 dient nieuwe apparatuur te voldoen aan de norm EN 50082-1 (Cat. huishoudelijk, handels- en licht industrieel). De HSL: mag ervan uitgaan dat de ING apparatuur aan deze norm voldoet (wordt na enige discussie vastgesteld). Veel apparatuur heeft een economische levensduur van niet meer dan 5 jaar, derhalve vindt nog voor een flink deel van die apparatuur vervanging plaats voordat de HSL in bedrijf gaat (in 2005/2006). Voor de grote delen van het systeem worden de verbindingen in meerderheid met glasvezelkabel uitgevoerd, deze zijn niet gevoelig voor EM beïnvloeding. Niettemin is er bepaalde (rand) apparatuur die een langere levensduur kent en die vaak ook met behulp van metaalkabel is aangesloten. Dit kunnen zwakke plekken zijn in het systeem. ING zal nagaan of deze kunnen worden geïdentificeerd. Een discussie ontstaat of het wenselijk is praktijk (test) immuniteitsmetingen bij ING uit te voeren, dmv het plaatsen van een antenne, waarover stoorsignalen worden uitgezonden van verschillende frequentie en sterkte. ING wil een besluit daarover aanhouden tot de volgende bespreking, nadat is vastgesteld hoe groot de berekende veiligheidsmarge is.

6 Varia

- Zwerfstromen: KEMA/ ING vragen naar het effect van zwerfstromen op mantelbuizen. Antwoord: Deze problematiek is in het (25kV) AC deel zeer veel geringer dan in het (1500V) DC deel. HSL zal daarover nog een melding doen.
- Is er een nadelige invloed van andere apparatuur in de tunnel, m.n. GSM voor besturing/ beveiliging? Antwoord: KEMA meldt dat dit geen probleem is voor de "gewone GSM". HSL nog nagaan welke soort GSM door haar wordt gebruikt.

- Blikseminslag op bovenleiding of portalen? Antwoord: Dit is volgens KEMA geen probleem. Zij wil dit echter nog nagaan en zal melden indien er toch problemen worden verwacht.

7 Volgende bespreking

De volgende bespreking zal plaatsvinden op 20 januari om 9:00 in ons hoofdkantoor op Hoog Catharijne in Utrecht: Radboudtoren vergaderzaal 4.54 (naast vergaderzalencentrum Hoog Brabant). Tijdens deze bespreking zullen conclusies worden getrokken, over de vraag wat nodig is om het ING rekencentrum ongestoord te doen functioneren. KEMA neemt op zich om een voorstel te formuleren voor additionele voorzieningen, indien zij van mening is dat de huidige configuratie en berekeningen nog onvoldoende zekerheid geven.

Actielijst

Nr	Omschrijving	Datum	Actor
1	Commentaar op HSL rapport, bijlage 3	Zsm	KEMA
2	Toezenende rapport EMC metingen België en Luxemburg	31 dec	HSL
3	Opsporen "zwakke" plekken in netwerk	Zsm	ING/ RCWP
4	Toezenenden info over zwerfstromen	Zsm	HSL:
5	Vaststellen soort GSM voor beveiliging	Zsm,	HSL
6	Voorstellen aanpassing aan configuratie indien nodig	Zsm	KEMA



EMC-analyse HSL-Zuid

ING Rekencentrum Wilgenplas

stand van zaken ten behoeve van

overleg met ING en KEMA

Datum	10 december 1999
Ons kenmerk	-
Versie	1.0
Status	-
Opgesteld door	Ir. H.J.A. de Vet
Getoetst door	Ir. R.G.C. Dirven
Geautoriseerd door	-
(naam + paraaf)	
Vrijgegeven door	-
(naam + paraaf)	

Projectorganisatie
Hogesnelheidslijn-Zuid
Projectbureau Railsystemen
Postadres:
Postbus 43
3500 AA Utrecht
Bezoekadres:
Catharijnesingel 33
3511 GC Utrecht
Tel 030 - 272 84 00
Fax 030 - 272 84 44

Documenthistorie

Versie	Datum	Gewijzigde hoofdstukken	Beschrijving wijzigingen
1.0	10 december 1999		

Inhoud

1	Inleiding en doel van het rapport	4
2	Beschrijving van de bestudeerde aspecten van elektromagnetische beïnvloeding	4
3	Aanpassing van het vigerende ontwerp	6
4	Beheersmaatregelen	7
5	Conclusies	7
6	Bijlagen	7

1 Inleiding en doel van het rapport

Dit rapport beschrijft de opvattingen van de projectorganisatie Hogesnelheidslijn-Zuid ten aanzien van risico's die bestaan voor elektromagnetische (EM) beïnvloeding van de apparatuur van het Rekencentrum Wilgenplas (RCWP). De treinen op de hogesnelheidslijn (HSL) zullen dit rekencentrum op een afstand van 33 meter passeren. (N.B. dit de kortste afstand tot het spoor, waarbij het spoor in een gesloten tunnel ligt. De minimale afstand tot het zichtbare deel van de spoorweg zal minimaal 45 meter bedragen, zie bijlage 1, situatieschets.)

ING heeft zich door KEMA laten adviseren met betrekking tot deze mogelijke elektromagnetische beïnvloeding. Daarvan is een rapport verschenen op 4 december 1998 (TDP-98-01987A). In het voorliggende rapport wordt door de HSL-organisatie ingegaan op de door KEMA behandelde problemen. Daarnaast geeft zij aan wat verder HSL onderzoek heeft opgeleverd.

Ter vergroting van de zekerheid voor ING wordt een zekere aanpassing van het ontwerp van de HSL voorgesteld (die geenszins betekent dat de HSL daarmee te kennen geeft dat zij de configuratie volgens het vigerende ontwerp als verstorend op RCWP beschouwt) en wordt aangegeven welke verbeteringen met betrekking tot elektromagnetische veldsterkten daarvan mogen worden verwacht. Nader overleg met ING en KEMA op basis van het voorliggende rapport wordt voorgesteld met het doel zodanige zekerheid aan ING te verschaffen dat zij kan afzien van toekomstige beroepsprocedures.

2 Beschrijving van de bestudeerde aspecten van elektromagnetische beïnvloeding

De toekomstige treinen op de HSL-Zuid zullen het ING Rekencentrum Wilgenplas (RCWP) op korte afstand (33 m) passeren. Dit kan zekere risico's veroorzaken voor het functioneren van het rekencentrum tijdens de bouw- of exploitatiefase. Hierover is reeds sinds 1997 overleg gevoerd met vertegenwoordigers van ING Vastgoed en RCWP. Eén van de bovengenoemde risico's betreft het risico van elektromagnetische (EM) beïnvloeding door de HSL van de (computer)-apparatuur van het rekencentrum.

ING heeft zich door KEMA laten adviseren met betrekking tot deze mogelijke elektromagnetische beïnvloeding. Daarvan is een rapport verschenen op 4 december 1998 (TDP-98-01987A). Al eerder waren door KEMA metingen verricht over de thans in het RCWP reeds optredende EM veldsterkten (de nulmetingen), in het bereik 2kHz tot 1GHz (TDP-98-1227, dd 1 oktober 1998, voorlopige versie).

Door de KEMA is een aantal bijzondere situaties genoemd (de zogenaamde transiënten / pulsen) waarvoor hogere emissiewaarden kunnen worden verwacht dan is aangegeven in de norm EN 50121. Derhalve meent de KEMA dat gebruikmaking van (alleen) deze norm geen kwantitatieve uitspraak mogelijk maakt over de kans op verstoring van de ING apparatuur omdat de betreffende norm geen uitspraak doet over transiënte verschijnselen.

Zoals door de KEMA in bovengenoemd rapport is uitgelegd is elektromagnetische compatibiliteit niets anders dan de vaststelling dat er slechts een aanvaardbaar kleine kans bestaat dat EM stoorsignalen op een bepaalde plaats sterker zijn dan de immuñteitswaarde van die apparatuur toelaat.

Het onderzoek naar de EM compatibiliteit dient derhalve gericht te zijn op:

1. De optredende veldsterkten veroorzaakt door de spoorwegomgeving
2. De optredende veldsterkten ter plaatse van de apparatuur van RCWP (die in rechtstreeks verband staan met de hierboven genoemde veldsterkten, maar waar de effecten van spreiding en demping (door afscherming) hun uitwerking hebben gehad)
3. De kans van optreden van verstoringen
4. De gevoeligheid van de apparatuur (onderdelen) en systemen (samenwerkende apparatuur)

In het voorliggende rapport reageert de HSL organisatie op in het KEMA rapport aangevoerde argumenten en gaat zij verder in op de naar haar mening te verwachten kans op verstoring van de ING apparatuur. Zij baseert haar uitspraken op berekeningen en taxaties. Deze zijn mede gebaseerd op recente consultaties en ervaringsuitwisseling tussen de HSL organisatie en de franse spoorwegen (SNCF) (Bijlage 2) en de heer Donald Armstrong B.Sc, lid van de CENELEC-Commissie belast met het opstellen van het voorschrift EN 50121. Zijn rapportage is weergegeven in bijlage 3. Daardoor is het mogelijk ook voor de transiënten, die onvoldoende door de voorschriften worden gedekt, ervaringscijfers voor vergelijkbare situaties te presenteren. Daarmee wordt het mogelijk toch tot schattingen te komen over de in extreme situaties aan te houden waarden, die tot verstoring kunnen leiden van de ING apparatuur op de plaats waar deze zich bevinden. Door een ruime veiligheidsmarge aan te houden wordt het dan mogelijk om vast te stellen dat de kans dat toch nog verstoring optreedt zo gering wordt dat zij voor de ING acceptabel is en niet leidt tot een sterke vergroting van de faalkans van de apparatuur.

Beide genoemde rapporten zijn nog conceptversies en kunnen naar aanleiding van vragen en opmerkingen nog worden aangepast of aangevuld.

Hierbij komen we terug op de aspecten waarop de EMC onderzoeken zich richten:

1. De emissie van de spoorlijn wordt vastgelegd in EN 50121. Door Armstrong wordt aangegeven hoe deze norm tot stand is gekomen en welke marge er zit tussen de hoogst optredende piekwaarden en de limiet uit de norm.
2. De optredende veldsterkten ter plaatse van ING RCWP. In het rapport van Armstrong wordt beschreven welke emissieniveaus bij de ING-bank kunnen worden verwacht. Hierbij wordt als uitgangspunt genomen, de hoek van het rekencentrum welke het dichtst bij de HSL zal liggen. Voor alle andere plaatsen in het rekencentrum zullen lagere waarden worden gevonden.
3. De kans van optreden. Omdat er statistisch gezien weinig metingen zijn gedaan voor het opstellen van de norm EN 50121 is op basis van statistische formules een maximum piekwaarde bepaald (de zogenaamde 80/80 regel is gehanteerd). Hierop is nog een marge van tenminste 10 dB geplaatst om te komen tot een limietwaarde zoals opgenomen in de norm EN 50121. De kans van optreden van verstoring wordt geminimaliseerd door voldoende marge te creëren tussen immuñteit en emissie.
4. Voor het bereiken van compatibiliteit is, zoals hierboven al aangegeven, de immuñteitswaarde van de apparatuur van RCWP van even groot belang als de optredende veldsterkte veroorzaakt door de HSL. Voor ING geldt dat de apparatuur van RCWP minimaal gelijkwaardig moet zijn aan wat in norm NEN-EN 50082-1 is bepaald voor de categorie "huishoudelijk, handels- en licht- industrieel". Hierbij moet de bekabeling en aarding van de gebruikte apparatuur ook zodanig zijn dat de apparatuur nog steeds aan bovenstaande norm voldoet.

Uit de ingewonnen informatie over de ervaringen van de SNCF blijkt dat deze, in geval van passage van een locatie waar gevoelige apparatuur staat opgesteld steeds deze gevoeligheid

test en eventueel nog voor ingebruikname van haar lijn door middel van controle metingen nagaat of de gemeten stoorsignalen beneden de tevoren aangenomen waarden zijn gebleven. In geval dat niet zo is worden nadere maatregelen genomen ter verbetering van de immuniteit van de apparatuur. In het beperkte aantal gevallen dat zulks nodig was bleek dat het steeds mogelijk was door verbetering van de bekabeling en aarding de nagestreefde verbetering van de immuniteit te bereiken. Omdat dit vaak relatief eenvoudige aanpassingen zijn, kunnen deze worden uitgevoerd tussen het moment van testen en het moment dat de HSL in dienst komt. De projectorganisatie HSL-Zuid stelt voor om deze aanpak ook bij RCWP toe te passen.

3 Aanpassing van het vigerende ontwerp

Zoals reeds hiervoor gesteld wil de HSL organisatie een aanpassing van het vigerende ontwerp van de HSL doorvoeren welke in ieder geval zal leiden tot een verlaging van de veldsterktes ten gevolge van de continue verschijnselen en de transiënten. Dit leidt derhalve ook tot verlaging van de veldsterkten nabij de apparatuur van het rekencentrum, zelfs al kan men over de absolute waarden van die veldsterkten verschillen van mening.

De aanpassing van de configuratie bestaat uit:

- Het verplaatsen van de spanningssluis. Toelichting: In het vigerende ontwerp ligt de spanningssluis op een afstand van ca. 800 meter ten zuiden van RCWP. Juist ter hoogte van RCWP kunnen transiënte verschijnselen worden veroorzaakt door het op- en afzetten van de pantograaf en het schakelen in de trein. Bij het verplaatsen van de spanningssluis zullen deze verschijnselen ook worden verplaatst en zal het optreden van transiënten niet (resp zeer weinig) voorkomen in de nabijheid van het RCWP.
- Het doorzetten van het dak (en gronddekking) op de tunnel over een afstand van 50 m. Hierdoor wordt een hogere demping bereikt van de emissie die binnen het tunneldeel ontstaat. De zichtlijn tot het gebouw, vanaf de tunnelmond wordt daardoor vergroot tot ca. 80 meter. Dit heeft als bijkomend voordeel dat eventuele (tot nu toe niet aangetoonde) hogere emissie bij ijzelvorming op de bovenleiding ook op grotere afstand wordt geplaatst. [Ten aanzien van ijzel zijn geen emissiemetingen bekend. Wel is bekend dat bij de Franse hogesnelheidsproeven (maximum 515,3 km/u) is gemeten en dat de gemeten piekwaarden van elektromagnetische emissie beneden de limiet in EN 50121 liggen. Bij de betreffende snelheidsproeven was een constante lichtboog te zien tussen stroomafnemers en bovenleiding. Wellicht biedt dit een aanknopingspunt voor het bepalen van de emissie bij ijzelvorming op de bovenleiding.]
- Een aantal detailaanpassingen aan het ontwerp ter hoogte van RCWP die een beperkende werking zullen hebben op de emissie van de spoorlijn. Zonder volledig te zijn kunnen we hier noemen: extra voorzieningen in het aardingssysteem, aanpassingen aan de constructie van de bovenleiding met als doel een beter dynamisch gedrag van de stroomafname. Armstrong noemt in zijn rapport ook enige ontwerp-aanpassingen.

Voor deze configuraties worden de maximaal te verwachten veldsterkten in het RCWP berekend of geschat. De configuratie op basis van het vigerende ontwerp wordt in het rapport van Armstrong behandeld (zie bijlage 3).

4 Beheersmaatregelen

Zoals in het rapport van Armstrong wordt aangegeven is het onwaarschijnlijk dat de apparatuur van ING verstoord wordt in de configuratie op basis van het vigerende ontwerp. Desondanks stelt HSL-Zuid nog enkele aanpassingen aan het ontwerp voor ter beperking van de emissie door de spoorlijn.

Om aan te tonen dat hiermee een toestand van elektromagnetische compatibiliteit is bereikt stelt HSL-Zuid voor om metingen uit te voeren. Hiervoor zal een plan worden opgesteld. Er wordt voorgesteld doortoe de volgende metingen uit te voeren:

- Het uitvoeren van immuniteitsmetingen aan de apparatuur bij RCWP, bijvoorbeeld Electrical Fast Transient of ElectroStatic Discharge.
- Het produceren van emissie door transiënte verschijnselen op de plaats waar de HSL gebouwd gaat worden, door middel van het injecteren van representatieve transiënte stromen in een grote raamantenne (afmeting bijvoorbeeld 6m x 100m). Het voordeel van deze metingen is dat ze uitgevoerd kunnen worden vóórdat de HSL gebouwd wordt, en dat ze opgeschaald kunnen worden. Met opschalen wordt bedoeld: starten met een laag niveau van emissie, bijvoorbeeld 1% van de in de werkelijke situatie te verwachten waarde. De beïnvloeding van de apparatuur van RCWP wordt gemeten / vastgesteld. Het niveau van emissie kan daarna stapsgewijs worden verhoogd, tot uiteindelijk meer dan 100% van de in de werkelijke situatie te verwachten waarde.
- Het herhalen van de hierboven genoemde metingen op het moment dat de HSL gebouwd is, en de bovenleiding nog niet op spanning is gebracht. In plaats van de raamantenne worden dan de werkelijke geleiders van de HSL gebruikt.

5 Conclusies

Op grond van de reeds genoemde rapporten is het zeer onwaarschijnlijk dat de apparatuur van RCWP verstoord wordt. Ter vergroting van de zekerheid voor ING worden aanpassingen van het ontwerp van de HSL voorgesteld: het verplaatsen van de spanningssluis, het verder sluiten van het tunneldak en detailaanpassingen aan het ontwerp.

Verder is een aantal metingen voorgesteld om aan te tonen dat een toestand van elektromagnetische compatibiliteit wordt bereikt bij de bouw en de exploitatie van de HSL. Daarmee wordt het risico dat toch nog verstoring van de apparatuur in RCWP zal optreden geëlimineerd.

6 Bijlagen

- | | |
|-----------|---|
| Bijlage 1 | Situatieschets (tekening 1: 1000) |
| Bijlage 2 | Compatibilité électromagnetique en environnement ferroviaire, St Ouen, IG.LE (SNCF); 2 dec. 1999. (Dit rapport is nog niet definitief.) |

- Bijlage 3 Rapport van D. Armstrong. Nog niet beschikbaar, wordt verwacht op 15 dec. 1999;
 (Dit rapport zal nog niet definitief zijn)
- Bijlage 4 Curriculum Vitae van D. Armstrong B Sc.

Verslag overleg HSL <> KEMA

Datum: 02-03-1999

Plaats: Arnhem

Aanwezig:	GJ van Alphen	HSL
	M. Janssen	HSL
	J. M. Wetzer	KEMA T&D Power
	G.E. Tap	KEMA T&D Power

Onderwerp: Eindrapportages van HSL en KEMA betreffende te verwachten veldsterktes en mogelijke verstoringen op de locatie "Wilgenplas" ten gevolge van de aan te leggen HSL.

Het doel van de vergadering was te komen tot een gemeenschappelijk standpunt van de deskundigen betreffende het niveau van elektromagnetische compatibiliteit op de locatie "Wilgenplas". Met andere woorden: vaststelling van de kans dat het functioneren van het rekencentrum wordt verstoord door elektromagnetische velden veroorzaakt door de HSL.

1:

KEMA stelt vast dat de norm NEN-EN 55022 die in het KEMA rapport 'Inventarisatie veldsterkte bij "Wilgenplas" ten gevolge van de Hoge Snelheids Lijn' (kenmerk 98410040-TDP 98-01987A) is gebruikt om het toegestane emissie-niveau voor de locatie "Wilgenplas" te bepalen, weliswaar in de generieke emissienorm (NEN-EN 50081-1) wordt genoemd als geldend voor de betreffende omgeving, maar dat de bedoeling van deze norm NEN-EN 55022 vooral is om ontvangst van radiozenders mogelijk te maken. (Helaas komt in dit specifieke geval het belang van interpretatie van normen naar voren).

Gezien de betrokken bedrijfsprocessen op de locatie "Wilgenplas" is de eis dat radiozenders ongestoord moeten kunnen worden ontvangen binnen de ruimten waarin genoemde processen plaatsvinden, waarschijnlijk een te zware eis. Zeker ook gezien het feit dat op dit moment, zelfs bij afwezigheid van de HSL, binnen deze ruimten een emissie-niveau aanwezig is dat voor een deel van de frequenties ligt boven hetgeen volgens NEN-EN 55022 toelaatbaar zou zijn.

Vastgesteld kan daarom worden dat de veldsterkten tengevolge van de HSL en zoals die uit de norm NEN-EN 50121 zijn afgeleid, een afstand hebben van ca. 60 dB tot het immuniteits-niveau en daarom naar verwachting geen problemen zullen opleveren (onder de voorwaarde dat geen radio-ontvangst gewenst is binnen de betrokken ruimten).

Vraag aan ING: is de aanname dat geen radio-ontvangst noodzakelijk is, juist?

Ook uit het rapport van HSL komt naar voren dat de te verwachten veldsterktes (volgens de norm NEN-EN 50121) binnen de hiervoor genoemde ruimten een ruime marge hebben met de vereiste immuniteits-niveau's.

Gezamenlijke conclusie 1: voor hoogfrequente velden zoals omschreven in NEN-EN 50121 is voldoende veiligheidsmarge aanwezig om ongestoord functioneren van het computercentrum "Wilgenplas" te mogen verwachten.

2:

Voor wat het laagfrequente magnetisch veld betreft blijkt uit de rapporten van zowel HSL als KEMA dat de sterkte hiervan in de buurt ligt van het immuniteits-niveau van de betreffende apparatuur. Een mogelijke verstoring betreft dan beeldschermen en zal zich uiten in trillen van beelden. Verstoring van andere apparatuur ten gevolge van laagfrequente magnetisch velden is niet te verwachten.

De verstoring van beelden is binnen de betrokken ruimtes naar verwachting van ondergeschikt belang omdat hier 1) niet volcontinue achter beeldschermen wordt gewerkt en 2) de verschijnselen niet continue aanwezig zijn. Mocht deze verstoring wel als een probleem worden ervaren, dan zijn relatief eenvoudig maatregelen te nemen (bijvoorbeeld toepassen van LCD-schermen).

Gezamenlijke conclusie 2: eventuele verstoring door laagfrequente magnetische velden staat het functioneren van "Wilgenplas" niet in de weg en is, voor zover het al hinderlijk is, relatief eenvoudig oplosbaar

3:

Het KEMA-rapport concludeert dat er op voorhand geen problemen kunnen worden uitgesloten. De norm NEN-EN 50121 geeft zelf een aantal uitsluitingen, zoals abnormale situaties (vanuit spoorweg-oogpunt), die voor ING echter geen reden kunnen zijn verstoring van hun processen toe te staan. Daarnaast worden met de metingen waarop de waarden in NEN-EN 50121 zijn gebaseerd, zeer steile pulsen niet voldoende weergegeven; de norm NEN-EN 50121 doet geen uitspraak over het optreden en de vereiste criteria voor gepulste storingen.

Gezamenlijke conclusie 3: de conclusie uit het KEMA-rapport is nog steeds geldig: het toepassen van de norm NEN-EN 50121 geeft op dit moment geen volledige garantie dat geen problemen zijn te verwachten.

Gezamenlijk wordt vastgesteld dat: met name gepulste verschijnselen onvoldoende door de norm NEN-EN 50121 worden afgedekt. Onderstaand wordt hierop ingegaan.

4:

Abnormale HSL-situaties worden in NEN-EN 50121 uitgesloten. Hieronder kunnen bijvoorbeeld kortsluitingen worden begrepen. Voor wat betreft de hierbij optredende grote en laagfrequente stromen zijn, wat de stroomsterkte betreft, geen problemen te verwachten met kabels die het HSL tracé kruisen of benaderen omdat deze stromen voor het grootste deel binnen de tunnelbak zullen lopen (ervan uitgaande dat de gebruikelijke aardingsvoorzieningen worden toegepast en dat de wapening wordt doorgelast en verbonden met het aardsysteem). De transiënte verschijnselen die tijdens het optreden van de sluiting zullen optreden (ten gevolge van de overslag) zullen naar verwachting geen problemen opleveren omdat het weliswaar grote stromen betreft maar de optredende frequenties relatief laag blijven.

Gezamenlijke conclusie 4: bij kortsluitingen op het HSL-tracé zijn met betrekking tot de bedrijfsprocessen bij "Wilgenplas" geen problemen te verwachten.

5:

In de norm NEN-EN 50121 worden een aantal condities aangegeven waar geen duidelijkheid is met betrekking tot de emissie van velden. Het betreft hier verschijnselen als: ijsafzetting op de rijdraad, verstoring van het contact met de rijdraad bij een volgpanograaf en de invloed van hoge windsnelheden op het contact van de pantograaf met de rijdraad. Het is op dit moment niet uit te sluiten dat het contact pantograaf <> rijdraad dermate steile pulsen kan veroorzaken dat deze tot verstoring van apparatuur bij ING kunnen leiden.

Gezamenlijke conclusie 5: de emissie van storende velden door de pantograaf dient te worden onderzocht.

Indien de sterkte en frequentie-inhoud van de storende velden van het pantograaf <> rijdraad contact is vastgesteld, kan een inschatting worden gegeven van de effecten hiervan op de installaties en systemen bij "Wilgenplas".

Gezamenlijk wordt vastgesteld dat: de volgende mogelijkheden bestaan om de sterkte en frequentie-inhoud van de storende velden van het pantograaf <> rijdraad contact in kaart te brengen (de tabel is gegeven in volgorde van afnemende wenselijkheid).

1. Afschatting door middel van simulatie met behulp van modellen. De voorwaarde is hierbij dat realistische modellen beschikbaar zijn en dat voldoende en specifieke literatuur bestaat. Op dit moment is dit nog niet bekend.
2. Uitvoeren van metingen bij een bestaande 25 kV-baan. Deze metingen zullen naar verwachting een goede representatie geven van de bij "Wilgenplas" optredende velden.
3. Wachten tot EMC-metingen bij de Havenspoorlijn zijn uitgevoerd. Deze metingen zijn echter niet eerder dan halverwege 2000 te verwachten.
4. Meten aan een laboratorium-opstelling. Het is de vraag in hoeverre dit overeenkomt met de werkelijkheid.

Eindconclusie: het gedrag van het contact pantograaf $\leftrightarrow$ rijdraad dient te worden onderzocht ten aanzien van de optredende elektromagnetische velden. Op dit moment is dit nog het enige punt waarop onduidelijkheid bestaat en waaruit serieuze problemen zouden kunnen voortkomen met betrekking tot de bedrijfsprocessen bij "Wilgenplas".



75, avenue Parmentier
75544 PARIS CEDEX 11

FAX : 33 (0)1 40 21 24 21
☎ : 33 (0)1 40 21 11 04
e-mail : eurailtest@compuserve.com

DIRECTION DE L'INGÉNIERIE

DIRECTION TECHNIQUE
DÉPARTEMENT LABORATOIRE D'ESSAIS ÉLECTRIQUES (IG.LE)
9, quai de Seine
93584 SAINT-OUEN CEDEX

FAX : 33 (0)1 40 10 57 19
☎ : 33 (0)1 40 10 57 12
e-mail : departement.igle@ig.sncf.fr

AVERTISSEMENT

Le laboratoire IG.LE est accrédité par le COFRAC :

- section étalonnage n° 2-1217 en électricité-magnétisme,
- section essais n° 1-0631, la portée peut être communiquée sur demande.

Les résultats mentionnés dans ce document s'appliquent uniquement au produit ou au système analysé en laboratoire ou sur site, suivant les conditions indiquées dans son contenu.

La diffusion ou la reproduction, même partielle, de ce document est strictement interdite.

Des exemplaires supplémentaires peuvent être édités exclusivement par le laboratoire et transmis sous la signature du Chef du Département IG.LE.

COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE
EN ENVIRONNEMENT FERROVIAIRE

Exemplaire N° 0 4



DIFFUSION D'ORIGINE

Document	
Date	/ /
Détenteur	Exemplaire numéro :
Archives IG.LE	1
HOLLAND RAILCONSULT	2
HOLLAND RAILCONSULT	3
HOLLAND RAILCONSULT	4
HOLLAND RAILCONSULT	5
HOLLAND RAILCONSULT	6
HOLLAND RAILCONSULT	7
IG.LE 21	8
	9
	10
	11
	12

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE EN ENVIRONNEMENT FERROVIAIRE
--

Le 26 octobre 1999 le laboratoire IG.LE accueille MM. De Vet et Dirven pour un échange de vues au sujet de la CEM ferroviaire, dans le cadre de la construction d'une ligne à grande vitesse aux Pays-Bas.

Étaient présents :

MM. Bart de Vet et Rob Dirven - Holland Railconsult,

M. Jean Marie Pic - Chef du Département Laboratoire d'Essais Electriques (IG.LE),

M. Michel Mage - Chef de la Division Essais Systèmes (IG.LES),

M. François Viennot - Chef de la Section Compatibilité Électromagnétique (IG.LE 21),

M. Denis Verdure - IG.LE 23 - en qualité d'interprète.

La réunion débute par une présentation des normes applicables en environnement ferroviaire : série ENV 50121-x et des normes applicables à l'environnement "résidentiel, commercial et industrie légère" et à l'environnement "industriel" : série EN 50082-x.

Les aspects "émission" et "immunité" sont traités. Les niveaux d'immunité requis dans chacun des cas sont comparés.

1. Perturbations générées par l'environnement ferroviaire.

Des précisions sont apportées sur le gabarit des valeurs de champs électromagnétiques qui figure dans l'ENV 50121-2, notamment sur la manière dont il a été élaboré mais aussi sur sa représentativité.

La SNCF a largement contribué à l'élaboration de cette norme et de nombreuses mesures ont été effectuées par le Laboratoire IG.LE dans cette optique avec, entre autres, des campagnes d'essais communes et croisées entre les compagnies ferroviaires : DB, FS et BR ; ces essais ont eu lieu en France, en Allemagne, en Italie et en Grande Bretagne. Ils ont porté sur plusieurs types d'électrification et avec de nombreuses circulations ferroviaires représentant des types de matériels roulants différents.

Les résultats ont conduit à élaborer un gabarit tel que les valeurs obtenues s'inscrivent en moyenne à environ 10 dB sous le gabarit. Afin de conserver une marge de compatibilité acceptable, il est raisonnable de prendre en compte les valeurs indiquées par cette norme.

Sur ce dernier point, l'expérience de la SNCF permet de conforter les valeurs recommandées. Des mesures d'atténuation en fonction de la distance ont aussi été réalisées par IG.LE. Les résultats font apparaître une atténuation ≥ 10 dB pour un point de mesure situé à 30 m de la voie au lieu de 10 m.

Une discussion s'engage à propos de la compatibilité électromagnétique réalisée de fait par le respect des normes. Plusieurs remarques sont émises à ce sujet et notamment le fait que les normes ne traitent pas, en terme d'immunité, les systèmes mais seulement les produits. L'ENV 50121-2 considère bien le système ferroviaire pris globalement vers les riverains, mais uniquement pour l'émission. Si le respect de ces textes permet d'assurer une forte présomption de compatibilité pour les signaux permanents, il faut toutefois s'assurer du respect des règles de l'art en matière d'installation et, par ailleurs, se préoccuper des régimes transitoires rencontrés dans l'environnement ferroviaire.

Cas des régimes transitoires

Une partie de la réunion est consacrée au recensement des sources possibles de perturbations de nature transitoire, à leurs effets et aux possibles remèdes ou tout du moins aux règles de base garantissant, dans la majorité des cas de figure, un fonctionnement correct. Les perturbations engendrées se propagent en mode commun sur les équipements "victimes", par conséquent une installation correctement référencée avec un plan de masse équipotentiel et des liaisons symétriques entre équipements présente naturellement une bonne immunité.

Les sources de perturbations transitoires ci-après sont évoquées :

- manœuvres de pantographes,
- ouverture ou fermeture de disjoncteurs,
- manœuvres des appareils permettant la mise sous ou hors tension des installations de traction électrique et surtensions associées dans le cas du ré-enclenchement de lignes à vide,
- régime de défaut, par exemple court-circuit caténaire/rail.

Les deux premiers cas interviennent, entre autres, dans le cas des sections de séparation entre deux types d'alimentation.

Le cas du contact pantographe/caténaire est traité de fait dans la norme ENV 50121-2, car il est indissociable notamment pour les fréquences supérieures à 100 MHz. Pour les cas extrêmes comme le givre et la glace, aucune mesure n'a été réalisée, nous ne pouvons donc pas donner de résultat, et notre expérience ne nous permet pas d'extrapoler.

Toutefois des mesures ont été réalisées par la SNCF lors des essais ayant conduit au record du monde de vitesse sur rail. À cette occasion, de nombreux arcs se développaient entre la caténaire et le pantographe. Pour autant, les valeurs mesurées restaient inférieures ou égales au gabarit figurant dans l'ENV 50 121-2.

2. Démarche vis à vis des riverains

Pour faire suite aux aspects techniques évoqués ci-avant, la SNCF présente sa démarche quant aux installations riveraines. Celle-ci consiste en une étude préalable des installations riveraines pour lesquelles la susceptibilité doit pouvoir être connue ou estimée afin de prévoir les risques de dysfonctionnement. La deuxième étape peut consister en une modélisation de l'installation, le modèle étant plus ou moins complexe suivant les cas et les enjeux ; une simulation peut s'avérer utile à ce stade afin d'envisager le plus en amont possible les protections à mettre en œuvre. Dans ce domaine, et en particulier concernant les phénomènes d'induction, des informations techniques sont fournies dans les textes émis par le CCITT. Enfin des mesures sur site réel peuvent être réalisées dès la mise sous tension des installations de traction électrique et, le cas échéant, après la mise en service commercial pour le régime d'exploitation définitif.

Les essais permettant de caler le modèle peuvent consister à réaliser des tests d'immunité notamment aux perturbations conduites sur l'installation riveraine existante (ou uniquement sur les équipements réputés sensibles) afin de mieux établir sa susceptibilité et de déterminer le cas échéant les protections à mettre en œuvre. Une simulation en situation quasi-réelle peut aussi être envisagée à ce stade, en transposant une partie critique de l'installation dans un contexte existant similaire à l'environnement futur.

Indépendamment des étapes envisagées, il y a lieu de procéder de façon contractuelle et de toujours établir en première étape un état des lieux pour chacun des sites riverains susceptibles d'être perturbés afin d'avoir une référence pour le suivi des affaires. Ce recours ne sera plus possible une fois la ligne construite et mise en service. L'expérience montre que l'existant est parfois perturbé par d'autres sources.

Il apparaît donc utile de bien formaliser la démarche et c'est en ce sens que depuis les années 1980, la SNCF traite par convention avec ses riverains. De nombreuses mesures ont été ainsi réalisées dans des cas similaires à celui exposé par Holland Railconsult, tels que : aéroport, autoroutes, sites de péage, aires de station service, hôpital, école, laboratoire, raffinerie, etc ...

Cette démarche a permis d'assurer la compatibilité entre les installations de traction électrique et les installations riveraines, lors des électrifications de lignes existantes et de la construction des lignes nouvelles à grande vitesse.

3. Exemples d'application

Dans le domaine de la CEM, les moyens de mesure ont été adaptés aux besoins ; ainsi le laboratoire IG.LE s'est équipé à partir de l'année 1989 d'appareils permettant la réalisation de mesures pour les fréquences supérieures à 30 MHz et de chaînes d'acquisition de signaux transitoires "MELOPÉE".

Cependant, des simulations ont été réalisées auparavant, les mesures étant effectuées sur les circuits "victimes" ou sur des "fils témoins" à l'aide d'enregistreurs rapides.

Sur les exemples donnés ci-après, choisis en raison des similitudes avec la situation future de la ligne à grande vitesse néerlandaise, il n'est pas possible de communiquer des valeurs de champ car les mesures ont été réalisées à l'époque, faute d'équipements, sur les circuits sensibles afin de caractériser les conséquences des perturbations, cette démarche permettant la mise en œuvre des protections possibles.

Actuellement, la connaissance des valeurs de champ est intéressante à des fins de modélisation sous réserve de pouvoir valider le modèle.

3.1. Centre des médias de Moûtiers

Il a été créé à l'occasion des Jeux Olympiques d'hiver de 1992 et implanté à proximité immédiate des installations de la gare de Moûtiers électrifiées en 25 000 V – 50 Hz. Cet exemple est intéressant non pas pour la vitesse, puisqu'il s'agit d'une ligne de montagne à voie unique, mais parce que :

- côté SNCF tous les trains marquent obligatoirement un arrêt en gare,
- les installations riveraines concernées étaient pour l'essentiel des installations de communication filaires, radiofréquences et hertziennes en grande concentration, ainsi que des studios d'enregistrement équipés de matériels sophistiqués dont le fonctionnement ne devait être affecté d'aucune manière compte tenu de l'importance de l'événement ; de plus, la courte durée opérationnelle des installations concernées ne permettait en aucun cas un éventuel rattrapage en cas de défaut.

Les mesures effectuées avant la construction de ce centre visaient à caractériser le régime permanent et le régime transitoire. En effet, certains trains, dont des TGV, devaient stationner et évoluer en gare, avec comme conséquence des manœuvres de pantographes et de disjoncteurs. Par ailleurs, les installations comprennent trois voies "auto-train" dont la caténaire est normalement hors tension, celles-ci étant mises sous tension en tant que de besoin et, entre autres, lors des accès quotidiens : ce type de manœuvre engendre des surtensions à la caténaire et par conséquent en champ rayonné.

Les mesures ont été effectuées à 12 m de la voie de circulation la plus proche, mais les voies "auto-train" sur lesquelles les manœuvres de sectionneur ont été effectuées sont plus éloignées du point de mesure, à plusieurs dizaines de mètres.

Les résultats de ces mesures ont montré qu'en dehors des règles de base pour une installation de qualité, il n'y avait pas lieu de prendre d'autres dispositions pour assurer son fonctionnement correct ; le retour d'expérience n'a pas fait apparaître de problème particulier. Il est à noter que, dans ce cas, il s'agissait d'une installation nouvelle créée simultanément à l'électrification.

3.2 Traversée d'une raffinerie

Il s'agissait d'une électrification nouvelle en 2 x 25 000 V - 50 Hz traversant une raffinerie existante, avec des enjeux considérables. Cette raffinerie était munie d'installations automatisées complexes et les conséquences pouvaient être graves en terme de sécurité mais aussi sur le plan économique.

Les installations concernées étaient nombreuses et dispersées sur le site par rapport à la voie ferrée traversant de part en part la raffinerie (cf. un extrait de la situation géographique joint en annexe 1).

L'analyse des installations concernées et les calculs ayant laissé quelques incertitudes, il a été décidé de réaliser des essais afin de valider les calculs et d'envisager au mieux les protections à mettre en œuvre. Ces essais ont consisté à recréer sur un site de caractéristiques semblables avec une partie des installations riveraines sensibles, des conditions proches d'une exploitation courante du site futur, à savoir :

- démarrage de trains lourds, de rames TGV ...
- situation d'incident telle que défaut caténaire/rails,
- coupure d'alimentation et remise sous tension des lignes de traction.

Au cours de ces essais pris en charge intégralement par la SNCF, la susceptibilité des installations aux signaux transitoires a été confirmée : il s'agissait de circuits asymétriques. Les dispositions prises ont permis d'éviter les dysfonctionnements lors de la mise sous tension des installations de traction électrique, et le retour d'expérience n'a pas fait apparaître de problème par la suite, l'exploitation est en service depuis 1986.

3.3 Aéroport de Satolas

Mise en service en 1992, la ligne à grande vitesse contournant Lyon traverse l'aéroport de Satolas sur lequel a été construite une gare ; à l'occasion de ce chantier, les risques de dysfonctionnement des installations de la navigation aérienne ont été examinés.

Les installations concernées étaient nombreuses et réparties de façon proche ou éloignée le long de la voie ferrée, mais disposant de liaisons galvaniques pour les raccordements avec les équipements distants. La modélisation était complexe et la SNCF avait une obligation de résultat ; elle a défini un protocole d'accord avec les responsables de l'aéroport afin de valider le bon fonctionnement des installations riveraines lorsque la ligne à grande vitesse serait exploitée en service commercial.

Le programme retenu comportait les essais définis ci-après :

- les essais préliminaires ont consisté à réaliser une référence en mesurant les champs ambiants existants,
- des tests d'immunité in situ ont été effectués,
- des mesures ont été réalisées lors de la mise en service :
 - en régime transitoire avec des ré-enclenchements de caténaire à vide,
 - en régime de défaut caténaire / rail,
 - en régime permanent avec des trains d'essais.

Les tests d'immunité ont montré que les installations concernées présentaient une certaine susceptibilité, de ce fait, elles ont pu être modifiées bien avant la mise en service. La principale modification a consisté à transformer des liaisons asymétriques en liaisons symétriques ou optique compte tenu de l'évolution technologique des équipements.

3.4 Usine Citroën : commande informatique de machines-outils

En 1988, lors de la mise en service d'une électrification en zone urbaine, un système de commande informatique de machines-outils de l'usine Citroën situé à moins de 10 m des emprises ferroviaires nous a amenés à réaliser des essais de manœuvres de disjoncteurs et pantographes au droit des bâtiments concernés, afin de quantifier les effets sur les installations riveraines. Ces essais ont montré qu'aucune protection supplémentaire n'était nécessaire.

3.5 TGV Méditerranée

Notre engagement de confidentialité ne permet pas de détailler cet exemple, qui concerne les travaux actuellement en cours dans le cadre de la réalisation de la ligne à grande vitesse TGV Méditerranée, où les procédures décrites précédemment sont appliquées avec différents riverains dont la nature des installations est très variable. Pour certains, des simulations sur site transplanté ont eu lieu et les résultats ont montré que l'immunité des équipements en cause était suffisante. Les essais réalisés à ce stade représentent un investissement qui peut permettre par la suite d'éviter d'avoir recours à des procédures longues et onéreuses visant à régler des dysfonctionnements dont l'origine restera parfois incertaine. De plus, il ne sera plus toujours possible d'appliquer les protections souhaitables et les correctifs d'après coup ont souvent une efficacité moindre pour un coût supérieur.

De tous les exemples qui précèdent (sauf le dernier), le retour d'expérience est positif et aucun problème n'a dû être traité par la suite.

Dans les cas cités aux § 3.2 et 3.3, les susceptibilités évoquées étaient liées à la présence de câblage de longueur supérieure à 10 mètres, et au couplage de la source sur ces lignes qui de surcroît étaient des liaisons asymétriques.

4. Cas de la foudre

Les installations de traction électrique en 25 000 V - 50 Hz constituent un excellent "puits de terre" pour la foudre lorsque l'ensemble des masses métalliques est bien interconnecté : supports caténaires, masses métalliques des ouvrages d'art, mâts de signaux ... Ce maillage favorise l'équipotentialité et protège de fait les installations ferroviaires concernées en limitant les différences de potentiel entre les équipements, et par suite la circulation des courants forts au travers de ceux-ci. La présence de ce réseau de collecte contribue à la protection des installations riveraines.

5. Conclusion

La norme ENV 50121-2 vise à caractériser l'environnement ferroviaire pour les régimes permanents. Cette caractérisation est réalisée dans le domaine fréquentiel. Compte tenu de la vitesse de déplacement des mobiles, il n'est pas possible de traiter toutes les fréquences simultanément, c'est pour cette raison que la méthode préconisée par cette norme propose de suivre l'évolution de quelques fréquences pouvant être considérées comme significatives du rapport signal/bruit engendré par les circulations ferroviaires. Cette analyse est effectuée en détection crête avec une constante d'intégration de 50 ms et une bande passante de 200 Hz, 9 kHz ou 120 kHz en fonction des gammes de fréquence étudiées. Le graphique dont il est fait état dans l'ENV 50121-2 représente l'évolution du niveau à une fréquence donnée en fonction du temps, donc en fonction de la position de la circulation ferroviaire par rapport au point de mesure. Sur ce graphe il apparaît des parasites dont la corrélation avec des sources identifiables est difficile, voire impossible.

Les contraintes d'exploitation du système ferroviaire engendrent des perturbations de nature transitoire, telles que les impulsions produites par les manœuvres de disjoncteurs ou de pantographes ; dans ces cas précis l'ENV 50121-2 ne s'applique pas. Les mesures doivent alors être effectuées en large bande (> 100 MHz), et l'analyse des signaux s'effectue directement dans le domaine temporel où le paramètre critique réside plus dans la vitesse de variation du signal que dans sa valeur absolue, c'est à dire la dérivée dv/dt de la tension induite sur le circuit perturbé, elle-même engendrée par une variation de courant di/dt . Par ailleurs, les conséquences sur les circuits perturbés dépendent directement du couplage entre les installations concernées, d'où la nécessité de pouvoir appréhender la situation dans son ensemble.

Les valeurs obtenues lors de ces régimes transitoires sont supérieures de plusieurs ordres de grandeur à celles du régime permanent.

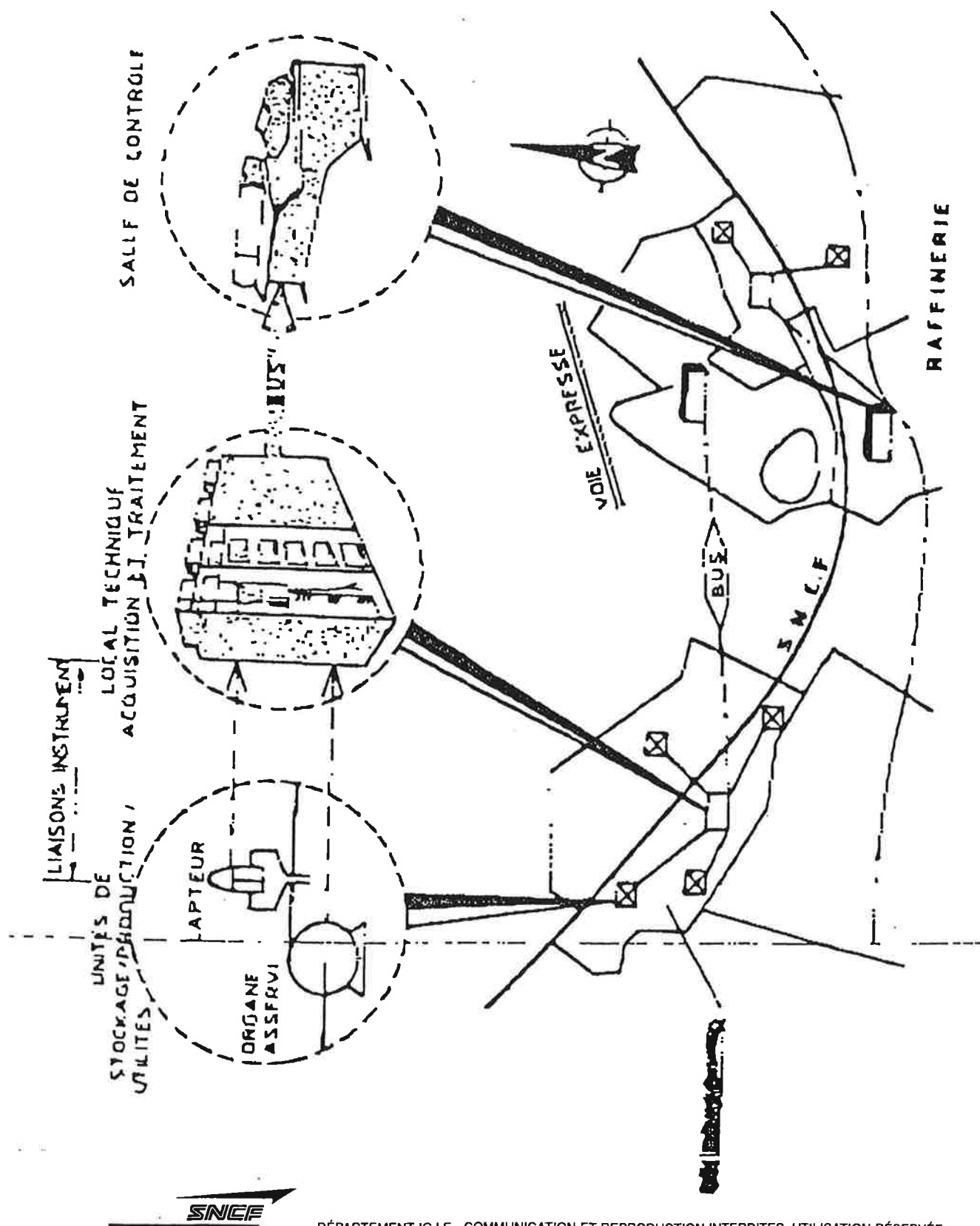
Pour diverses raisons, il est difficile de consigner des valeurs précises obtenues en régime transitoire, entre autres parce qu'elles sont éminemment variables d'un site à l'autre du fait de la diversité de configuration des installations. Globalement, elles peuvent varier de plusieurs V/m à quelques centaines de V/m pour des distances ≤ 10 mètres. Des paramètres tels que l'instant d'ouverture ou de fermeture d'un organe de coupure dans la sinusoïde, l'état électrique initial, les longueurs de ligne en cause ou, d'une manière plus générale, les paramètres primaires de la ligne sont autant de paramètres d'influence ; par ailleurs, le couplage étant différent d'une situation à une autre, les résultats varient pour chaque configuration testée.

Pour conclure, les participants ayant examiné le cas exposé par Holland Railconsult pensent que les signaux permanents n'engendreront pas de problèmes particuliers, en revanche ils estiment que le cas des signaux transitoires mérite un examen plus approfondi. En effet, la section de séparation projetée à proximité peut, par le fait de la vitesse et des différentes actions à réaliser par le conducteur : coupure traction, changement de pantographe ..., engendrer dans le secteur sensible des phénomènes transitoires pour lesquels les travaux effectués jusqu'à ce jour ne permettent pas d'extrapoler ; aucune des situations expérimentées ne présente simultanément les caractéristiques particulières permettant de répondre précisément à ce problème. Une connaissance plus précise des installations en cause est nécessaire pour pouvoir mieux appréhender la situation.

- o - o -

La réunion se termine par une visite des installations d'essais et des moyens de mesure de la section compatibilité électromagnétique du laboratoire IG.LE.

SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA RAFFINERIE





75, avenue Parmentier
75544 PARIS CEDEX 11

FAX : 33 (0)1 40 21 24 21
☎ : 33 (0)1 40 21 11 04
e-mail : eurailtest@compuserve.com

DIRECTION DE L'INGÉNIERIE

DIRECTION TECHNIQUE
DÉPARTEMENT LABORATOIRE D'ESSAIS ÉLECTRIQUES (IG.LE)
9, quai de Seine
93584 SAINT-OUEN CEDEX

FAX : 33 (0)1 40 10 57 19
☎ : 33 (0)1 40 10 57 12
e-mail : departement.igle@ig.sncf.fr

AVERTISSEMENT

Le laboratoire IG.LE est accrédité par le COFRAC :

- section étalonnage n° 2-1217 en électricité-magnétisme,
- section essais n° 1-0631, la portée peut être communiquée sur demande.

Les résultats mentionnés dans ce document s'appliquent uniquement au produit ou au système analysé en laboratoire ou sur site, suivant les conditions indiquées dans son contenu.

La diffusion ou la reproduction, même partielle, de ce document est strictement interdite.

Des exemplaires supplémentaires peuvent être édités exclusivement par le laboratoire et transmis sous la signature du Chef du Département IG.LE.

COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE
EN ENVIRONNEMENT FERROVIAIRE

Exemplaire N° 0 



DIFFUSION D'ORIGINE

Document	
Date	/ /
Détenteur	Exemplaire numéro :
Archives IG.LE	1
HOLLAND RAILCONSULT	2
HOLLAND RAILCONSULT	3
HOLLAND RAILCONSULT	4
HOLLAND RAILCONSULT	5
HOLLAND RAILCONSULT	6
HOLLAND RAILCONSULT	7
IG.LE 21	8
	9
	10
	11
	12

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE EN ENVIRONNEMENT FERROVIAIRE
--

Le 26 octobre 1999 le laboratoire IG.LE accueille MM. De Vet et Dirven pour un échange de vues au sujet de la CEM ferroviaire, dans le cadre de la construction d'une ligne à grande vitesse aux Pays-Bas.

Étaient présents :

MM. Bart de Vet et Rob Dirven - Holland Railconsult,

M. Jean Marie Pic - Chef du Département Laboratoire d'Essais Electriques (IG.LE),

M. Michel Mage - Chef de la Division Essais Systèmes (IG.LES),

M. François Viennot - Chef de la Section Compatibilité Électromagnétique (IG.LE 21),

M. Denis Verdure - IG.LE 23 - en qualité d'interprète.

La réunion débute par une présentation des normes applicables en environnement ferroviaire : série ENV 50121-x et des normes applicables à l'environnement "résidentiel, commercial et industrie légère" et à l'environnement "industriel" : série EN 50082-x.

Les aspects "émission" et "immunité" sont traités. Les niveaux d'immunité requis dans chacun des cas sont comparés.

1. Perturbations générées par l'environnement ferroviaire.

Des précisions sont apportées sur le gabarit des valeurs de champs électromagnétiques qui figure dans l'ENV 50121-2, notamment sur la manière dont il a été élaboré mais aussi sur sa représentativité.

La SNCF a largement contribué à l'élaboration de cette norme et de nombreuses mesures ont été effectuées par le Laboratoire IG.LE dans cette optique avec, entre autres, des campagnes d'essais communes et croisées entre les compagnies ferroviaires : DB, FS et BR ; ces essais ont eu lieu en France, en Allemagne, en Italie et en Grande Bretagne. Ils ont porté sur plusieurs types d'électrification et avec de nombreuses circulations ferroviaires représentant des types de matériels roulants différents.

Les résultats ont conduit à élaborer un gabarit tel que les valeurs obtenues s'inscrivent en moyenne à environ 10 dB sous le gabarit. Afin de conserver une marge de compatibilité acceptable, il est raisonnable de prendre en compte les valeurs indiquées par cette norme.

Sur ce dernier point, l'expérience de la SNCF permet de conforter les valeurs recommandées. Des mesures d'atténuation en fonction de la distance ont aussi été réalisées par IG.LE. Les résultats font apparaître une atténuation ≥ 10 dB pour un point de mesure situé à 30 m de la voie au lieu de 10 m.

Une discussion s'engage à propos de la compatibilité électromagnétique réalisée de fait par le respect des normes. Plusieurs remarques sont émises à ce sujet et notamment le fait que les normes ne traitent pas, en terme d'immunité, les systèmes mais seulement les produits. L'ENV 50121-2 considère bien le système ferroviaire pris globalement vers les riverains, mais uniquement pour l'émission. Si le respect de ces textes permet d'assurer une forte présomption de compatibilité pour les signaux permanents, il faut toutefois s'assurer du respect des règles de l'art en matière d'installation et, par ailleurs, se préoccuper des régimes transitoires rencontrés dans l'environnement ferroviaire.

Cas des régimes transitoires

Une partie de la réunion est consacrée au recensement des sources possibles de perturbations de nature transitoire, à leurs effets et aux possibles remèdes ou tout du moins aux règles de base garantissant, dans la majorité des cas de figure, un fonctionnement correct. Les perturbations engendrées se propagent en mode commun sur les équipements "victimes", par conséquent une installation correctement référencée avec un plan de masse équipotentiel et des liaisons symétriques entre équipements présente naturellement une bonne immunité.

Les sources de perturbations transitoires ci-après sont évoquées :

- manœuvres de pantographes,
- ouverture ou fermeture de disjoncteurs,
- manœuvres des appareils permettant la mise sous ou hors tension des installations de traction électrique et surtensions associées dans le cas du ré-enclenchement de lignes à vide,
- régime de défaut, par exemple court-circuit caténaire/rail.

Les deux premiers cas interviennent, entre autres, dans le cas des sections de séparation entre deux types d'alimentation.

Le cas du contact pantographe/caténaire est traité de fait dans la norme ENV 50121-2, car il est indissociable notamment pour les fréquences supérieures à 100 MHz. Pour les cas extrêmes comme le givre et la glace, aucune mesure n'a été réalisée, nous ne pouvons donc pas donner de résultat, et notre expérience ne nous permet pas d'extrapoler.

Toutefois des mesures ont été réalisées par la SNCF lors des essais ayant conduit au record du monde de vitesse sur rail. À cette occasion, de nombreux arcs se développaient entre la caténaire et le pantographe. Pour autant, les valeurs mesurées restaient inférieures ou égales au gabarit figurant dans l'ENV 50 121-2.

2. Démarche vis à vis des riverains

Pour faire suite aux aspects techniques évoqués ci-avant, la SNCF présente sa démarche quant aux installations riveraines. Celle-ci consiste en une étude préalable des installations riveraines pour lesquelles la susceptibilité doit pouvoir être connue ou estimée afin de prévoir les risques de dysfonctionnement. La deuxième étape peut consister en une modélisation de l'installation, le modèle étant plus ou moins complexe suivant les cas et les enjeux ; une simulation peut s'avérer utile à ce stade afin d'envisager le plus en amont possible les protections à mettre en œuvre. Dans ce domaine, et en particulier concernant les phénomènes d'induction, des informations techniques sont fournies dans les textes émis par le CCITT. Enfin des mesures sur site réel peuvent être réalisées dès la mise sous tension des installations de traction électrique et, le cas échéant, après la mise en service commercial pour le régime d'exploitation définitif.

Les essais permettant de caler le modèle peuvent consister à réaliser des tests d'immunité notamment aux perturbations conduites sur l'installation riveraine existante (ou uniquement sur les équipements réputés sensibles) afin de mieux établir sa susceptibilité et de déterminer le cas échéant les protections à mettre en œuvre. Une simulation en situation quasi-réelle peut aussi être envisagée à ce stade, en transposant une partie critique de l'installation dans un contexte existant similaire à l'environnement futur.

Indépendamment des étapes envisagées, il y a lieu de procéder de façon contractuelle et de toujours établir en première étape un état des lieux pour chacun des sites riverains susceptibles d'être perturbés afin d'avoir une référence pour le suivi des affaires. Ce recours ne sera plus possible une fois la ligne construite et mise en service. L'expérience montre que l'existant est parfois perturbé par d'autres sources.

Il apparaît donc utile de bien formaliser la démarche et c'est en ce sens que depuis les années 1980, la SNCF traite par convention avec ses riverains. De nombreuses mesures ont été ainsi réalisées dans des cas similaires à celui exposé par Holland Railconsult, tels que : aéroport, autoroutes, sites de péage, aires de station service, hôpital, école, laboratoire, raffinerie, etc ...

Cette démarche a permis d'assurer la compatibilité entre les installations de traction électrique et les installations riveraines, lors des électrifications de lignes existantes et de la construction des lignes nouvelles à grande vitesse.

3. Exemples d'application

Dans le domaine de la CEM, les moyens de mesure ont été adaptés aux besoins ; ainsi le laboratoire IG.LE s'est équipé à partir de l'année 1989 d'appareils permettant la réalisation de mesures pour les fréquences supérieures à 30 MHz et de chaînes d'acquisition de signaux transitoires "MELOPÉE".

Cependant, des simulations ont été réalisées auparavant, les mesures étant effectuées sur les circuits "victimes" ou sur des "fils témoins" à l'aide d'enregistreurs rapides.

Sur les exemples donnés ci-après, choisis en raison des similitudes avec la situation future de la ligne à grande vitesse néerlandaise, il n'est pas possible de communiquer des valeurs de champ car les mesures ont été réalisées à l'époque, faute d'équipements, sur les circuits sensibles afin de caractériser les conséquences des perturbations, cette démarche permettant la mise en œuvre des protections possibles.

Actuellement, la connaissance des valeurs de champ est intéressante à des fins de modélisation sous réserve de pouvoir valider le modèle.

3.1. Centre des médias de Moûtiers

Il a été créé à l'occasion des Jeux Olympiques d'hiver de 1992 et implanté à proximité immédiate des installations de la gare de Moûtiers électrifiées en 25 000 V – 50 Hz. Cet exemple est intéressant non pas pour la vitesse, puisqu'il s'agit d'une ligne de montagne à voie unique, mais parce que :

- côté SNCF tous les trains marquent obligatoirement un arrêt en gare,
- les installations riveraines concernées étaient pour l'essentiel des installations de communication filaires, radiofréquences et hertziennes en grande concentration, ainsi que des studios d'enregistrement équipés de matériels sophistiqués dont le fonctionnement ne devait être affecté d'aucune manière compte tenu de l'importance de l'événement ; de plus, la courte durée opérationnelle des installations concernées ne permettait en aucun cas un éventuel rattrapage en cas de défaut.

Les mesures effectuées avant la construction de ce centre visaient à caractériser le régime permanent et le régime transitoire. En effet, certains trains, dont des TGV, devaient stationner et évoluer en gare, avec comme conséquence des manœuvres de pantographes et de disjoncteurs. Par ailleurs, les installations comprennent trois voies "auto-train" dont la caténaire est normalement hors tension, celles-ci étant mises sous tension en tant que de besoin et, entre autres, lors des accès quotidiens : ce type de manœuvre engendre des surtensions à la caténaire et par conséquent en champ rayonné.

Les mesures ont été effectuées à 12 m de la voie de circulation la plus proche, mais les voies "auto-train" sur lesquelles les manœuvres de sectionneur ont été effectuées sont plus éloignées du point de mesure, à plusieurs dizaines de mètres.

Les résultats de ces mesures ont montré qu'en dehors des règles de base pour une installation de qualité, il n'y avait pas lieu de prendre d'autres dispositions pour assurer son fonctionnement correct ; le retour d'expérience n'a pas fait apparaître de problème particulier. Il est à noter que, dans ce cas, il s'agissait d'une installation nouvelle créée simultanément à l'électrification.

3.2 Traversée d'une raffinerie

Il s'agissait d'une électrification nouvelle en 2 x 25 000 V - 50 Hz traversant une raffinerie existante, avec des enjeux considérables. Cette raffinerie était munie d'installations automatisées complexes et les conséquences pouvaient être graves en terme de sécurité mais aussi sur le plan économique.

Les installations concernées étaient nombreuses et dispersées sur le site par rapport à la voie ferrée traversant de part en part la raffinerie (cf. un extrait de la situation géographique joint en annexe 1).

L'analyse des installations concernées et les calculs ayant laissé quelques incertitudes, il a été décidé de réaliser des essais afin de valider les calculs et d'envisager au mieux les protections à mettre en œuvre. Ces essais ont consisté à recréer sur un site de caractéristiques semblables avec une partie des installations riveraines sensibles, des conditions proches d'une exploitation courante du site futur, à savoir :

- démarrage de trains lourds, de rames TGV ...
- situation d'incident telle que défaut caténaire/rails,
- coupure d'alimentation et remise sous tension des lignes de traction.

Au cours de ces essais pris en charge intégralement par la SNCF, la susceptibilité des installations aux signaux transitoires a été confirmée : il s'agissait de circuits asymétriques. Les dispositions prises ont permis d'éviter les dysfonctionnements lors de la mise sous tension des installations de traction électrique, et le retour d'expérience n'a pas fait apparaître de problème par la suite, l'exploitation est en service depuis 1986.

3.3 Aéroport de Satolas

Mise en service en 1992, la ligne à grande vitesse contournant Lyon traverse l'aéroport de Satolas sur lequel a été construite une gare ; à l'occasion de ce chantier, les risques de dysfonctionnement des installations de la navigation aérienne ont été examinés.

Les installations concernées étaient nombreuses et réparties de façon proche ou éloignée le long de la voie ferrée, mais disposant de liaisons galvaniques pour les raccordements avec les équipements distants. La modélisation était complexe et la SNCF avait une obligation de résultat ; elle a défini un protocole d'accord avec les responsables de l'aéroport afin de valider le bon fonctionnement des installations riveraines lorsque la ligne à grande vitesse serait exploitée en service commercial.

Le programme retenu comportait les essais définis ci-après :

- les essais préliminaires ont consisté à réaliser une référence en mesurant les champs ambiants existants,
- des tests d'immunité in situ ont été effectués,
- des mesures ont été réalisées lors de la mise en service :
 - en régime transitoire avec des ré-enclenchements de caténaire à vide,
 - en régime de défaut caténaire / rail,
 - en régime permanent avec des trains d'essais.

Les tests d'immunité ont montré que les installations concernées présentaient une certaine susceptibilité, de ce fait, elles ont pu être modifiées bien avant la mise en service. La principale modification a consisté à transformer des liaisons asymétriques en liaisons symétriques ou optique compte tenu de l'évolution technologique des équipements.

3.4 Usine Citroën : commande informatique de machines-outils

En 1988, lors de la mise en service d'une électrification en zone urbaine, un système de commande informatique de machines-outils de l'usine Citroën situé à moins de 10 m des emprises ferroviaires nous a amenés à réaliser des essais de manœuvres de disjoncteurs et pantographes au droit des bâtiments concernés, afin de quantifier les effets sur les installations riveraines. Ces essais ont montré qu'aucune protection supplémentaire n'était nécessaire.

3.5 TGV Méditerranée

Notre engagement de confidentialité ne permet pas de détailler cet exemple, qui concerne les travaux actuellement en cours dans le cadre de la réalisation de la ligne à grande vitesse TGV Méditerranée, où les procédures décrites précédemment sont appliquées avec différents riverains dont la nature des installations est très variable. Pour certains, des simulations sur site transplanté ont eu lieu et les résultats ont montré que l'immunité des équipements en cause était suffisante. Les essais réalisés à ce stade représentent un investissement qui peut permettre par la suite d'éviter d'avoir recours à des procédures longues et onéreuses visant à régler des dysfonctionnements dont l'origine restera parfois incertaine. De plus, il ne sera plus toujours possible d'appliquer les protections souhaitables et les correctifs d'après coup ont souvent une efficacité moindre pour un coût supérieur.

De tous les exemples qui précèdent (sauf le dernier), le retour d'expérience est positif et aucun problème n'a dû être traité par la suite.

Dans les cas cités aux § 3.2 et 3.3, les susceptibilités évoquées étaient liées à la présence de câblage de longueur supérieure à 10 mètres, et au couplage de la source sur ces lignes qui de surcroît étaient des liaisons asymétriques.

4. Cas de la foudre

Les installations de traction électrique en 25 000 V - 50 Hz constituent un excellent "puits de terre" pour la foudre lorsque l'ensemble des masses métalliques est bien interconnecté : supports caténaires, masses métalliques des ouvrages d'art, mâts de signaux ... Ce maillage favorise l'équipotentialité et protège de fait les installations ferroviaires concernées en limitant les différences de potentiel entre les équipements, et par suite la circulation des courants forts au travers de ceux-ci. La présence de ce réseau de collecte contribue à la protection des installations riveraines.

5. Conclusion

La norme ENV 50121-2 vise à caractériser l'environnement ferroviaire pour les régimes permanents. Cette caractérisation est réalisée dans le domaine fréquentiel. Compte tenu de la vitesse de déplacement des mobiles, il n'est pas possible de traiter toutes les fréquences simultanément, c'est pour cette raison que la méthode préconisée par cette norme propose de suivre l'évolution de quelques fréquences pouvant être considérées comme significatives du rapport signal/bruit engendré par les circulations ferroviaires. Cette analyse est effectuée en détection crête avec une constante d'intégration de 50 ms et une bande passante de 200 Hz, 9 kHz ou 120 kHz en fonction des gammes de fréquence étudiées. Le graphique dont il est fait état dans l'ENV 50121-2 représente l'évolution du niveau à une fréquence donnée en fonction du temps, donc en fonction de la position de la circulation ferroviaire par rapport au point de mesure. Sur ce graphe il apparaît des parasites dont la corrélation avec des sources identifiables est difficile, voire impossible.

Les contraintes d'exploitation du système ferroviaire engendrent des perturbations de nature transitoire, telles que les impulsions produites par les manœuvres de disjoncteurs ou de pantographes ; dans ces cas précis l'ENV 50121-2 ne s'applique pas. Les mesures doivent alors être effectuées en large bande (> 100 MHz), et l'analyse des signaux s'effectue directement dans le domaine temporel où le paramètre critique réside plus dans la vitesse de variation du signal que dans sa valeur absolue, c'est à dire la dérivée dv/dt de la tension induite sur le circuit perturbé, elle-même engendrée par une variation de courant di/dt . Par ailleurs, les conséquences sur les circuits perturbés dépendent directement du couplage entre les installations concernées, d'où la nécessité de pouvoir appréhender la situation dans son ensemble.

Les valeurs obtenues lors de ces régimes transitoires sont supérieures de plusieurs ordres de grandeur à celles du régime permanent.

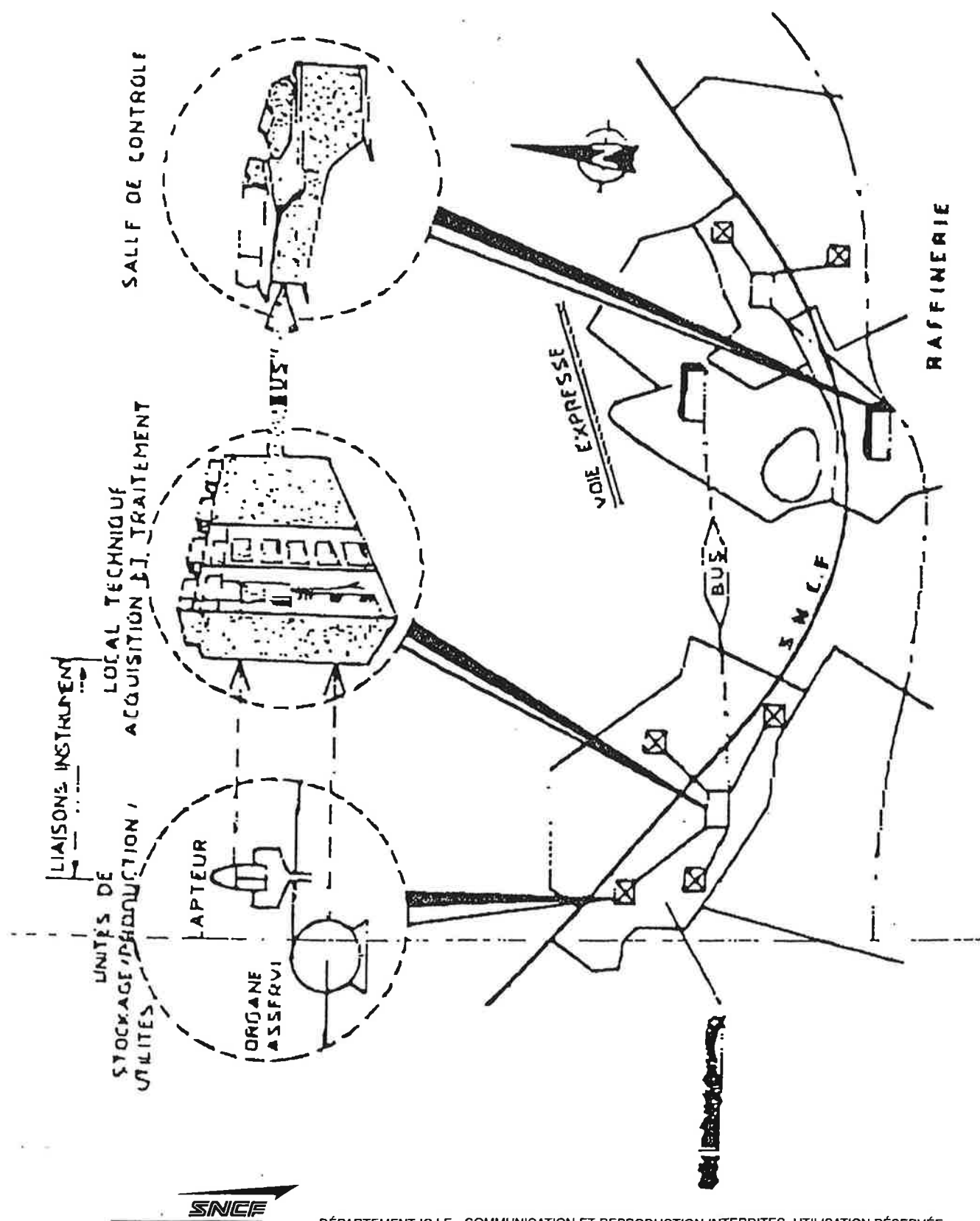
Pour diverses raisons, il est difficile de consigner des valeurs précises obtenues en régime transitoire, entre autres parce qu'elles sont éminemment variables d'un site à l'autre du fait de la diversité de configuration des installations. Globalement, elles peuvent varier de plusieurs V/m à quelques centaines de V/m pour des distances ≤ 10 mètres. Des paramètres tels que l'instant d'ouverture ou de fermeture d'un organe de coupure dans la sinusoïde, l'état électrique initial, les longueurs de ligne en cause ou, d'une manière plus générale, les paramètres primaires de la ligne sont autant de paramètres d'influence ; par ailleurs, le couplage étant différent d'une situation à une autre, les résultats varient pour chaque configuration testée.

Pour conclure, les participants ayant examiné le cas exposé par Holland Railconsult pensent que les signaux permanents n'engendreront pas de problèmes particuliers, en revanche ils estiment que le cas des signaux transitoires mérite un examen plus approfondi. En effet, la section de séparation projetée à proximité peut, par le fait de la vitesse et des différentes actions à réaliser par le conducteur : coupure traction, changement de pantographe ..., engendrer dans le secteur sensible des phénomènes transitoires pour lesquels les travaux effectués jusqu'à ce jour ne permettent pas d'extrapoler ; aucune des situations expérimentées ne présente simultanément les caractéristiques particulières permettant de répondre précisément à ce problème. Une connaissance plus précise des installations en cause est nécessaire pour pouvoir mieux appréhender la situation.

- o - o -

La réunion se termine par une visite des installations d'essais et des moyens de mesure de la section compatibilité électromagnétique du laboratoire IG.LE.

SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA RAFFINERIE



Vertaling van rapport:

Compatibilité Electromagnétique en environnement Ferroviaire

SNCF

Direction Technique

Département Laboratoire d'essais Electriques

2 december 1999

ELEKTROMAGNETISCHE COMPATIBILITEIT IN SPOORWEGOMGEVING

Op 26 oktober 1999 ontving het laboratorium IG.LE de heren de Vet en Dirven voor een uitwisseling van gedachten omtrent elektromagnetische spoorwegcompatibiliteit, in het kader van de constructie van een hogesnelheidslijn in Nederland.

Aanwezig waren:

Dhr. Bart de Vet en dhr. Rob Dirven - Holland Railconsult,

Dhr. Jean Marie Pic - Chef van de laboratoriumafdeling elektrische proeven (IG.LE),

Dhr. Michel Mage - Chef van de afdeling systeemproeven (IG.LES),

Dhr. François Viennot - Chef van de afdeling elektromagnetische compatibiliteit (IG.LE 21),

Dhr. Denis Verdure - IG.LE 23 - optredend als tolk.

De vergadering begint met een presentatie van de normen inzake railtoepassingen (serie ENV 50121-x) en de normen die van toepassing zijn op een huishoudelijke, handels- en licht-industriële omgeving (serie EN 50082-x).

De aspecten "emissie" en "immunititeit" zijn besproken. De vereiste immuniteitsniveaus zijn voor elk geval vergeleken.

1. STORINGEN VEROORZAAKT DOOR EEN SPOORWEGOMGEVING

De in ENV 50121-2 beschreven waarden van elektromagnetische velden zijn nader gespecificeerd, met name wat betreft de manier waarop deze zijn bepaald maar ook wat betreft de situaties waarvoor deze representatief zijn.

De SNCF heeft een grote bijdrage geleverd aan de uitwerking van deze norm en het laboratorium IG.LE heeft veel metingen verricht, waaronder gemeenschappelijke en gekruiste proefcampagnes met de spoorwegmaatschappijen DB, FS en BR. Deze proeven vonden plaats in Frankrijk, Duitsland, Italië en Groot-Brittannië en werden uitgevoerd met meerdere types elektrificatie en met veel spoorverkeer voor verschillende types rollend materieel.

De resultaten hebben geleid tot de uitwerking van een grafiek waarbij de verkregen waarden gemiddeld ongeveer 10dB onder deze grafiek liggen. Om een acceptabele marge voor compatibiliteit te behouden, is het verstandig om rekening te houden met de door deze norm in de grafiek aangegeven waarden.

Wat dit laatste punt betreft, worden de aanbevolen waarden bevestigd door de ervaringen van de SNCF. Het IG.LE heeft ook metingen verricht omtrent de afname van de waarden in relatie tot de afstand. Uit de resultaten blijkt dat het geluid > 10 dB afneemt bij een meetpunt op 30 m van het spoor in plaats van 10m.

Er wordt een discussie gevoerd over de werkelijk gerealiseerde elektromagnetische compatibiliteit bij naleving van de normen. Er worden meerdere opmerkingen gemaakt over dit onderwerp en met name over het feit dat de normen over immuniteit geen systemen behandelen, maar louter (alleen staande) producten. In ENV 50121-2 wordt weliswaar een beschouwing gegeven van het algemene spoorwegsysteem in relatie tot de omwonenden, maar uitsluitend voor de emissie. Ook al kan aan de hand van deze teksten een sterk vermoeden bestaan van compatibiliteit voor permanente signalen, toch moeten de normale regels nageleefd worden voor wat betreft de opbouw van installaties en moet men zich ook bezig houden met de overgangstoestanden die zich voordoen in een spoorwegomgeving.

1.1 Overgangstoestanden

Een deel van de vergadering is gewijd aan het opsommen van mogelijke storingsbronnen in overgangssituaties evenals de gevolgen ervan en mogelijke oplossingen of ten minste basisregels die in de meeste gevallen garant staan voor een correct functioneren. De veroorzaakte storingen verspreiden zich zoals altijd over de apparatuur van de omwonenden. Daarom zorgt een correcte installatie met een equipotentieel aardingschema en symmetrische verbindingen tussen de apparaten vanzelfsprekend voor een goede immuniteit.

De onderstaande kortstondige storingsbronnen zijn ter sprake gebracht:

- beweging van de pantografen,
- openen of sluiten van de schakelaars,
- beweging van de apparaten waarmee de installaties voor elektrische tractie onder spanning gezet of uitgeschakeld worden en de hiermee gepaard gaande overspanning wanneer nullastlijnen opnieuw ingeschakeld worden,
- foutieve overgangstoestand, bijvoorbeeld kortsluiting tussen bovenleiding/rail.

De eerste twee gevallen doen zich onder andere voor in de scheidingssectie tussen twee verschillende soorten voeding (spanningssluit).

Het contact pantograaf/bovenleiding wordt feitelijk behandeld in norm ENV 50121-2, want deze storingen kunnen daar niet los van gezien worden vooral voor frequenties boven 100 MHz. Extreme gevallen, zoals rijp, zijn niet opgenomen in deze benadering. Hiervoor zijn geen metingen beschikbaar. Daarvoor kunnen we dus geen resultaten geven en onze ervaring staat het niet toe te extrapoleren. Wel heeft de SNCF metingen verricht tijdens proeven die uitmonden in het wereldsnelheidsrecord op rails. Tijdens deze proeven ontwikkelden zich vele bogen tussen de bovenleiding en de pantograaf. Toch bleven de gemeten waarden beneden die van de grafiek uit EN 50121-2 of werden daar juist gelijk aan.

2. HANDELWIJZE MET BETREKKING TOT OMWONENDEN

Op basis van de hiervoor besproken technische aspecten beschrijft de SNCF zijn aanpak inzake de installaties van omwonenden. Deze aanpak bestaat uit een vooronderzoek van die installaties van omwonenden, waarvan de gevoeligheid met betrekking tot storing bekend moet zijn of moet worden geschat. De tweede stap kan dan zijn om de installatie in model te brengen, waarbij het model per geval en al naar gelang het belang meer of minder complex zal zijn. In dit stadium kan het nuttig zijn om een simulatie te maken, zodat zover mogelijk vooruit gepland kan worden welke beschermingsmaatregelen er nodig zijn. Voor dit gebied, en met name voor wat betreft het fenomeen inductie, is technische informatie te vinden in de teksten van de CCITT. Tenslotte kunnen ook metingen worden uitgevoerd op de werkelijke locatie, zodra de installaties voor elektrische tractie onder spanning zijn gebracht, en eventueel na de commerciële inbedrijfstelling voor de situatie na definitieve inbedrijfstelling.

De proeven waarmee het model opgesteld kan worden, kunnen immuniteitstests zijn. Vooral voor wat betreft storingen van bestaande installaties van omwonenden (of uitsluitend de gevoelige apparatuur) kan zo beter nagegaan worden of ze storingsgevoelig zijn, en eventueel kan worden bepaald welke bescherming aangebracht moet worden. In dit stadium kan ook overwogen worden om een quasi werkelijke situatie te simuleren, door een kritiek gedeelte van de installatie in een bestaande situatie te plaatsen die lijkt op de toekomstige omgeving. Welke stappen ook voorzien zijn, het heeft altijd zin om een contract te sluiten met de omwonenden. In eerste instantie dient er een situatiebeschrijving opgesteld te worden voor elke installatie van een omwonende die mogelijk gestoord zal worden, om een referentiepunt te hebben voor het verdere verloop van de zaken. Deze stap zal niet meer mogelijk zijn, wanneer de lijn eenmaal aangelegd en in bedrijf gesteld is. Uit ervaring blijkt dat andere bronnen soms de oorzaak zijn van storingen.

Het blijkt dus nuttig te zijn om het plan goed te formaliseren, en sinds de jaren tachtig sluit de SNCF convenanten met omwonenden. Er zijn dus al vele metingen verricht in gelijksoortige gevallen als beschreven door Holland Railconsult, zoals: vliegvelden, snelwegen, tolposten, tankstations, ziekenhuizen, scholen, laboratoria, raffinaderijen, etc.

Dankzij deze aanpak kan compatibiliteit gegarandeerd worden tussen de installaties voor elektrische tractie en de installaties van omwonenden, zowel tijdens de elektrificatie van bestaande spoorlijnen als de aanleg van nieuwe hogesnelheidslijnen.

3. TOEPASSINGSVOORBEELDEN

Voor wat betreft de EMC zijn de middelen aangepast aan de behoeften. Daarom beschikt het IG LE sinds 1989 over apparatuur die de uitvoering van metingen in het gebied boven 30 MHz mogelijk maken. Daarvan maakt deel uit een data-aquisitiesysteem voor transiënten genaamd "MELOPEE". Tevens worden tevoren simulaties uitgevoerd waarbij metingen worden uitgevoerd op kabels van omwonenden of testkabels, met behulp van apparatuur voor snelle registratie van signalen.

Voor de voorbeelden, die hierna worden gegeven - en die zijn gekozen vanwege hun overeenkomst met de toekomstige HSL in Nederland - is het niet mogelijk veldsterkten op te geven, daar deze metingen al enige tijd geleden zijn uitgevoerd. De metingen worden rechtstreeks uitgevoerd op gevoelige kabels om de gevolgen van storingen vast te stellen. Daarmee was het mogelijk om beschermingsmaatregelen uit te voeren.

Tegenwoordig is kennis van de veldsterkten interessant vanwege het belang voor modelvorming, waarbij het nodig is de juistheid van het model vast te stellen.

3.1 Mediacentrum in Moûtiers

Ter gelegenheid van de Olympische Winterspelen van 1992 werd dit centrum gebouwd vlakbij de installaties van het station van Moûtiers, waarop een elektrische spanning staat van 25.000 V - 50 Hz. Dit voorbeeld is niet zo zeer interessant voor de snelheid, want het gaat om een enkelsporig bergtraject, maar wel omdat:

- alle treinen van de SNCF een verplichte stop op het station maken,
- de installaties van de omwonenden in kwestie voor het merendeel bestonden uit een grote concentratie van communicatieapparatuur met draadverbinding en via radiofrequenties, evenals opnamestudio's voorzien van hightech materiaal waarvan de werking op geen enkele manier mocht worden belemmerd, gezien met het belang van het evenement; bovendien konden eventuele fouten door de korte werkingsduur van de betrokken installaties niet worden hersteld.

De metingen die verricht werden voor de bouw van dit centrum waren gericht op het in kaart brengen van de stationaire toestand en de kortstondige toestand. Sommige treinen, waaronder de TGV, moesten op het station parkeren en manoeuvreren, waardoor de pantografen en schakelaars dus moesten bewegen. Verder bevatten de installaties drie "auto-treinsporen", waarvan de bovenleiding gewoonlijk uitgeschakeld is. Deze wordt echter van tijd tot tijd wel onder spanning gezet, onder andere tijdens de dagelijkse aankomst van de trein. Door dergelijke manoeuvres ontstaat overspanning bij de bovenleiding en dus een stralingsveld. De metingen zijn verricht op 12 m van het meest nabije spoor. De autotreinsporen liggen echter enkele tientallen meters verder weg.

Uit de resultaten van deze metingen is gebleken dat het vasthouden van de basisregels voor een kwaliteitsinstallatie volstaan en er geen andere maatregelen genomen hoefden te worden om de installatie correct te laten functioneren. Ook nadien bleken er geen meldingen te zijn geweest van bijzondere problemen. Tenslotte willen we opmerken dat het in dit geval ging om een nieuwe installatie die gelijktijdig met de elektrificatie werd gebouwd.

3.2 Doorkruising van een raffinaderij

Het ging om een nieuwe elektrificatie van 2 x 25.000 V - 50 Hz die een grote, bestaande raffinaderij moest kruisen. Deze raffinaderij was voorzien van complexe, geautomatiseerde installaties en de gevolgen konden ernstig zijn, zowel in termen van veiligheid als financiën. Het ging om een groot aantal installaties verspreid over het complex.

Omdat er na berekeningen en analyses nog enkele onzekerheden bestonden omtrent de installaties, werd besloten tests uit te voeren op een soortgelijke locatie met een deel van de gevoelige installaties van de omwonende. De condities tijdens exploitatie werden zo goed mogelijk nagebootst, met name:

- optrekken van zware TGV treinen,
- incidenten zoals kortsluiting bovenleiding/rail,
- afschakelen en weer inschakelen van de voeding.

Zo konden de berekeningen bevestigd worden en konden er betere plannen voor bescherming opgesteld worden. Tijdens deze tests, geheel voor rekening van de SNCF, werd de storingsgevoeligheid van de installaties voor overgangssignalen bevestigd: het ging om asymmetrische circuits. Na het treffen van de noodzakelijke maatregelen hebben er zich geen storingen voorgedaan tijdens het onder spanning brengen van de installaties voor elektrische tractie. Ook later zijn er geen problemen ontstaan, en de lijn wordt al geëxploiteerd sinds 1986.

3.3 Vliegveld van Satolas

De hogesnelheidslijn rondom Lyon, in bedrijf gesteld in 1992, kruist het vliegveld waar zich een station bevindt. Vanwege deze bouw werden de risico's van storingen van de navigatie-installaties voor de luchtvaart onderzocht.

Het ging om een groot aantal installaties, dichtbij of op enige afstand van de spoorbaan maar die weer (elektrische) verbindingen hadden met elkaar. De modelvorming was gecompliceerd en de SNCF had een resultaatverplichting. Zij heeft een overeenkomst gesloten met de autoriteiten met betrekking tot het bereiken van een storingsvrij functioneren van de apparatuur. Het programma bestond uit de volgende delen:

- de inleidende tests bestonden uit het vaststellen van referentiewaarden voor de bestaande omgevingsvelden
- ter plaatse zijn immuniteitstests uitgevoerd
- tijdens de in bedrijfstelling zijn er metingen verricht:
 - bij overgangstoestanden met heraansluiting van de bovenleiding bij nullast,
 - bij foutieve toestand "bovenleiding/rail" (kortsluiting)
 - bij stationaire toestand met testtreinen

Uit de immuniteitstests is gebleken dat de installaties in kwestie enigszins storingsgevoelig waren, en (dus) konden zij ruim voor de inbedrijfstelling aangepast worden. De belangrijkste wijziging bestond in het omvormen van de asymmetrische verbindingen tot symmetrische of

optische verbindingen, waarbij rekening gehouden werd met de technologische ontwikkeling van de apparatuur.

3.4 Citroën-fabriek: computergestuurde gereedschapmachines

In 1988, tijdens de inbedrijfstelling van een elektrificatie in een stedelijke gebied, werden we geconfronteerd met een computerbesturingssysteem voor gereedschapmachines van de Citroën-fabriek op minder dan 10 m van de spoorweg. Om de gevolgen voor de installaties van deze omwonende te kunnen bepalen, hebben we tests uitgevoerd door het (des)activeren van schakelaars en pantografen ter plaatse van het gebouw in kwestie. Uit deze tests is gebleken dat er geen enkele extra bescherming noodzakelijk was.

3.5 TGV Méditerranée

Onze verplichting tot vertrouwelijkheid staat niet toe dit voorbeeld tot in detail te beschrijven. Het betreft werkzaamheden die momenteel plaatsvinden in het kader van de realisatie van de hogesnelheidslijn "TGV Méditerranée". De hierboven beschreven procedures zijn toegepast bij verschillende omwonenden met installaties van zeer verschillende aard. Voor sommigen zijn simulaties op soortgelijke plaatsen uitgevoerd, en uit de resultaten is gebleken dat de apparatuur in kwestie voldoende immuun was. Tests die in dit stadium uitgevoerd worden, zijn een investering die later kan voorkomen dat er langdurige en kostbare procedures gevoerd moeten worden omtrent op te lossen storingen, waarvan de oorzaak soms onzeker blijft. Bovendien zal het naderhand niet altijd mogelijk zijn om de gewenste beschermingen aan te brengen en die correcties hebben vaak minder resultaat tegen hogere kosten.

Met alle voorgaande voorbeelden (behalve de laatste) (waarvoor nog geen inbedrijfsstelling heeft plaats gehad – vert.) waren ook de latere praktijkervaringen positief en hoefden we naderhand geen enkel probleem op te lossen.

In de gevallen van paragraaf 3.2 en 3.3 werden de genoemde gevoeligheden veroorzaakt door de aanwezigheid van kabels langer dan 10m en aan de koppeling van de bron van deze kabels die bovendien ook nog aysmmetrisch waren.

4 BLIKSEM

De tractievoorziening 25000V – 50Hz levert een uitstekende aarding voor de bliksem omdat de metaal massa goed intern verbonden is: bovenleiding, steunen en portalen, kunstwerken (metalen), seinpalen. Dit netwerk is in principe een equipotentiaal en beschermt in feite de spoorinstallaties en beperkt tegelijk de potentiaal verschillen en daardoor verhindert zij het ontstaan van sterke elektrische stromen daar doorheen. De aanwezigheid van dit netwerk draagt bij aan de bescherming van de installaties van omwonenden.

5 CONCLUSIE

Om diverse redenen is het moeilijk om precieze waarden toe te kennen voor overgangstoestanden (transienten) onder andere omdat deze waarden uitermate variabel zijn van de ene locatie tot de andere vanwege de diversiteit van de configuratie van de installaties. Over het algemeen zijn ze 10 tot 20 dB hoger dan die voor stationaire toestanden, zelfs 40 dB in uitzonderingsgevallen. Verschillende parameters, zoals het moment van in- of uitschakeling van een component ten opzichte van de sinusvormige spanning, de oorspronkelijke elektrische toestand, de lengte van de betreffende kabels of – meer in het algemeen- de primaire parameters van de kabel(lijn) zijn allen van invloed. Daarbij komt dat de aansluitingen verschillen per situatie, waardoor ook de resultaten voor iedere geteste configuratie verschillen. Ten opzichte van de impulssignalen, blijft de kritieke parameter echter eerder de snelheid van de variatie van het signaal dan de absolute waarde ervan, dat wil zeggen de afgeleide dv/dt van de spanning die op de leiding van de omwonende wordt geïntroduceerd die zelf weer wordt veroorzaakt door een variatie van di/dt . Overigens zijn de consequenties voor de gestoorde circuits rechtstreeks afhankelijk van de koppelingen tussen de installaties in kwestie. Daarom is het noodzakelijk om de situatie in zijn geheel te kunnen overzien.

We kunnen concluderen dat de deelnemers, die het door Holland Railconsult voorgelegde geval hebben onderzocht, verwachten dat de permanente signalen geen bijzondere problemen zullen opleveren, maar dat het geval van kortstondige signalen nader onderzoek verdient. De spanningsluis kan door de snelheid en de verschillende acties die de machinist moet uitvoeren (afsluiten tractie, veranderen pantograaf...) in de gevoelige sector kortstondige fenomenen veroorzaken, waarvoor we aan de hand van de tot heden uitgevoerde werkzaamheden niet mogen extrapoleren. Bij geen van de onderzochte situaties deden zich gelijktijdig dezelfde bijzondere kenmerken voor, zodat we geen precies antwoord hebben voor dit probleem. Er is meer gedetailleerde kennis nodig van de installaties in kwestie om de situatie beter te kunnen doorgronden.

De vergadering eindigt met een bezoek aan de testinstallaties en de meetapparatuur van de afdeling elektromagnetische compatibiliteit van het laboratorium IG.LE.

141-1130
tab 8

Deze norm is niet opgenomen in deze rapportage

NL High Speed Line

Radio frequency emissions from the railway at the site of the ING Wilgenpas bank computer centre

Summary:

The field strengths of radio frequency emission from the proposed High Speed Line are predicted. It is not expected that the bank computer system will suffer disturbance from these field levels.

If the bank considers that the margin of immunity is not sufficient, remedial actions described in the report can be taken, singly or in combination.

Report NL-004 prepared for NL Railconsult

December 1999

This report has been prepared by the author as a contribution to the consideration of the subject and represents the view of an expert in this subject. However in view of the uncertainties which apply to this subject and to the specific site conditions, the author is unable to accept financial liability for any direct or consequential loss arising from the use of the contents of this report.

Donald S. Armstrong BSc(Eng) MIEE MIMechE CEng
tel +44 1332 84 04 42 fax + 44 1332 84 06 19



Radio frequency emissions from the railway at the site of the ING Wilgenpas bank computer centre

I Introduction

Operation of electric railways involves the emission of energy at radio frequencies. With the increasing use of electronic apparatus which operates with very low power levels, the chance of interference from railways may increase.

For the new High Speed Line planned in the Netherlands, consideration must be given to possible effects on existing premises near the route. Among these is a bank data processing centre which has many computers. This report discusses the emission levels which can be expected and comments on the prospect of interference.

For reference purposes, Appendix A, taken in part from Ref 1, identifies the possible sources of radio emission from electric railways.

II Description of Site

At about 5 km from Rotterdam station, the railway passes from a concrete tunnel into a concrete trough. The two tracks have separate tunnel bores and troughs. Near the tunnel entrance, to the East of the line, is a data processing centre operated by a bank. A plan of the site is given in Fig 1. Because the bank apparatus uses low power microprocessor equipment, concern was expressed about possible interference.

The closest distance from the exposed overhead wire to the bank building is about 45 m. The closest direct distance to the track in the tunnel is about 33 m.

It is expected that trains running towards Rotterdam will be braking using regenerative braking (this feeds current into the overhead line), and that trains from Rotterdam will be at full power rating as they accelerate. The accelerating trains are normally on the track closer to the bank. Trains would not be running at their maximum speed. Trains could have a pantograph at each end.

About 1000 m South of the bank is a change-of-voltage point on the railway. Here the system changes from 1500 V dc to 25000 V ac. The transients at this point will not have a radio-frequency effect at the bank.

III Standards

As part of the growth of the European market, standards are being produced which aid the free movement of goods. Among these is prEN 50121-2:1999 [Ref 2, referred to below without the date] which will, when published in the European Journal in 2000, set limits for the emission from the railway as a whole. Different limit values apply for the different railway system voltages. ENV 50121-2:1996 was issued as an interim document. prEN 50121-2 has been circulated to National Electrotechnical Committees for voting by the end of December 1999. This standard is unique in that it sets limits for field emission from the lowest official radio frequency of 9 kHz to the usual upper frequency of 1000 MHz. Other standards do not usually give field limits below 30 MHz. An extension of the limits to 2 GHz is expected when the standard is revised.

The permitted emission levels are shown in prEN 50121-2 [Figure 1 of the standard - Fig 7 of this report] and for simplicity in this report will be expressed

as a row of the six values at the ends of the three 25 kV lines in the Figure. These values are given in Appendix G. Lower limits can be set for lower traction voltages because the emitting arcs are less vigorous.

The standard does not cover the emission from transient actions such as the operation of switches. Some limited testing has been done and it appears that the addition of the 10 dB mentioned below, to cover the improbable maximum values will encompass the transient effects.

IV Tests performed to produce the limit values of the standards

As part of the process of preparing the CENELEC standard prEN 50121-2, measurements were made of radio frequency emission from trains in England, France, Italy and Germany. [Ref 3].

Most of the original test results obtained from the 25 kV railway in France, which were used to produce the limit line in prEN 50121-2 and summary tables of these results, are shown in Appendix B. Tests in England produced closely similar values on 25 kV.

Tests were done in dry and wet weather but no tests were done with ice on the conductors.

V Derivation of limit values in the standards

From the test results, a graph of the 80/80 and maximum peak values was produced. This is Fig 2, in which the 80/80 values are the lines and the maximum peak values are the crosses. The 80/80 and peak results have the same number of points. The statistical significance of the 80/80 limit line, the way in which results were processed and converted into the limit line, are discussed in Appendix H

Because train are rapidly moving objects, the peak value only can be measured. Emission limits for static apparatus are usually given as quasi-peak values, reflecting the origin of noise limits as the means of predicting the effect on radio reception. Quasi-peak values include a time constant which imitates the response of the human ear.

For railway trains, some tests were made in which peak and quasi-peak values were measured simultaneously. If a quasi-peak value is required, to give an estimate of the effect on radio receivers, it can be taken as about 20 dB below the peak value, giving a somewhat pessimistic value than seen in actual tests where 23 dB difference was seen (Appendix F).

VI Characteristics of emission

Emission varies as the trains pass the observation point. Fig 3 shows the variation observed at 638 kHz, with spikes of noise detected when the train was several seconds away for the test site. Fig 4 shows a more rapid rise and fall when the 30 MHz emission was measured. In general, the higher frequencies will attenuate more rapidly along the line.

A limited number of tests, not published, with regenerative braking showed similar emissions to those when traction power is used.

In addition to the effect of the source, the overhead conductors themselves can affect the level of emission because resonance can occur, as described in Appendix E.

Field strength reduces with distance from the railway line and numerical formula are given in Appendix G. Field strength is also reduced if the railway is in a tunnel. The ground is a conductor in which currents are induced, tending to oppose the field. Appendix G examines this effect.

Hence the field at the bank is affected by --

- the frequency of the source
- the behaviour of the railway overhead conductors
- the reduction with distance from the railway
- the attenuation of the ground when the railway is in a tunnel.

VII Raising and lowering pantographs

If the pantograph of a 25 kV train is raised or lowered, it makes or breaks contact with the overhead line. During this process arcing is observed with associated emission. Appendix C comments on the special effects of this pantograph movement and the transients which are produced. Although relatively few results are available it appears that the maximum emission during the pantograph movement is about the same as the probable maximum peak value (80/80 + 10 dB) of a train.

VIII Derived maximum likely emission level at bank building

Two conditions need to be examined, the first being the closest distance case with the train in the tunnel [A]; the second being the open wire case [B].

[A]

At the closest distance, the tunnel walls and roof reduce the emission of any radio frequency energy to the outside world. Estimates of this effect are given in Appendix G. In the following text the units of dBμA/m apply to the first four values in a row (below 30 MHz), and dBμV/m for the last two values (above 30 MHz) but are omitted from the script.

Standard 80/80 values at 10 m

65	-	40	75	-	25	100	-	75
----	---	----	----	---	----	-----	---	----

Standard 80/80 values at 33 m

46	-	21	56	-	13	87	-	65
----	---	----	----	---	----	----	---	----

Conversion for 33 m distance is described in Appendix G

Values at 33 m, allowing for tunnel attenuation

36	-	-20	15	-	-557	negligible		
----	---	-----	----	---	------	------------	--	--

Probable Maximum peak values at 33 m, allowing for tunnel attenuation

46	-	-10	25	-	-547	negligible		
----	---	-----	----	---	------	------------	--	--

The addition of 10 dB for maximum value is justified in Appendix F

Improbable Maximum peak value at 33 m with tunnel

56	-	0	35	-	-537	negligible		
----	---	---	----	---	------	------------	--	--

obtained by adding another 10 dB to the Probable Maximum values

[B]

The trough has an open top and emission is possible. Calculated values at 45 m are given below but would not be achieved because the measured values are for an open full length overhead line, whereas this case has a partially buried and part-length line.

Although radio energy flows mainly along line-of-sight paths, it can be reflected and refracted to affect other areas. Hence other buildings near the line will have an effect on the field level at the bank but this is expected to be small. This effect is seen in ghost images on television screens, where the ghost is usually a small relative signal. At the bank site there are now no buildings which will have a detectable effect, and the land allocation does not offer the chance of inserting a building which will exert a maximum reflection effect. The reflection effect is examined in Appendix G where worst case values are deduced.

Standard 80/80 values at 10 m

65	-	40	75	-	25	100	-	75
----	---	----	----	---	----	-----	---	----

Standard 80/80 values at 45 m

42	-	17	52	-	9	84	-	62
----	---	----	----	---	---	----	---	----

Conversion for 45 m distance is described in Appendix G

Probable Maximum peak values at 45 m

52	-	27	62	-	19	94	-	72
----	---	----	----	---	----	----	---	----

The addition of 10 dB for maximum value is justified in Appendix F

Improbable Maximum peak value at 45 m

62	-	37	72	-	29	104	-	82
----	---	----	----	---	----	-----	---	----

obtained by adding another 10 dB to the Probable Maximum values

Improbable Maximum peak values at 45 m with worst reflections

62	-	37	72	-	34	109	-	88
----	---	----	----	---	----	-----	---	----

The open trough case gives the highest fields at the bank. In fact the reflection addition could not happen because there is no position in which the new building could be placed to give this maximum reflection. A more realistic set of final values would be

Improbable Maximum peak values at 45 m with worst reflections

62	-	37	72	-	34	105	-	84
----	---	----	----	---	----	-----	---	----

IX Expected immunity level of the bank

This is an area of uncertainty. The behaviour of electronic apparatus and installations in response to electromagnetic stimulation, depends on the precise details of construction and assembly. No two situations are the same. For example apparatus of different types and ages will exist, coupled by cables of different types. The type of the network cables within the bank centre is not known but they should at least be twisted and screened pairs. This cable has a good immunity to external radio fields.

Bank apparatus is at least immune to the environment of the bank. This will include sources such as fluorescent lighting, lifts, printers, floor-cleaning machines, portable maintenance tools. This equipment has significant levels of emission.

It would have many computers linked to an intranet, with connections to the external net of telephone or telecommunications lines. The incoming phone lines should have good filtering to cope with lightning strikes. If the installation was modified after 1996, when the EMC Directive became law in the Netherlands, the installation should have been tested to confirm that the immunity had not been reduced. Test results should be available.

Immunity of the bank computers should be as required in EN 55022 Class B or EN 50082-1. This specifies a radio field immunity test of the enclosure of the computers at 3 V/m rms with 80% modulation, in EN 50082-1. In the logarithmic units used for the railway emission limits this is equivalent to 129 dBµV/m, with the maximum modulated peak value of 135 dBµV/m. This radio field test covers the frequency range from 27 to 500 MHz (old standard) or 30 to 1000 MHz (new standard). This field level is well above the peak emission expected from the railway.

Immunity tests with fields at less than 30 MHz are not usually carried out. Other techniques are used including --

- An ESD test, which discharge a capacitor into the case of the computer equipment, will usually ensure that the apparatus is immune to radio fields at the frequencies below 30 MHz. The ESD test imposes a flow of current which has a small rise time and has a high harmonic content (EN 61000-4-2)
- An injection test of voltage pulse bursts into the incoming cables (EN 61000-4-4)
- An injection test of current into the cables (bulk current injection) can represent the input from an external radio field. A value is required for the impedance of the cable system.

Fig 1 shows that the bank building is at least 45 m from the exposed track and does not have a long face parallel to the railway. This reduces the risk that high voltages are induced along the network cables.

A test at 135 dBµV/m is 30 dB above the improbable maximum expected emission from the railway with worst reflections. This gives a high immunity.

The bank building could be extended by the addition of another floor. This extra floor would not be exposed to a greater threat than the existing building.

X Remedies

The bank may ask for remedies to be applied, to give them greater confidence of reliable operation.

Although not expected to be required, Appendix D lists some remedial measures.

XI Conclusions

It is not expected that the bank centre will be affected by the radio frequency emission from the passage of trains because --

1. the railway line is in tunnel or trough and this reduces the field strength which reaches the bank
2. the bank is at least 45 m from the 25 kV overhead line in the trough and the predicted levels of emission from the railway are well below those which should have been used to test the bank centre computer system

The apparatus within the bank centre will have a good immunity because it is tested with fields about 30 times greater than the worst case expected from the railway. Some older apparatus may not have been tested and its immunity level may need to be established.

3. the highest train speeds will not be attained
4. the bank is about 33 m from the tunnel section and the attenuation of the emission in the ground around the tunnel will reduce the field below the levels from the 45 m exposed section.

References

1.
Armstrong D. S. Phenomena affecting the generation of radio frequency noise in railway installations. Int Symposium on EMC; EMC'94, pp 603-606, Rome September 1994
2.
CENELEC prEN 50121-2:1999. Railway applications, Electromagnetic compatibility-Emission of the whole railway to the outside world. DRAFT for voting, not yet a European Standard.
3.
EMC Measurements Report. CENELEC TC9X/WG4 September 1994
4.
Resinkoff and Liebermann. Tables of non-central t-distribution, Stanford University Press, USA, 1957

Appendix A

Phenomena affecting the generation of radio frequency noise in railway installations.

The railway is an extended installation from which noise at radio frequencies is emitted into the neighbourhood. The sources of this noise are numerous and are interactive. This section seeks to identify the sources, discusses their importance and attempts to give values for their contributions to the total emission. Among the sources are --

1. Traction power supply, which can contain power harmonics and parasitic oscillations from components such as hole-storage circuits of rectifiers of auxiliary circuits in the supply substation. These noise contributions are at the lower end of the radio spectrum.

2. Traction equipment on vehicles which can have a relatively high local field due to power switching and the physical geometry of power components

Traction vehicles may contain high power traction equipment which can generate noise. The high dI/dt in semiconductor power converters can produce noise. Usually the emission components are contained within the structure of the vehicle and it is a prime task of the designer to ensure that high emission does not take place. This can be difficult since power cables are an easy path for escape and providing a sealed box is sometimes difficult, since cooling has to be provided. Some designs do use sealed elements, for example with Freon cooling, ensuring that the power devices are contained within emc screens.

These considerations apply equally to diesel-electric traction.

3. Arcs produced at local irregularities in the current supply conductor. These typically occur where the pantograph passes the places where the registration arms from structures are fixed to the contact conductor.

During tests in UK there were noted, among the general complexity of the signal, spikes of noise at about 2 second intervals, shown in Fig 3. From the train speed it was possible to relate these spikes to the spacing of several (but not all) of the overhead support structures. The change of mechanical impedance which is the source of these effects can be reduced to some extent by careful design, installation and maintenance of the overhead. A common treatment for high speed lines is the insertion of a short length of supplementary catenary, called a stitch, at the registration point.

4. Short arcs between the sliding current collector and the contact conductor. The transfer of current from wire to collector is via a series of conducting spots. These spots, will carry about 20 amperes and additional spots are formed for higher currents. The arc is rooted at a spot in the metal and as the collector slides past, the current path will switch suddenly from spot to spot. The sudden extinction of the arc generates RF noise.

The contact strip on the pantograph is about 30 mm wide. At train speeds of 200 km/h the transit time is 0.00055 seconds. This gives very little time for the contact spots to form, to carry current, and be extinguished at the trailing edge. The time is only about 2.5 % of the period time of a 50 Hz supply.

The contact zone has to carry about 150 amperes and, since each spot carries about 20 amperes, there will on average be about 8 spots. The wire width is about 10 mm and, since each spot is about 1 mm diameter, relatively little of the nominal contact zone is involved in active current transfer. The spot distribution is random because there is no sign of noise at frequency bands which are related to the spot transit frequency of about 18 kHz at 200 km/h. A dominant 100 Hz effect can be seen as the current restrikes after current zeroes, on a 50 Hz system.

5. Increased short-arc sparking when multiple pantographs are used

The disturbance of the contact wire by the first pantograph makes more difficult the task of current collection by the following pantographs. The visual effect of this is well known in the Japan Railways Shinkansen trains. The early designs had 6 pantographs per train and at high speed, the trailing pantograph was in a state of continuous arcing.

6. Effect of magnitude of current being collected by sliding contact

Evidence from tests in Japan suggests that higher current does not mean more noise, in fact the noise reduced. This effect is related to that seen in DC motors where the radio noise will increase steadily until the current exceeds a relatively low level, of about 20 amperes. Above this the noise is suddenly reduced and seems to have little relationship with magnitude.

At high currents there will be many conducting spots in parallel and they may act as damping paths for the RF energy produced by individual short arcs.

7. Irregularities of contact where more than one contact wire is used in overhead.

High noise has been observed where lengths of contact wire overlap as they are terminated at structures. For a distance of perhaps 30 m the incoming and outgoing wires are side by side, as contact is transferred. This gives a local position where higher noise is produced by the train, as the current chooses one or other wire depending on mechanical dynamics.

8. Resonances at a few MHz in the overhead system which enhance noise levels and result in almost constant emission as the train passes the point of observation

Fig 5 shows, in the upper curve, the stored maxima in the frequency range 1 to 6 MHz, with a clear resonant peak at about 4.2 MHz. The lower trace is the instantaneous value at the instant of capture, with spikes at 100 Hz. The resonant frequency has a wavelength of 77 metres, perhaps related in some way to the average spacing of the support structures of 60 metres.

9. Corona from the energised but unloaded overhead conductor, where the voltage stress is excessive. This occurs with 25kV systems.

This can exist in dry weather conditions where insulator surfaces are contaminated or where sharp edges have appeared due to damage. Wet weather at the same site can much reduce the noise. Although the corona arcs themselves are broad-band sources, the emission tends to have particular frequencies, as a function of the detailed geometry of the overhead.

10. Modulation of the noise level due to the body-shape of the train

During tests in Germany as part of Combined Tests for CENELEC, an irregular shape of radio emission at 150 MHz was seen, as a mixed freight train passed. A first peak corresponded to the locomotive and the signal fell to a steady level as full-height freight wagons passed. The noise then dropped as some empty flat wagons passed, with the noise rising again when higher car-carriers passed. The wavelength at 150 MHz is 2 metres, similar to the physical spacing between contact wire and train body.

11. Interaction of several vehicles, at lower frequencies, up to about 1 MHz.

Just as a vehicle is a source, it can also be a sink for the energy of other vehicles. Hence the operation of more than one vehicle may reduce as well as increase the amount of radio noise on the system. The interaction of the vehicle impedances, via the changing impedance of the overhead (as the trains move) gives a complex pattern of magnitude as a function of time.

In real cases, more than one traction vehicle may be within the disturbance zone of an affected object. For the purpose of limits, the presence of vehicles more distant than the closest vehicle shall be disregarded when considering radio noise. This recognises that the sources are moving and that the attenuation with distance is high.

12. Intermittent passage of track circuit current through poor wheel/rail contact, producing a spark emitter of low power but which moves with the train. When the rails are rusty, the track circuit current is not of consistent magnitude. It fluctuates rapidly as contact patches are made and broken. Although the track circuits usually work at low voltages (perhaps 1 or 2 V), the noise source could be detected by apparatus close to the track.

13. Modulation of the normal track circuit currents where these are operating in the few kHz band.

Although not thought of as radio frequency sources, or even as disturbance sources at all, the track circuited rails may be carrying currents at 40 kHz, with pattern modulation. The current distribution is disturbed as trains pass and, with poor contact between wheel and rail, can be a variable small-arc source.

Another form of track circuit (HVI) uses high voltage pulses at a few Hz as the source, with an intelligent detector which looks for pulses of the same shape. These are designed to break down the high-resistance films which can exist on rusty rails. The waveshape of the pulses may be 100 V maximum with sharp edges. These can be significant emitters in the form of click disturbance of radios.

The rails form a transmitting loop and the field is mainly directed upwards and downwards. Apparatus on the train and positioned below the track, can be affected. On some city routes, where the track is on a viaduct, commercial premises may be in the arches below the track. It is known for specialist users to be affected when track circuit type is changed.

14. Transients due to switching on or off of the vehicle power system and the supply system

Events such as the operation of a vacuum circuit breaker of a 25 kV vehicle can produce bursts of wide-band noise. These are difficult to observe and measure but need to be considered because they can cause high levels of noise.

15. Transients due to the raising or lowering of pantographs, where breakdown of the air gap takes place, especially at 25 kV

Fig 6 shows a sweep frequency picture of an interruption of pantograph leakage current as a pantograph is lowered on a 25 kV railway. The noise begins as a rising ramp, turning into bursts at 10 millisecc intervals as the arc grows in length and restrikes. The peak noise level is almost constant as the frequency sweeps, indicating a broad-band source in the arcs.

16. Standing wave patterns at low frequencies below about 500 kHz which result in noise maxima when the train is remote from the point of observation.

Test results have shown that noise at lower frequencies can represent standing wave patterns of several km length. As the train passes the measuring point, the noise may be lower than when the train is remote.

The attenuation of noise as a function of distance from the railway is related to frequency and, for example, at 100 MHz has the relationship $V \propto 1/D^{1.25}$.

17. Possible differences between of traction and regeneration current.

Only limited evidence is available but so far there seems no significant difference between the RF noise produced by AC traction or regeneration currents. This is as expected because the two contact materials involved exchange their polarities in each half cycle. If there was an effect due to arc root behaviour in the two materials, this would be obscured.

18. Emission from sources with longitudinal attenuation of energy

Fig 4 shows the rapid rise and fall of received noise at 30 MHz as the train passes, with a 30 dB change in 3 seconds. The train was travelling at about 40 m/s so that the field at the measuring point fell by 30 dB as the train travelled 120 m. The rate of fall increases as the frequency of emission increases.

Appendix B

Test results in France on 25 kV classical

This table gives most of the values measured in France during the CENELEC tests in 1993. In some cases the statistical values are included. The line of results begins with the test frequency in MHz and then the dBµA/m or dBµV/m values, depending on whether the frequency is below or above 30 MHz. Three measuring teams were present, from France, Italy and Germany. They used CISPR approved test sets which were confirmed to give the same results.

It should be noted that the values have a wide spread in most cases. In three cases the train had two locomotives or two trains passed at the same time.

N = number of test results

k = statistical multiplier of SD, as in prEN 50121-2

French results taken in France

Frequency MHz

Frequency MHz		Values				Mean	SD(N-1)	N	k			
Italian results taken in France												
0.31	39	34	35	37	33	34	30	27	28	35	26	29
	29	27	36	36	31	39						
					32.5	4.2		18				
0.1	2	14	0	22	17	17	30	20	21	9	10	5
					13.9	9.0		12				
0.1	36	42	30	33	42							
					36.6	5.4		5				
0.3	31	45	43	46	26	41	37					
					38.4	7.5		7				
0.474	45	39	45	43	37	18	19	26				
					34	11.4		8				
1.08	39	37	42	25	41	33	39	47	44	23	30	29
					35.8	7.7		12				
2.95	28	33	35	16	11	11	16	21	22	10	17	31
	14	20	23									
					20.5	8.1		15				
10	1	6	5	18	6	10	10	4	28(2 locos)		12	-3
	5	19	-3	-5	0	23						
					6.8	8.2		16				
14	5	-11	3	7	14	5	2	6	-2	16	7	-1
	15	-6	15	14	1	10	3	5	-2	-3	4	6
	6	1										
					4.6	6.8		26				

14.4	4 -1	10	16	-3	6	14	8	-4	3	2	0	-1
					4.15	6.35		13				
29	-2	14	6	0	19 5.75	9 6.4	1	8 12	3	9	3	-1
42	87 55	88 75	78 68	80	72	61	37	70	72	51	63	75
					69	14.3		15				
50	73 89	59 77	49	51	58	49	57	58	72	49	69	48
					60.3	12.8		15				
59.9	75	77	55	76	78 68.4	68 8.9	53	64 10	67	71		
69.9	68	73	82	82	60 75.9	73 5.5	85	74 15				
80	78 67	65 72	68 72	78 72	72 64 71	74 61 5.1	73 77	69 16	81(2 locos)			76
85	67	88	77	70	85 75.5	74 6.1	74	74 12	76	77	72	72
111	69 73	74 66	74 67	63 73	63	56	70	63	76	68	66	68
					68.1	5.3		16				
150	76 67	55 64	60 69	68 71	71 68 67.5	69 5.1	70	68 17	64	72	67	72
350	60 59	61 62	57 78	59 57	47	49	68	56	48	65	56	70
					60.2	7.9		16				
400	65	66	52	55	60 58.3	52 6.3		6				
French results taken in France												
300			55	61	55 52.5	47 4.5	49	49 8	53 1.3	51		
600		53	52	64	42 50.1	47 7.3	49	44 7	1.35			
900		48	40	48	41 43.7	43 3.5	42	6	1.42			

German results taken in France

0.31	35	36	31	32	30			5				
0.1	12	0	-6	16	17	29	30	21 11	9	8	11	
0.3	55	35	38	55	42	45	43	55 12	55	55	27	38
0.474	41	38	41	50	44	50	43	33 11	18	19	47	
1.08	41	36	36	23	41	26	35	55 12	55	26	30	28
2.95	23 29	23 13	21 16	30 23	30	-3	10	10 16	21	22	9	16
10	0 2	6 10	7 20	19 7	6 -1	10 4	7 20	4 8 19	28(2 trains) 22			14
14	-2	0	6	12	6	8	8	9 9	2			
25	-1	19	4	-2	22 6.4	-2 7.9	1	4 13	3	13	6	3
30	76	68	76	87	87 77.9	68 7.87	85	76 8				
42	75 51	66 48	80 72	82 68	74	67	64	56 16	57	62	45	57
49.9	56	67	43	62	43	85	73	67 8				
50	55	50	51	56	47	43	85	73 9	67			
59.9	72	70	69	55	45	70	74	68 12	45	63	65	71
69.9	66	55	68	53	69	76	83	56 10	72	83		
79.95	75 76	65 72	74 65	70 62	72 72	71	70	67 17	77	79	66	69
85	71 77	87	75	71	82	74	71	75 13	75	77	71	78
150	68 64	60 66	59 69	67 70	67 63	70	68	67 17	58	66	72	72
200	61 60	56	56	53	59	59	62	65	60	61	63	55
					56.9	9.06		13	1.2			
500	53	55	66	47	51 53.7	55 6.2	49	7	1.35			

Appendix C

Effect of raising or lowering the pantograph.

General

When the pantograph makes or breaks contact with the 25 kV line, a current is started or interrupted. Even when the 25 kV circuit breaker on the train is open, there is a small leakage current via the resistance and capacitance to the body. This leakage current depends on the shape, size and condition of the pantograph, and the busbar or cable which connects it to the train high voltage circuit breaker. These parameters vary little between types of train.

The normal operation of raising or lowering the pantograph takes place at few locations but it is possible that this could happen near the bank centre. It is therefore of interest to put values on the expected emission from this operation.

Two pieces of information are available. The first is a time history of emission as the pantograph of an electric multiple unit is lowered. The second is a set of values of emission at selected frequencies, together with emission values from passing trains at the same site.

Time history

At an inner-city station in England, the traction power is changed from 25 kV to 750 V dc. The pantograph has to be lowered after the 25 kV breaker on the train has been opened. A time-with-frequency history of emission was recorded with a sweep frequency analyser and Fig 6 shows one result. The frequency sweep was from 15 MHz to 30 MHz with a sweep time of 0.556 seconds. The contact force begins to reduce at 0.16 seconds and the noise increases steadily until contact is actually broken. The noise then increases as the gap increases, because the restriking voltage increases. When the gap is large enough to require the full voltage for breakdown, the noise appears as a series of pulses at 100 Hz, after 0.445 seconds. [Times are from the start of the sweep].

The signal strength is related to the power at the test set and reaches a maximum level of -42 dBm (power with respect to one milliwatt) at 30 MHz.

The measuring chain consisted of the Rohde & Schwarz loop antenna HFH2-Z2 with a HP8591 sweep analyser. When calibrated by British Rail Research a magnetic field of 0.064 A/m (96 dB μ A/m) gave an analyser signal of 16 dBm. Hence the dB μ A/m field strength is given by adding 80 to the dBm figure. For the lowering pantograph the maximum field was (-42 + 80) = 38 dB μ A/m.

prEN 50121-2 gives 25 dB μ A/m as the 80/80 value at 30 MHz, with a probable maximum of (25 + 10) = 35 dB μ A/m. This is close to the value from the pantograph test. The pantograph signal is therefore of similar magnitude to that expected from a train, accepting that the pantograph test was not carried out at a standard open test site.

Emission values at specific frequencies

As part of the testing in England of a new vehicle, measurements were taken of emission for the pantograph-down movement. On the same day, measurements were made as other trains passed the test site. The results below are from an unpublished confidential document and the type of vehicle cannot be identified. Values are dBµV/m.

Source	40 MHz	Frequency 60 M	73.75 M	190 M	250 M
Train	54.5	58.7	46.0	45.8	49.3
Train	47.4	54.7	43.8	46.9	50.6
Train	59.7	64.1	59.6	50.3	51.9
Train	62.0	59.5	46.2	50.9	48.5
Train	45.7	42.2	33.2	46.3	49.9
Train	42.1	44.9	32.2	43.3	34.5
Pan down	54.4	56.8	47.5	48.8	57.2
Pan down	61.1	60.8	52.2	48.1	66.5
Pan down	53.2	56.0	54.0	49.2	70.6
Pan down	50.5	56.0	43.0	49.8	57.7
Pan down	51.2	55.6	55.2	48.4	49.7
Pan down	53.1	57.0	45.2	55.0	49.8

The background noise was measured and typical values were

25	26	25	46	52
----	----	----	----	----

All these values are below the 80/80 limit line of prEN 50121-2.

The maximum train-passing value is 64.1 and the maximum pantograph value is 70.6. The pantograph value can therefore be taken as the normal train-passing value plus 10 dB.

Appendix D

Remedial measures to reduce Noise from Overhead System and Current Collection

Few actual applications of these remedies because actual complaints have been few.

Ferrite on pantograph: The rod elements of the pantograph frame were coated with ferrite. This material has a high loss at radio frequencies and a suppression of about 3 dB was seen in one case

Extra bonds on overhead: These were added where there was an irregular contact between the dropper and the catenary wire during the passage of a train. This reduced noise by about 5 dB, mainly at higher frequencies.

Reduce number of pantographs per train: Where a multiple-unit train runs in fixed formation, it can be beneficial to use a roof busbar instead of separate pantographs. This reduces the disturbance of the overhead line by the sliding contacts, helping the fewer strips to maintain close contact.

Choose material of contact strip: Metallised carbon is recommended.

Add extra wires to catenary to reduce variations of contact force: If the overhead has only catenary and contact wires, the addition of a short length of intermediate support wire at the structure, will reduce the variation of mechanical compliance and hence reduce the variation of contact force. The use of full compound catenary with three conductors may be required in some cases.

Move registration arm to stitch: To remove the mass of the registration arm and clamp from the contact wire, attach the registration arm to the stitch wire. The contact wire then hangs on the droppers and has some uncertainty of lateral position under windy conditions. It is simple to set the stagger so that wind and other dynamic movements does not take the wire beyond acceptable limits of lateral movement. This is a novel untried idea without patent protection.

Choose design of pantograph: The use of springs between the contact strip and the head was found to reduce the noise by about 3 dB, probably due to the greater ability of the contact strip to maintain close contact with the wire.

Provide screen: Place a conducting mesh screen or fence between the overhead wire and the victim building. A mesh of about 100 mm would suffice. This involves future maintenance costs and affects the visual scene.

Extend tunnel: The tunnel length could be extended by 50 to 100 m to give extra screening. The roof of the tunnel need not be of full structural strength and could be a simple cover on which a metal mesh can be placed to form an electric screen. The mesh would be bonded to the wall reinforcing.

If the direct distance to the bank is increased to 100 m, the final predicted values given in section VIII [B] become :

Improbable Maximum peak values at 45 m with worst reflections

49	-	24	59	-	26	101	-	81
----	---	----	----	---	----	-----	---	----

Add screening to the victim building: This is expensive as a retro-fit exercise. Perhaps some parts of the building are more sensitive than others and a full screen may not be needed.

Add protection to victim apparatus: use filters at input ports and similar added components

Reduce train speed: Contact quality is better at lower speed with less arcing and hence less radio emission will be produced.

Bonding of steelwork: In the tunnel section, it will be beneficial if the reinforcing steelwork of the floor, side-near-bank and roof, is electrically bonded to form a conducting cage. In the trough section the floor can be bonded to the side nearer the bank.

Appendix E

Resonance of overhead line

Because the overhead line is a distributed array of inductances and capacitances, it will have natural resonant electrical frequencies. These can be in the radio frequency band and will affect the actual observed emission.

At one test site, a resonance at 4.2 MHz was seen, as indicated in Fig 5. This is the screen display of a sweep frequency analyser covering the range 1 MHz to 6 MHz. The upper line is the peak-hold capture of many sweeps and the lower line is the instantaneous signal for one sweep. The sweep time is 0.18 seconds.

At resonance, the emission is about 20 dB above the level expected if the noise follows the slope of the limit lines in prEN 50121-2. This resonance is sustained for several seconds after the train has passed, without significant reduction of magnitude of emission.

Actual resonances at the Netherlands bank site will be known after construction. In the example of Fig 5, the resonance frequency seems to be associated with the distance between support masts.

Appendix F

Statistical approach to limits for radio emission from railways

(A) Results of processing field trial measurements with the method of prEN 50121.2

The test reports of the international programme of tests, have been used to find the 80/80 values, as proposed in prEN 50121.2. Most test values are peak but a few quasi-peak results were available.

The method of prEN 50121.2 is used to find the mean, standard deviation (n-1), and the factored sum. This allows the 80/80 value to be found. The tables below show the 80/80 values and the absolute maximum peaks recorded during the tests. No attempt has been made to separate values into classes of locomotive, weather condition, train speed. At 0.1 MHz the note 22/6 denotes the date 22 June 1993; 24/6 denotes 24 June 1993.

TESTS IN FRANCE ON 25KV 50 HZ

Frequency MHz	Number of Tests	Mean Value M dB(µA/m)	Std Dev (N-1)	80/80 Value S	Maximum Measured P	(P-S) dB
0.031	18	32.5	4.2	37.1	39	1.9
0.1(22/6)	12	13.9	9.0	24.8	30	5.2
0.1(24/6)	5	36.6	5.4	44.9	42	-2.9
0.1 Qpk(22/6)	6	-0.25	2.26	3.0	1	-2
0.3	7	38.4	7.5	48.5	46	-2.5
0.474	8	34	11.4	48.8	45	-3.8
1.08	12	35.8	7.7	44.6	47	2.4
2.95	15	20.5	8.1	29.4	33	3.6
10	16	6.8	8.2	15.8	19	3.2
14	26	4.6	6.8	12.1	16	3.9
14.4	13	4.2	6.4	11.8	16	4.2
25	13	6.4	7.9	15.9	22	6.1
29	12	5.8	6.4	13.2	19	6.8
dB(µV/m)						
30	8	77.9	7.8	88.0	87	1.0
42	15	69	14.3	84.7	88	3.3
50	15	60.3	12.8	74.4	89	14.6
59.9	10	68.4	8.9	79.4	78	-0.6
69.9	8	74.6	8.3	85.4	85	-0.4
80	16	71	5.1	76.6	78	1.4
85	12	75.5	6.1	82.7	88	5.3
111	16	68.1	5.3	73.9	76	2.1
150	17	67.5	5.1	73.1	76	2.9
200	13	56.9	9.1	67.8	65	-2.8
300	8	52.5	4.5	58.4	61	3.9
350	16	60.2	7.9	68.9	78	9.9
400	6	58.3	6.3	67.2	66	-1.2
500	7	53.7	6.2	62.1	66	3.9
600	7	50.1	7.3	59.9	64	4.1
900	6	43.7	3.5	48.7	48	-0.7

At 0.1 MHz, (Spk - SQpk) = (24.8 - 3.0) = 21.8 dB

(B) Difference between absolute maximum peak value and 80/80 value

The values of (P-S), which in these Tables take no account of train type or speed, show that generally the actual maxima are a few dB above the estimated 80/80 value, as expected from the statistical approach. In fact some values of (P - S) are negative, showing that the 80/80 approach gives a value which is greater than the highest value measured. If a value is required of the probable maximum peak emission, it is adequately accurate to add 10 dB to the 80/80 value, over the whole frequency range.

The numerical examples above, which cover most of the frequency range of interest, show that the 80/80 method, (intended to cover mass produced items whose characteristics have a Gaussian distribution, with a relatively small spread of values), can be applied to railways with little risk of error. Although the railway exhibits a wide spread, which may be greater in practice than found here because conditions such as weather can have a strong effect, the 80/80 approach is valid.

The only positive value of (P-S) which is greater than 10 dB is at 50 MHz. When the 50 MHz results are examined, they are found to lie in three groups. These comprise values at

48 49 49 49 51

57 58 59

69 72 73 77 89.

These do not form a proper population to which the statistical analysis can be applied. They could apply to different types of traction vehicle and that grouping these together for 80/80 analysis is not an acceptable process.

(C) Quasi-peak values

A few simultaneous measurements were made of peak and quasi-peak noise. For example at 100 kHz the values were 30 and 1.0 dB μ A/m respectively; at 2 MHz they were 34 and 9; at 40 MHz they were 82 and 52 dB μ V/m. Enough results were taken to allow the 80/80 values to be found, as noted below the tables in this report. The dB difference between these methods of measurement was remarkably consistent at about 23 dB, over the frequency range 100 kHz to 40 MHz. Hence if comparison with quasi-peak values is necessary, the -23dB relationship can be used to convert from peak values.

(D) Summary

The absolute maxima cannot be established without an infinite amount of testing but the analysis shown in Appendix F, in the values of (P-S) indicates that a 10 dB increase in value will represent the most probable maximum value.

The test results showed that the addition of 10 dB to the 80/80 value gives a good estimate of the probable maximum peak value which would be obtained for the test conditions.

If a further margin of immunity is required, the addition of a further 10 dB to the emission values will give an estimate of the emission which would not be exceeded within a long timescale, perhaps many years. The bank apparatus is likely to be replaced within such a timescale.

Appendix G

Distance conversion from prEN 50121-2; Attenuation in tunnel and Reflections

(A) Distance conversion:

Values of limits given in prEN 50121-2 refer to a 10 m distance from the centre of the railway track. At other distances, the values change in accordance with the formula in prEN 50121-2. At the bank site on the High Speed Line, the direct distance from the exit of the tunnel to the bank is 45 m.

The formula for 45 m is then

$$\begin{aligned} E(45) &= E(10) - n \cdot 20 \log_{10}(45/10) \\ &= E(10) - n \cdot 13 \\ [\text{and } E(33) &= E(10) - n \cdot 10.4] \end{aligned}$$

where n is dependent on frequency as given the following table from prEN 50121-2. Included in the table are the corrections for 33 and 45 m distances.

Frequency range MHz	n	dB correction at 33 m	at 45 m
0.15 - 0.4	1.8	- 19	- 23
0.4 - 1.6	1.65	- 17	- 21
1.6 - 110	1.2	- 12	- 16
110 - 1000	1.0	- 10	- 13.

A value of n for frequencies below 0.15 MHz is not given and the -23 dB value will be used.

Describing the limits of prEN 50121-2 by the end points of the three 25 kV lines (Figure 7) gives values at 10 m of

65 - 40 75 - 25 100 - 75

Converting these limits to 45 m gives

42 - 17 52 - 9 84 - 62.

(B) Tunnel attenuation:

The conducting ground and the tunnel lining will reduce emission. An indication of the effect is given by the penetration depth, at which the field entering a solid block is reduced to 1/e of its initial value. At 150 kHz with a typical ground resistivity of 30 ohm.m the penetration depth is

$$1 / \sqrt{\pi \cdot 150000 \cdot 4 \pi \cdot 10^{-7} \cdot 0.0333} = 7 \text{ m}$$

If the distance from the tunnel is 33 m the reduction is to $1 / e^{\{33/7\}} = 0.0089$. The equivalent dB reduction is $20 \log_{10}(0.0089) = -40.9$.

At the set of frequency break points of the limit line in prEN 50121-2 the attenuation values are then --

9 kHz	150 kHz	30 MHz	1000 MHz
-10 dB	-41 dB	-570 dB	very large

Describing the limits of prEN 50121-2 by the end points of the three 25 kV lines, from Figure 7 gives values at 10 m of

65 - 40 75 - 25 100 - 75

Converting these limits to 33 m gives

46 - 21 56 - 13 87 - 65

and taking attenuation in the ground into account gives

36 - -20 15 - -557 (negligible).

(C) Reflection

The radio waves can be reflected from other buildings and if the path lengths differ by a wavelength, the signal will be increased. At the transition frequencies, the wavelengths are --

Frequency MHz	0.009	0.15	30
Wavelength m	33333	2000	10

The signal will reduce along the reflected path and the wavelength path lengths for 0.009 and 0.15 MHz are so long that only a trivial amount of signal could be added to the direct wave. At 30 MHz the path length for the open trough would be $(45 + 10) = 55$ m for the reflected wave. If the reflection at the building had no loss (an impossible situation) the signal would be 18 dB below the 10 m value, so that 7 dB is to be added to 9 dB signal (below the frequency break). This gives a 14 dB signal. Above the frequency break, 82 dB is added to 84 dB to give 89 dB. At 1000 MHz the wavelength is 0.1 m and a doubling of signal (+ 6 dB), is feasible for the zero loss reflection. This reflection effect is accounted for in the tables in the main text.

Appendix H

prEN 50121-2 Emission Limits, Method of Measurement and Cartography

Emission limits from the railway as an installation are given in this part. They are based on actual tests on the main electrification systems of Europe.

Graphs of emission limits in the frequency range 9 kHz to 1 GHz from railways, as found from the tests, are shown in Fig 7, with results from 750, 1500, 3000, 15000 and 25000 V systems. The curves are the statistical 80/80 values and are the emission levels below which the emission will be for 80 % of the time, this statement being made with a confidence level of 80 %. Ref 4 gives details.

The theory for this 80/80 value is given in the book cited in prEN 50121-2. Other combinations of time and confidence can be defined by choosing suitable values for the multiplier k.

The theory depends on the phenomenon having a statistical Normal distribution, with a symmetrical bell-shaped set of results. Insufficient numbers of results have been obtained to confirm positively that railways have a Normal distribution but the error would be small. The 80/80 concept is widely used when only a small sample of a product is tested, for example because of the very high costs of tests.

The process used to produce limit lines was :

- measure emission from typical railway lines, as peak field values
- process these results to obtain the 80/80 statistical value
- plot these 80/80 values
- draw linear trend lines from these plots
- adjust the slopes of some lines to indicate probable trends with frequency (relatively few points were available and the trend lines in some cases were anomalous)
- add a margin to allow for effects such as resonance in the overhead
- examine the steps in value at the changes of frequency, bandwidth and units (at 150 kHz and 30 MHz) to confirm that these are consistent with the physics of continuity of emission across the whole spectrum
- compare the lines with test results taken from stationary trains to confirm that a suitable difference exists.

The result of this process is the set of limit lines in prEN 50121-2, shown in this report as Fig 2. The values can be indicated by the intercepts of the three lines with the boundaries between units and frequency ranges 9-150 kHz; 150 kHz-30 MHz; 30-1000 MHz, giving six numbers.

From the tests, the indicated linear representation of the 80/80 values was

55	-	20	55	-	15	90	-	70.
----	---	----	----	---	----	----	---	-----

The various conversion processes produced the values below. These are intended to encompass the variation expected from different types of rolling stock and current collection conditions.

80/80 values in prEN 50121-2 are now

65 - 40 75 - 25 100 - 75.

Guideline values of the emission values below 9 kHz are given in tables in prEN 50121-2.

As a further measure to assist consideration of the immunity margin, an extra 10 dB can be added to give a value which is highly unlikely to be exceeded, over a period of perhaps several years.

As an example of an actual train, the French TGV when running at 300 km/h has emission field values of

60 - 42 39 - 20 92 - 48.

These are well within the +10 dB lines.

Appendix I

Projects done by Donald Armstrong

Client	Subject
Danish State Railways	Economics of conversion from 25 kV to 15 kV
Danish State Railways	Study of interaction between two types of traction vehicle at harmonic frequencies
New Zealand Railways	Measurement of quality of telecommunications cable
CENELEC	Measurement of emission from railways at radio frequencies
Ove Arup England	Northern Ireland electrification immunisation cost study
RMS Ltd England	Electromagnetic compatibility (EMC) studies for communications system using 11 kV electricity grid distribution system. Transducer design and site tests
CCC Ltd England	Measurement of radio emission from Docklands Light Railway, to assess risk to new computer centre
Railtrack (Stoneblower)	Advice for EMC tests of new railway vehicle and comments on results
Railtrack (EE&CS) London	Review of method of calculation of rail voltages on 50 Hz railways
Railtrack (Safety) London	Preparation of standard for limit of safe voltages on telecomms cables on 50 Hz railways
Porterbrook Rail Leasing	Lecture course on railway EMC
Westinghouse Signals	Advice on induced voltages in trackside cables on 50 Hz railway; method of test and evaluation of results
Alstom/Railtrack	EMC studies for new signalling system
Scottish Hydro Electric	Advice on telephone interference problem; method of test and evaluation of results

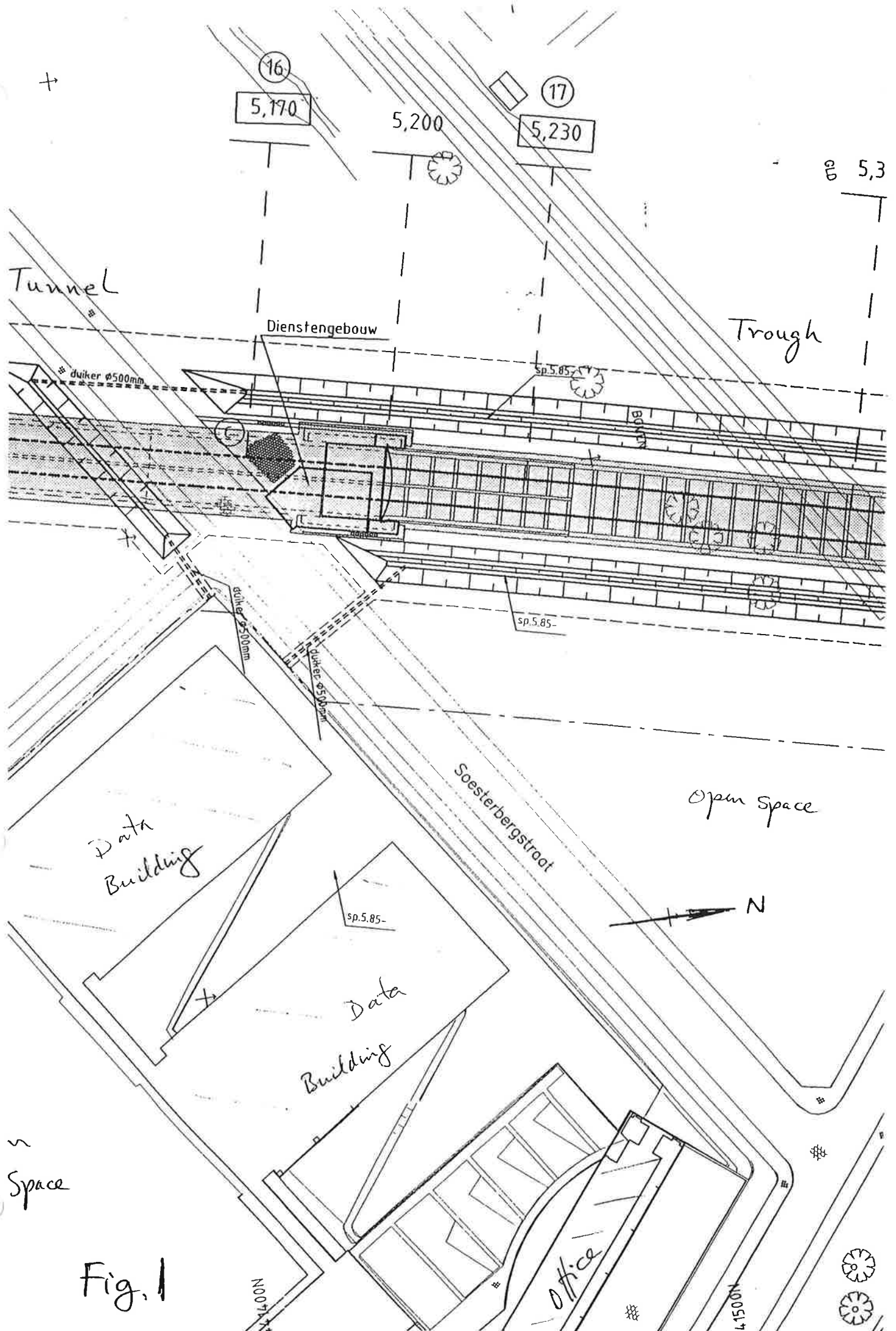
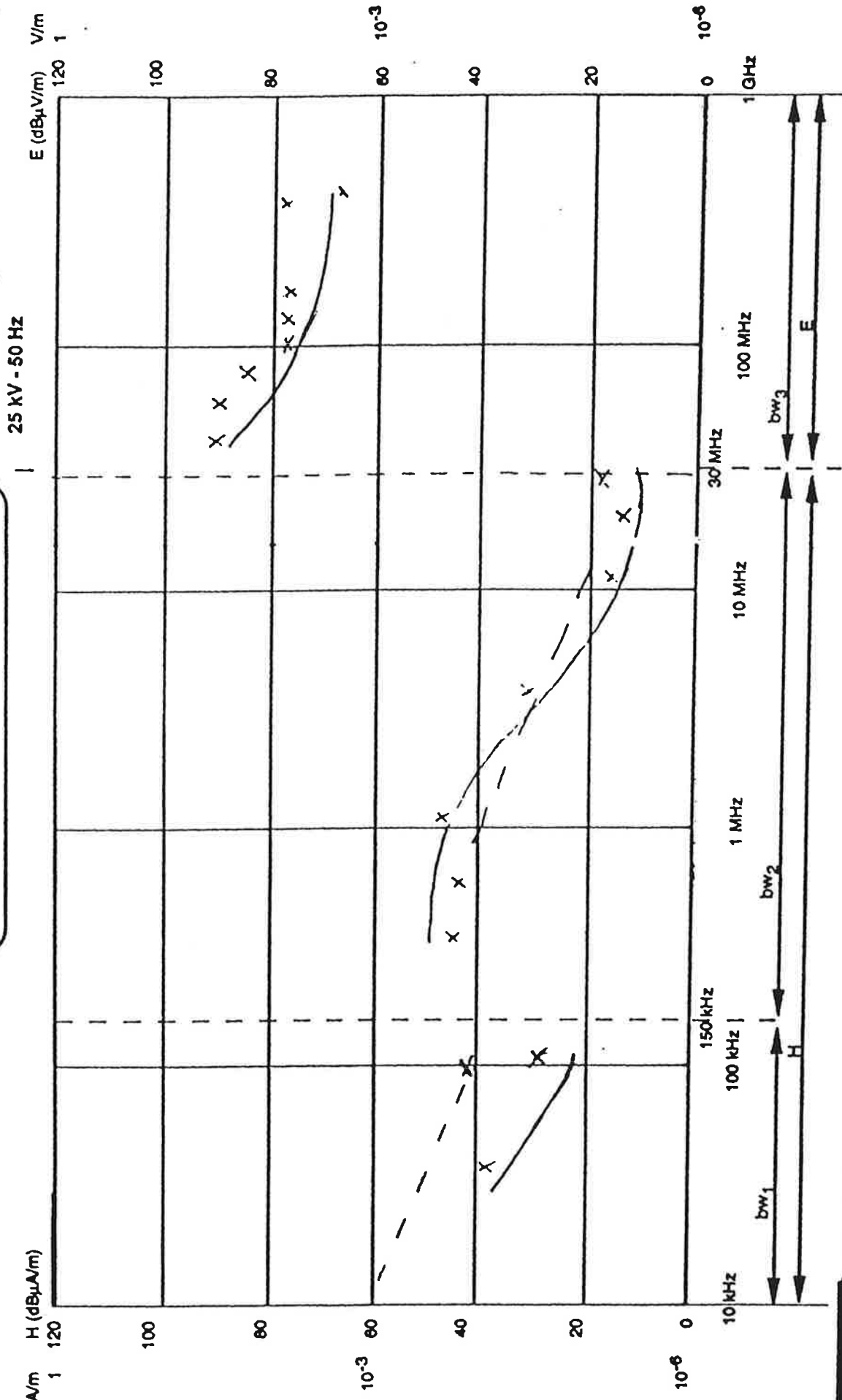


Fig. 1

Annex 3
Fig. 1

Radio emission from moving trains



Note 1: The discontinuities of the curves are due to changing of bandwidth of the measurement receiver: $bw_1 = 1$ kHz; $bw_2 = 10$ kHz; $bw_3 = 120$ kHz.
Note 2: 80/80 statistical: the value which would not be exceeded on 80 % of occasions, with a certainty of 80 %.

Key : x peak
- 80/80

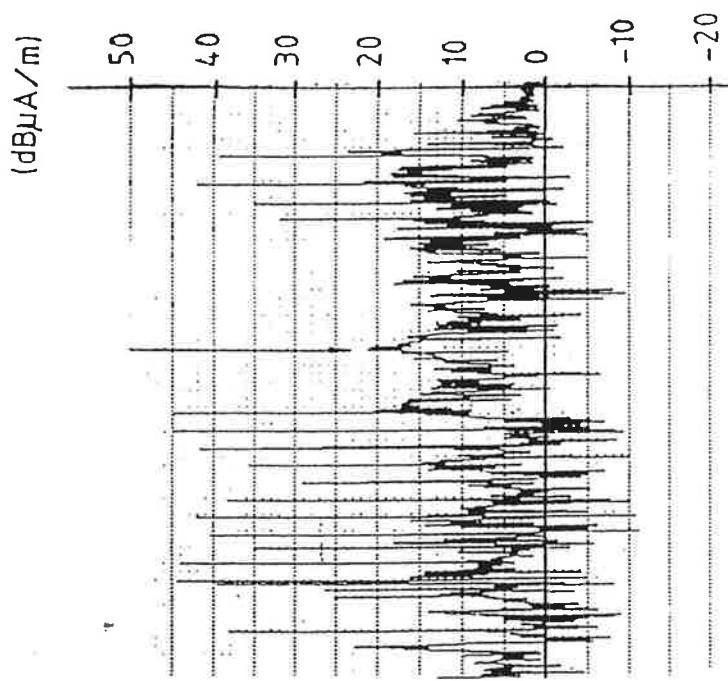


Fig 3 Noise peaks at 2 second intervals

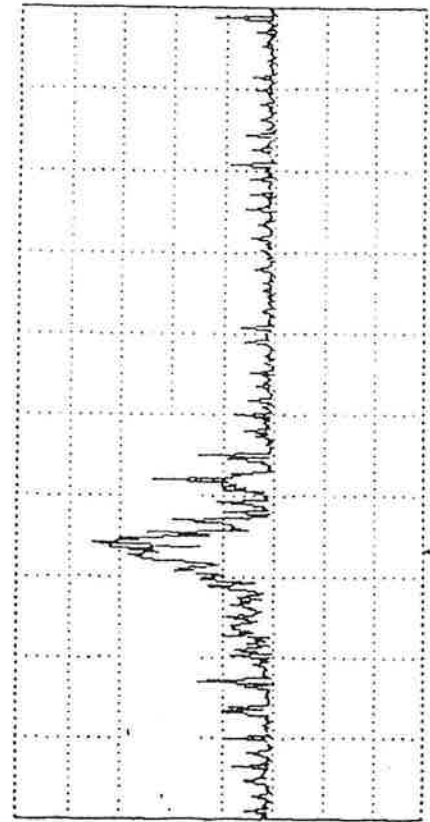


Fig 4 Time variation of noise at 30 MHz. Sweep time 60 seconds.

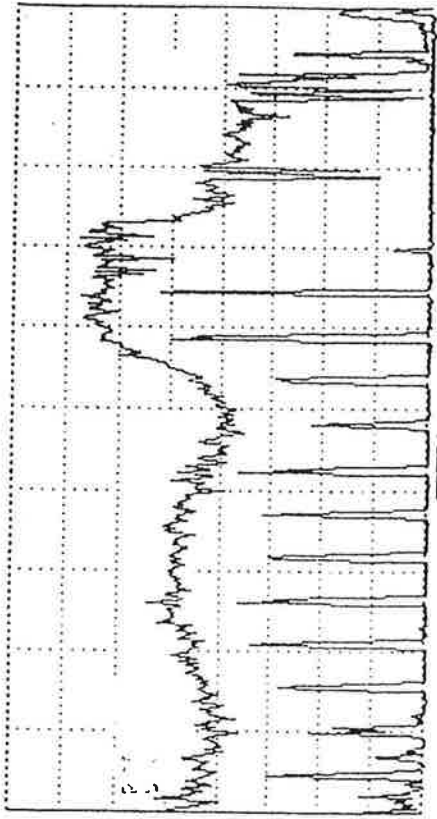


Fig 5 Sweep noise from 1 to 6 MHz showing stored resonant maxima and instantaneous bursts at 10 msec intervals from train. Ref level 0.0 dBm.

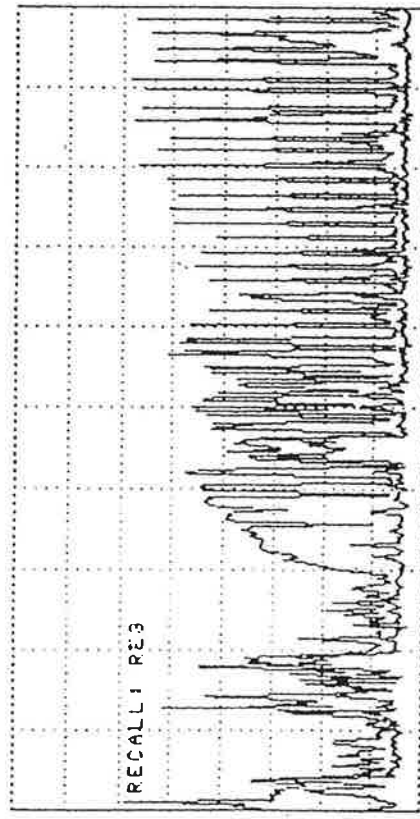
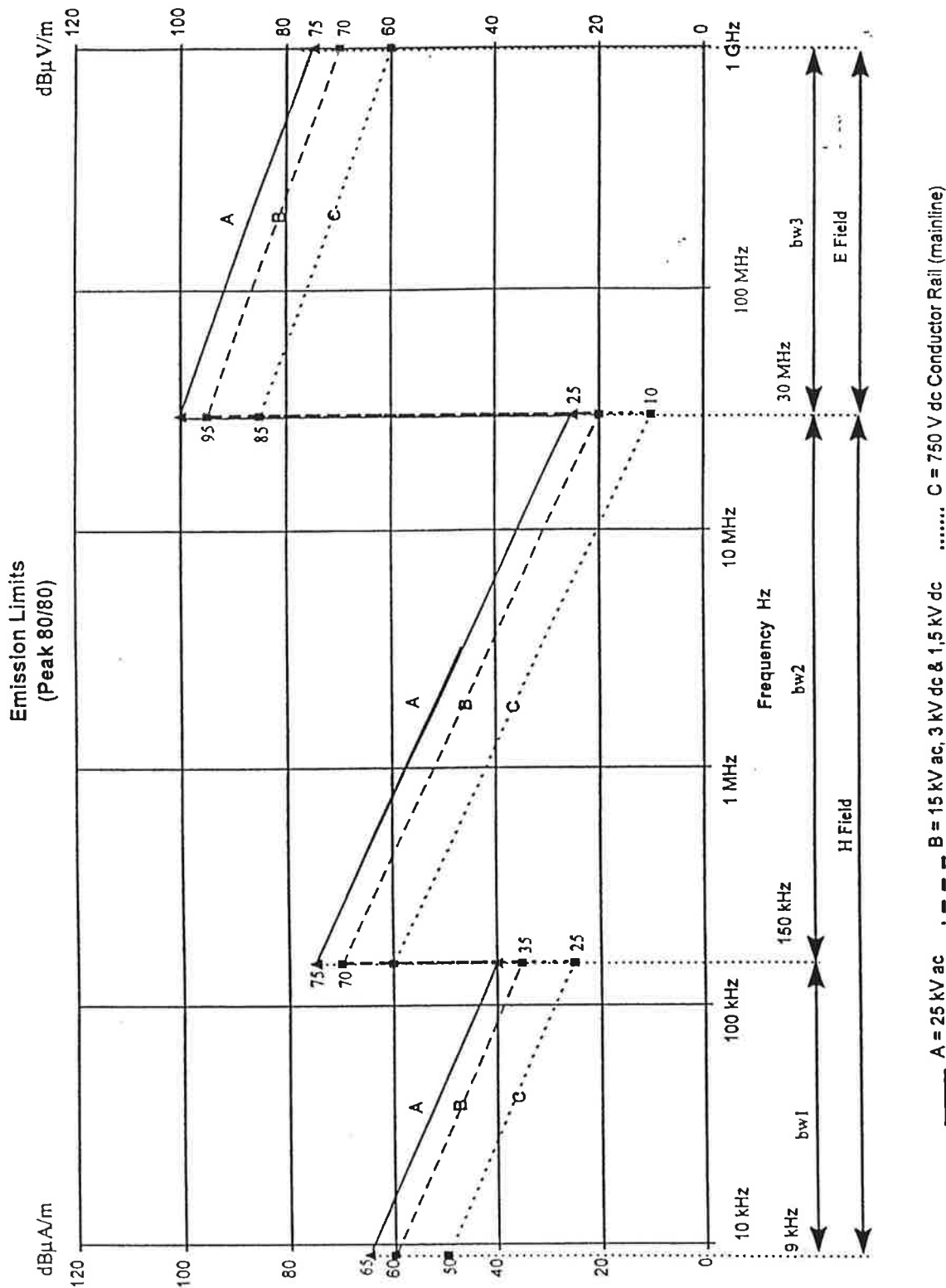


Fig 6 Sweep noise from 15 to 30 MHz as pantograph is lowered to break contact with 25 kV wire. Sweep time 556 msec. Ref level -20 dBm.

All plots are 10 dB per division.



NOTE 1: The discontinuities of the curves are due to changing of the bandwidth of the measurement receiver: bw1 = 200 Hz; bw2 = 9kHz; bw3 = 120 kHz.

NOTE 2: 80/80: The value which would not be exceeded on 80% of train passages with 80 % certainty.

NOTE 3: Values are 10 m from the railway track

Figure 1: Emission Limits in Frequency range 9 kHz to 1 GHz

E & H Veldmetingen; Spanningssluis Halle

Eerste uitwerking

Projectorganisatie HSL-Zuid

ir. H.J. Lobeek

Holland Railconsult

ir. H. Smulders

ir. G. van Alphen

kenmerk AR/HS/99000076 - versie 2.0

Utrecht, 3 januari 2000

definitief

© 1999, Holland Railconsult BV.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, 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 Holland Railconsult BV.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Wijzigingen	4
Inleiding	5
1. Metingen	7
1.1. Locatie	7
1.2. Opstelling	8
1.3. Methode	12
2. Resultaten	14
2.1. H-veld 9 kHz – 150 kHz	15
2.2. H-veld 150 kHz – 30 MHz	16
2.3. E-veld 30 MHz – 1 GHz	17
3. Statistische verwerking meetdata	19
3.1. Algemeen	19
3.2. Meetdata	19
3.2.1. <i>H-veld, 150 kHz – 30 MHz</i>	20
3.2.2. <i>E-veld 30 MHz – 1 GHz</i>	22
4. Discussie	24
5. Conclusies	26
6. Literatuur	27
Bijlage 1 Meetresultaten	28
Bijlage 2 Loop der Bovenleiding	33
Bijlage 3 Overzicht Situatie Halle-Lembeek	34
Colofon	37

Samenvatting

Op 13 december 1999 zijn door Kees Post, Lambda Engineering, Loenen aan de Vecht, emissiemetingen verricht aan een spanningssluis. Assistentie is verleend door Gert-Jan van Alphen en Erwin Smulders, Holland Railconsult. De spanningssluis is gelegen even ten zuiden van Halle (België). Het betreft hier een spanningssluis tussen het 3 kV gelijkspanningssysteem richting Brussel en het 25 kV wisselspanningssysteem van de hogesnelheidslijn in zuidelijke richting.

De metingen zijn verricht in het RT deel direct aangrenzend aan de sluis, omdat dit de grootste overeenkomst vertoont met de situatie zoals die ter plekke van het ING Rekencentrum Wilgenplas voorzien is.

De metingen zijn uitgevoerd conform prEN 50121-2 (uitgave 1997). Het betreft derhalve:

- H-veld metingen in het frequentiegebied 9 kHz - 150 kHz;
- H-veld metingen in het frequentiegebied 150 kHz - 30 MHz;
- E-veld metingen in het frequentiegebied 30 MHz - 1 GHz.

Gebruik is gemaakt van een actieve loop antenne voor het meten van het H-veld en een bilog (X-wing) antenne voor het meten van het E-veld. De metingen zijn geregistreerd met een spectrum analyzer. Er is gemeten wat het effect is op de emissie van het spoorwegsysteem van de passage van de spanningssluis van hogesnelheidstreinen zoals Thalys, Eurostar en TGV Reseaux door de spanningssluis.

De belangrijkste resultaten van de metingen zijn:

- *In het frequentiegebied 9 kHz - 150 kHz:*
een toename van de gemeten veldsterkte met 10 à 20 dB ten opzichte van het achtergrond niveau, echter er is nog steeds een marge met de limiet conform de norm van 10 à 20 dB. Een statistische verwerking van de meetresultaten heeft niet plaatsgevonden.
- *In het frequentiegebied 150 kHz - 30 MHz:*
een toename van de gemeten veldsterkte met 10 à 30 dB ten opzichte van het achtergrond niveau, de limiet waarde conform de norm wordt echter bij de individuele metingen niet significant overschreden. Een statistische verwerking van de meetresultaten geeft een beperkt aantal overschrijdingen van de limiet met circa 5 dB en enkele pieken van circa 15 dB bij 15 MHz en 22 MHz te zien.
- *In het frequentiegebied 30 MHz - 1 GHz:*
slechts een geringe toename van het achtergrond niveau, gemiddeld (incidenteel) 5 dB, enkele pieken vormen uitschieters met 10 dB. Er bestaat nog een ruime marge met de limiet conform norm in dit gebied. De hoogste veldsterkten worden veroorzaakt door omroep- en (mobiele) telecomunicatiezenders (FM, TV en GSM). Een statistische verwerking van de meetresultaten geeft enkele geringe overschrijdingen van de limiet (3-7 dB) in het FM en GSM gebied te zien. Deze verstoringen zijn afkomstig van externe bronnen, niet van het spoorwegsysteem.

Invloeden van regen en rukwinden blijken gering te zijn, er treedt geen noemenswaardige verandering van de emissie van het spoorwegsysteem op.

Wijzigingen

Naar aanleiding van het commentaar van ir. R.G. Dirven & ir. H.J. de Vet, Projectorganisatie HSL-Zuid en Gert-Jan van Alphen, Holland Railconsult zijn in versie 2.0 van dit rapport enkele wijzigingen aangebracht ten opzichte van versie 1.0:

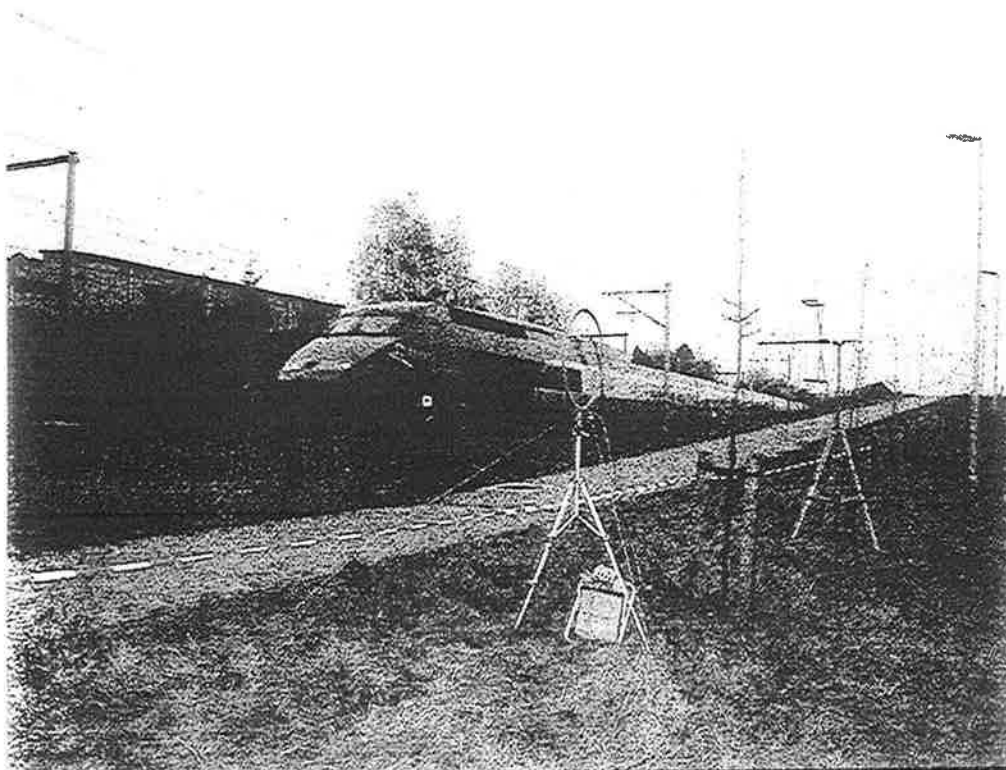
- In de gehele rapportage zijn meerdere type en interpunctie fouten verwijderd.
- In § 1.2. is de omschrijving van het hekwerk en het effect hiervan op de metingen is duidelijker aangegeven.
- Eveneens in § 1.2. zijn de effecten van de plaatsing van de antenne's, in relatie tot het verre en nabije veld van het spoorwegsysteem uitvoeriger toegelicht.
- In § 1.3. is de sweeptime en meettijd per meting meer uitgebreid omschreven.
- In § 1.3. is het passageproces van de spanningssluis uitvoeriger beschreven.
- In het inleidende deel van hoofdstuk 2 is de omrekening van H-veldsterkte naar E-veldsterkte duidelijker toegelicht.
- In hoofdstuk 2 & 3 zijn door een onvolkomenheid in de software de limietlijnen in versie 1.0 niet geheel correct weergegeven, dit heeft geleid tot aanpassingen van de figuren 9 t/m 18. Dit heeft geleid tot enige aanpassingen en nuanceringen in hoofdstuk 4 & 5 en de samenvatting.
- In § 3.1. wordt de statistische verwerking van de meetgegevens meer uitgebreid toegelicht.
- In § 3.2.1. zijn twee grafieken met "ambient" metingen toegevoegd.
- In § 3.2. is op verzoek van HSL-Zuid in grafieken 16 t/m 18 de maximaal gemeten waarde toegevoegd. Voorts zijn drie grafieken tussengevoegd waarin de overschrijding van de limietlijnen wordt gegeven, dit en de vorige wijziging, heeft geleid tot een henummering van een aantal grafieken.
- In hoofdstuk 4 is de uitspraak omtrent de metingen van het verticale en horizontale E-veld genuanceerd.
- In hoofdstuk 4 is een opmerking omtrent het spoor in noordelijke rijrichting en de plaatsing van de antenne's toegevoegd.

Inleiding

Het tracé van HSL-Zuid passeert op 33 m afstand het ING rekencentrum Wilgenplas. Op dit moment worden EMC-Analyses verricht of compatibiliteit zal bestaan tussen het spoorwegsysteem enerzijds en de computersystemen van ING-bank anderzijds.

Een belangrijk aspect waarvoor een verheldering nog nuttig is zijn transiënten. Deze kunnen ontstaan bij schakelhandelingen in het materieel, het opzetten of laten zakken van een pantograaf, of schakelhandelingen in de tractie-energievoorziening. Op basis van de norm [50121-2] is het gecompliceerd een voorspelling van de mogelijk te verwachten transiënte verschijnselen te geven, omdat de norm een zogenaamd 80/80 criterium hanteert, waarbij transiënten niet expliciet worden meegenomen. Er bestaat een kans van 80 % dat in 80 % van alle voorkomende gevallen de normwaarde niet wordt overschreden.

In [Goedbloed] wordt gesteld dat het CISPR 80/80 criterium, dat sinds de zeventiger jaren wordt gehanteerd, een "harde eis" is. Hierdoor kan met voldoende zekerheid worden gesteld dat in een praktijksituatie "het aantal stoorklachten veroorzaakt 'bij de burens' (CISPR gaat niet over de klachten binnenshuis) voldoende klein is". [Einde citaat "Goedbloed"].



Figuur 1 Thalys passeert de spanningssluis Halle, rijrichting Parijs.

Ten einde nu meer duidelijkheid te verkrijgen in het verschijnsel "transiënten in een spanningssluis omgeving" zijn op, 13 december 1999, metingen uitgevoerd door ing. C.F. Post, Lambda Engineering. Assistentie is verleend bij de metingen door Gert-Jan van Alphen en Erwin Smulders, Holland Railconsult. De metingen zijn verricht aan de spanningssluis bij Halle - Lembeek, langs de HSL-lijn Brussel-Zuid - Parijs.

Gemeten zijn E & H-veld conform [50121-2]. De situatie waaraan metingen zijn verricht vertoont een redelijk grote overeenkomst met de situatie zoals deze nu ter plekke van ING Wilgenplas is voorzien. Bij deze metingen zijn alle verschijnselen, inclusief transiënten meegenomen.

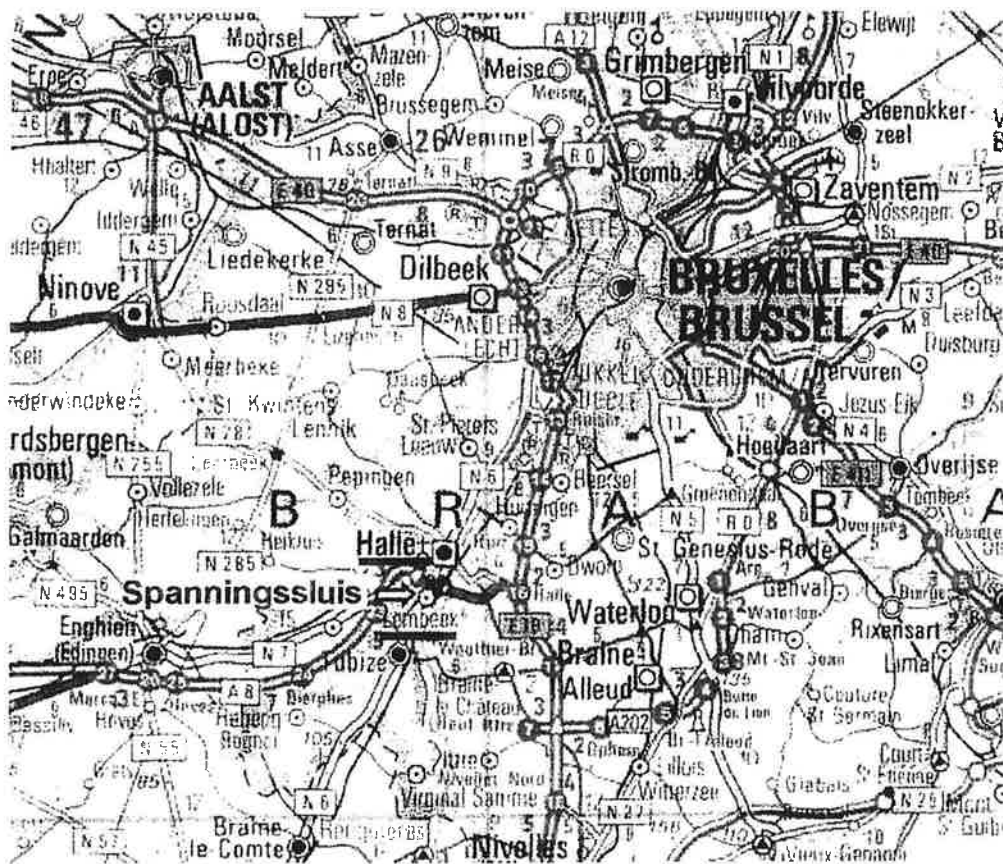
De metingen zijn verricht tijdens de normale treinenloop volgens dienstregeling. Dit betekent dat er meerdere treinpassages per dag plaatsvinden van hoge snelheidstreinen zoals Thalys, Eurostar en TGV Reseaux. Voor een overzicht van de situatie ter plekke, zie figuur 1.

1. Metingen

Het aanvangstijdstip van de metingen was 11.00 h., de metingen zijn beëindigd om 17.45 h. Bij aanvang van de metingen was het koud zonnig weer, met een stevige bries. Na 14.30 à 15.00 is gemeten in soms hevige regenval met sterke rukwinden. De temperatuur bedroeg circa 5 °C.

1.1. Locatie

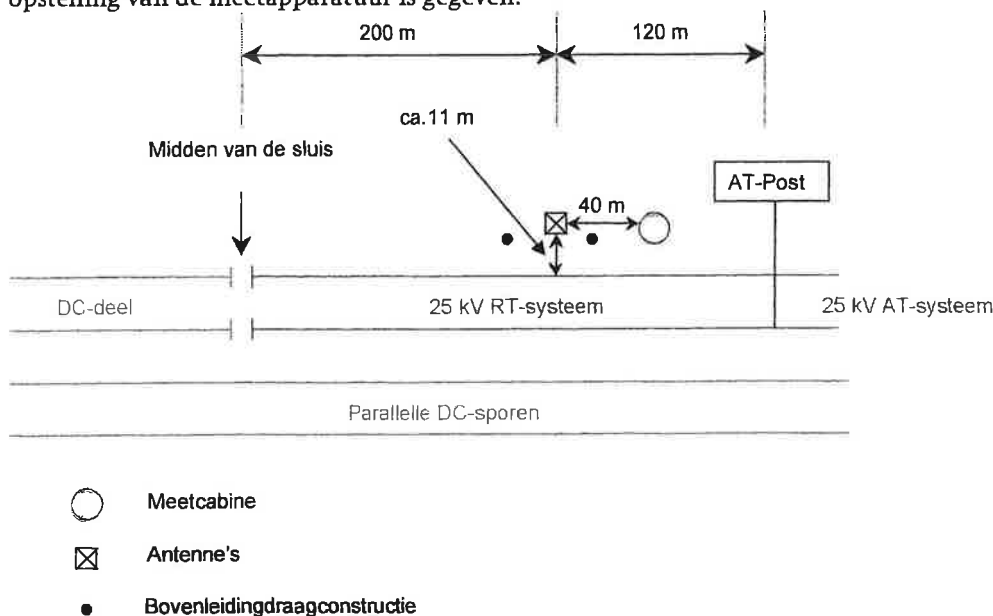
Een globaal overzicht van de geografische ligging van de spanningssluis is te vinden in onderstaande figuur 2. Een meer nauwkeurige beschrijving van de omgeving van de spanningssluis is te vinden in Bijlage 3.



Figuur 2 Geografische ligging van spanningssluis Halle, schaal 1:350.000.

Ter plekke bestaat een viersporige situatie. Naast twee lokale sporen, geëlektrificeerd met 3 kV gelijkspanning liggen, twee nieuwe hogesnelheidssporen. Het deel richting het zuiden is geëlektrificeerd met 25 kV wisselspanning, het noordelijke deel richting Brussel-Zuid met 3 kV gelijkspanning. In het deel direct achter de spanningssluis wordt een RT-systeem toegepast, verder in zuidelijke richting wordt een AT-systeem toegepast. Deze situatie komt overeen met het tracé van HSL-Zuid ter hoogte van ING Wilgenplas

in Rotterdam. Een overzicht is gegeven in onderstaande figuur 3, waar ook globaal de opstelling van de meetapparatuur is gegeven.



Figuur 3 Situatie ter plekke van de spanningssluis "Halle".

Tussen het midden van de spanningssluis en het AT-systeem bevindt zich over een lengte van 320 m een RT-systeem. De meetopstelling is geplaatst 200 m van het midden van de spanningssluis.

1.2. Opstelling

Gemeten zijn magneetveld met een actieve loop antenne en elektrisch veld met een bilog (X-wing) antenne. Met behulp van deze laatste antenne is het mogelijk het gehele frequentie gebied 30 MHz – 1 GHz in één maal te meten, dit in tegenstelling tot de in de norm beschreven methode waarvoor in het frequentie gebied 30 MHz – 300 MHz een biconical antenne en voor het frequentie gebied 300 MHz – 1 GHz een log periode antenne wordt gebruikt.

De resultaten zijn geregistreerd met een spectrum analyser. Voor de voeding is een generator gebruikt. Conform [50121-2] zijn de antenne's midden tussen twee bovenleiding draag constructies geplaatst. Het maaiveld ter hoogte van de meetpositie ligt op BS-0,95 m (=Bovenkant Spoorstaaf min 0,95 m).

Tussen de antenne's en het spoorwegsysteem bevond zich een 1,5 m hoog gaashekwerk. Er kan van worden uitgegaan dat dit hekwerk geen noemenswaardige invloed op de metingen heeft gehad omdat:

- Het hekwerk, op deze locatie, niet verbonden is met het spoorwegsysteem ter plekke¹, en derhalve geen deel uitmaakt van het tractie-retourcircuit;

¹ Visuele inspectie van het hekwerk ter plekke. Op een andere locatie, bij de aansluiting van de AT-Post was een ander hekwerk wel duidelijk zichtbaar middels een forse geel groen geïsoleerde verbindingskabel met het spoorwegsysteem verbonden.

- Het een geplastificeerd gaashekwerk betreft met nauwelijks enige "zichtbare" geleidbaarheid in longitudinale zin;
- Gezien het geplastificeerde karakter en opbouw van het hekwerk het optreden van kringstromen in het hekwerk zelf zeer onwaarschijnlijk moet worden geacht;
- Het hekwerk dusdanig laag is, dat het zicht van de antenne's op het spoorwegsysteem niet werd belemmerd.

Door de situatie ter plaatse was het niet mogelijk de antenne's op exact 10 m afstand van het spoor te plaatsen. De fout die hierbij wordt gemaakt is echter verwaarloosbaar klein (voor een verre veld benadering $< 1\text{ dB}$, voor nabije veld ($f < \text{ca. } 5\text{ MHz}$) enkele dB's)². De hoogte van de E-veld antenne wijkt enigszins af van de door de norm verlangde waarde, in verband met de voorkomende rukwinden was het plaatsen van de antenne op een grote hoogte niet verantwoord. Een overzicht van de gebruikte meetapparatuur is gegeven in onderstaande tabel 1. Een overzicht van de meetopstelling kan gevonden worden in onderstaande figuren 4 & 5. Foto's van de gebruikte H-veld en E-veld antenne's zijn te vinden in figuren 6 & 7.

Tabel 1 Overzicht gebruikte meetapparatuur.

Apparaat	Fabrikaat	Type	Serie nummer
Spectrum Analyser	Hewlett-Packard	HP ESA L1500	US38061639
E-veld Antenne	Chase	CBL 6141 A	4138
H-veld Antenne	Chase	HLA 6120	1141
Voeding H-veld antenne	Chase	CBP 9720	1097

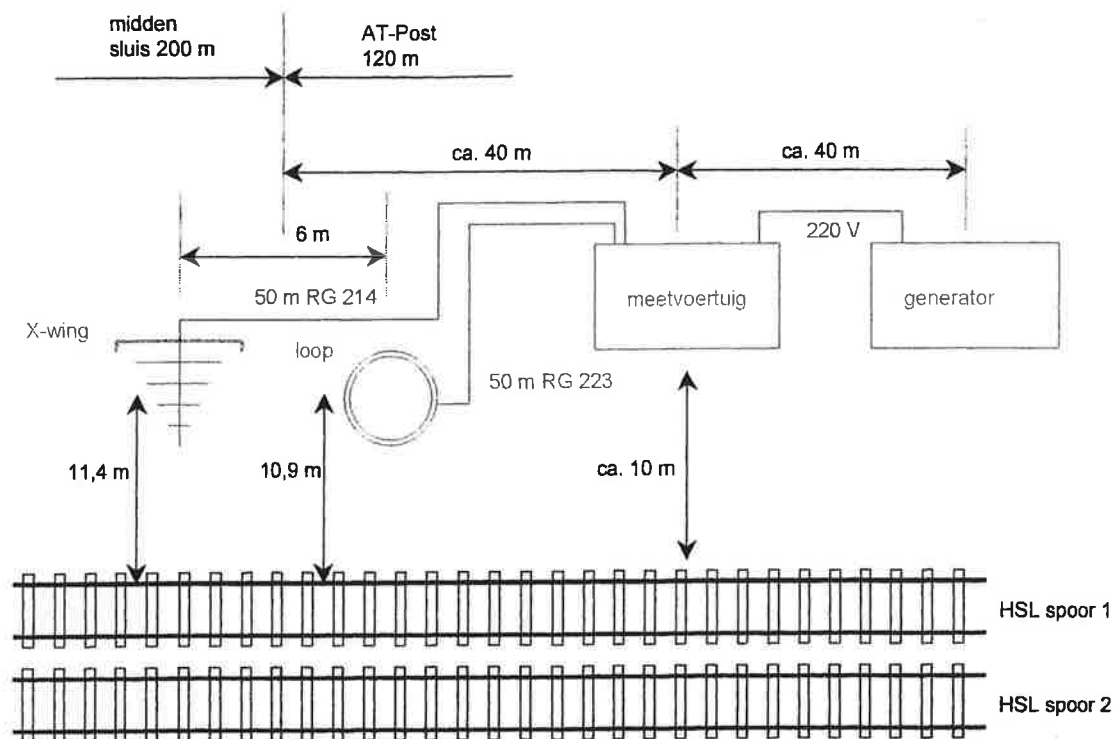
De antenne's zijn gekalibreerd conform Kalibratiecertificaat CC 1926, d.d. 26-11-1998, Schaffner-Chase EMC Ltd. [Kalibratie].

² Conform [50121-2] dienen de antenne's op een afstand van 10 m te worden opgesteld. Voor een afstand van 10 m kan worden aangenomen dat voor frequenties boven circa 5 MHz een verre veld benadering geldig is.

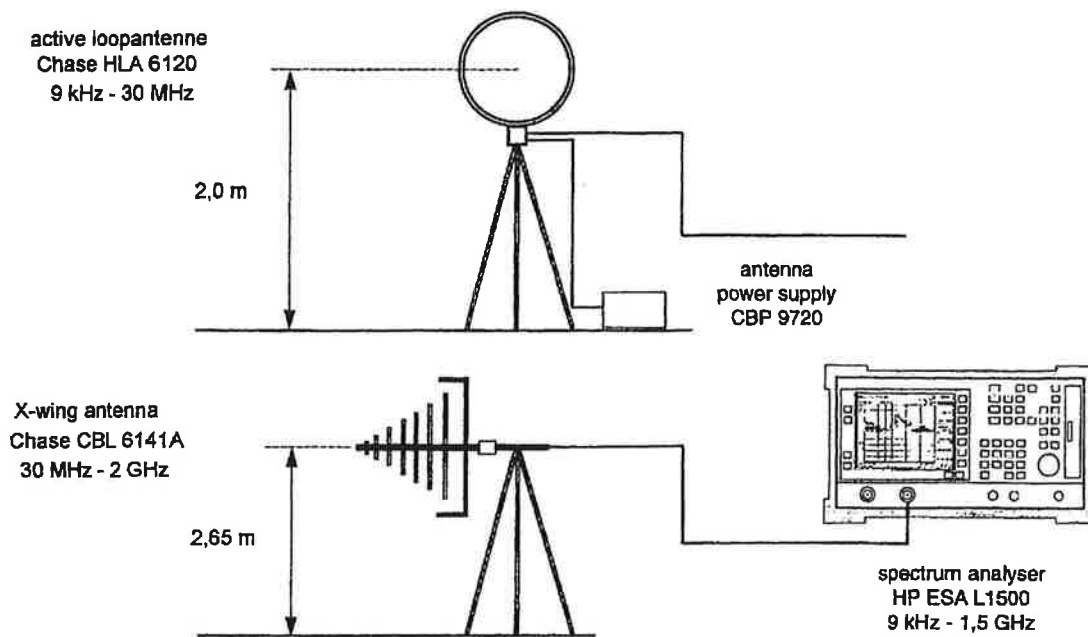
(Immers 5 MHz geeft $\lambda = 60\text{ m}$, $\lambda/2\pi = 9,55\text{ m}$, voor 10,0 m vinden we "exact" 4,77 MHz).

Voor het verre veld geldt dat zowel E als ook H afvallen met $1/r$. De bilog antenne, gebruikt voor het frequentiegebied 30 MHz - 1 GHz, bevindt zich in het verre veld (gezien de afstand). De antenne is geplaatst op 11,4 m in plaats van 10,0 m. Dit betekent een fout van 12 %, uitgedrukt in [dB] vinden we 1,1 dB.

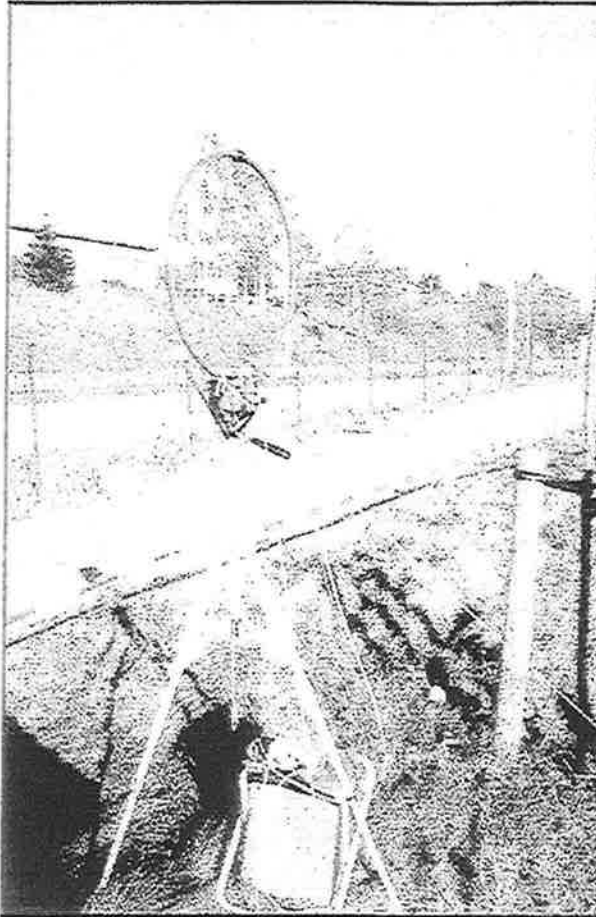
Voor de loopantenne, gebruikt in het frequentiegebied 9 kHz - 30 MHz, geldt dat deze zich deels in het verre veld bevindt en deels in het nabije veld. Indien de bron een E-veld dipool betreft, valt het H-veld in het nabije veld af met $1/r^2$ en het E-veld met $1/r^3$. Indien de bron een H-veld dipool is valt het H-veld in het nabije veld af met $1/r^3$ en het E-veld met $1/r^2$. Het is a-priori niet eenvoudig aan te geven of het spoorwegsysteem in dit frequentiegebied als H veld dipool dan wel als E-veld dipool moet worden beschouwd. We zullen er derhalve als worst-case beschouwing vanuit gaan dat het H-veld afvalt met $1/r^3$. Voor een plaatsing van de antenne op 10,9 m in plaats van 10,0 m vinden we nu een fout van 23 %. Uitgedrukt in [dB] vinden we 2,2 dB. Bij een $1/r^2$ afvallend veld vinden we op soortgelijke wijze 16 % respectievelijk 1,5 dB.



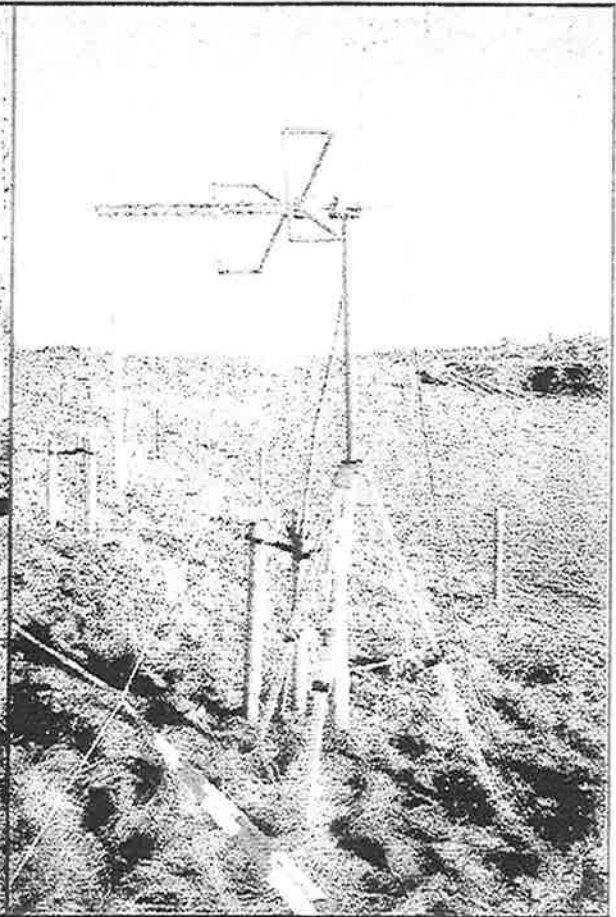
Figuur 4 Opstelling van meetapparatuur langs de spoorbaan.



Figuur 5 Opstelling van antenne's ten opzichte van maaiveld.
NB. Maaiveld ligt 0,95 m onder niveau BS (=Bovenkant spoorstaaf).



Figuur 6 Loop Antenne (H-veld).



Figuur 7 Bilog (X-wing) Antenne (E-veld)³.

³ Antenne staat op de foto opgesteld voor het meten van horizontaal E-veld. Metingen zijn verricht voor zowel verticaal als ook horizontaal E-veld.

N.B. Conform [50121-2] behoeven alleen verticaal E-veld metingen te worden verricht. Conform [50121-2] mag verwacht worden dat de horizontale component van het E-veld geringer is, bij 80 MHz kan 6 dB minder worden verwacht.

1.3. Methode

Met de spectrum analyser is gemeten met een positieve peak detector in een max peak hold mode. In verband met de meettijd die noodzakelijk is (gezien het aantal treinpassages en passageduur), is niet gekozen voor een quasi-peak methode. Hierdoor zijn "maximaal" worst-case waarden voor de emissie van het spoorwegsysteem ter plaatse bepaald. In onderstaande tabel 2 een overzicht van de gebruikte instellingen.

Tabel 2 Instelling spectrum analyzer.

Meting	Frequentieband	Sweeptime	Res. BW.	Norm
H-veld	9 kHz – 150 kHz	423 ms	1 kHz ¹	200 Hz
H-veld	150 kHz – 30 MHz	896 ms	10 kHz	9 kHz
E-veld	30 MHz – 1 GHz	970 ms	100 kHz	120 kHz

¹ Deze waarde ligt hoger dan de waarde conform norm [50121-2], hierdoor zullen de meetresultaten hoger overwegend (voor breedbandig storing) uitvallen, het betreft hier dus een meer worst-case meting dan de norm voorschrijft. Andere instellingen liggen voldoende dichtbij normwaarden, gesteld kan worden dat deze metingen conform norm zijn.

De metingen zijn gecorrigeerd met een gekalibreerde antennecorrectiefactor zodat de geregistreerde spanning overeenstemt met de veldgradiënt. Voor de E-veld metingen met de bilog antenne is een correctie voor de kabeldemping toegepast. Ter plekke is middels een tracking generator de kabel dempingskarakteristiek bepaald, deze is gebruikt ter correctie van de meetresultaten, zie ook meting 8 in Bijlage 1. Gezien het frequentiegebied is een dergelijke correctie voor de H-veld metingen met de actieve loop antenne niet noodzakelijk, en daarom ook niet toegepast.

De duur van de metingen bedraagt voor de treinpassages minimaal 3 minuten. Voor de bepaling van de achtergrond ruis zijn regelmatig zogenaamde "ambient" metingen verricht. De tijdsduur van deze metingen bedraagt gemiddeld 5 minuten, het minimum bedraagt circa 1 minuut. De duur van de metingen bedraagt voor de treinpassages minimaal 3 minuten, gemiddeld echter meer dan 5 minuten⁴. Bij een minimale treinsnelheid van 90 km/h (schatting op het oog en op grond van baanvaknelheid), betekent dit een verplaatsing van de trein over minimaal 4500 m. Dit betekent dat met zekerheid het gehele passageproces van de spanningssluis is gemeten. De "ambient" metingen zijn gemiddeld over een korter tijdsinterval gemeten dan de treinpassages. Dit betekent dat bij een vergelijking tussen de "ambient" en de "treinpassage" metingen een worst-case beeld voor het effect van de treinpassage wordt verkregen.

Het midden van de spanningssluis bevindt zich op 200 m van de meetlocatie. Rond dit punt bevindt zich een zogenaamde "verboden tractie zone" met een lengte van circa 180 m (drie velden). Deze "verboden tractie zone" wordt geflankeerd door de "tractieloze" zone, circa 300 m⁵. Dit betekent dat ter plekke van de antenne's de

⁴ Dit betekent dat bij treinpassages minimaal 200 sweeps, gemiddeld echter 300 sweeps zijn gemeten. Een "ambient" meting bestaat uit minimaal 60 sweeps, gemiddeld echter zijn 300 sweeps gemeten.

⁵ Indien we uitgaan van een maximale passagesnelheid van de spanningssluis van 180 km/h (=50 m/s) en een reactietijd van 5 s vinden we 250 m.

pantograaf nog omlaag is. Het punt waar de pantograaf omhoog komt ligt op circa 500 m tot 750 m uit het midden van de sluis⁶, dit is derhalve 300 tot 550 m van de locatie waar de antenne's staan opgesteld. Transiënte verschijnselen zullen zich zowel via de lucht (direct) als ook via het spoorwegsysteem (en daarna via de lucht) naar het observatie punt bewegen. Het spoorwegsysteem bestaat uit een groot aantal parallelle geleiders, die voor het beschouwde frequentiegebied als een transmissie lijn kan worden opgevat. De demping van deze transmissielijn zal (gezien het grote aantal geleiders de forse ruimtelijke afmetingen en het diëlectricum vacuüm) niet zeer hoog zijn, een realistische schatting is enkele dB/km. Dit betekent dat de signalen die zich via het spoorwegsysteem naar de antenne's voortplanten met circa 0,5 à 3 dB⁷ worden gedempt, dit vertegenwoordigt evenals de plaatsing van de antenne's een verwaarloosbare fout.

Parallel aan de spanningssluis bevindt zich een 3 kV DC baanvak. Tijdens de metingen hebben hier treinen conform de normale dienstregeling gereden. De afstand van dit spoorwegsysteem tot de meetposities is groter dan van de 25 kV sporen, en er bevindt zich hier geen spanningssluis, dit betekent een geringere invloed dan van de spanningssluis. Indien er al een waarneembaar effect van deze sporen zou zijn, is dit zowel in de "achtergrond" metingen als ook in de "treinpassage" metingen meegenomen. Derhalve kunnen de metingen voor de spanningssluis als een worst-case representatie worden beschouwd.

⁶ Visuele waarneming ter plekke, staande op de brug bij de AT-Post (zie figuur 23, bijlage 2) kijkend in zuidelijke richting (25 kV AC zijde) kon het opzetten van de pantograaf worden waargenomen.

⁷ Indien we uitgaan van een demping van 2 à 5 dB per km en een afstand van 300 tot 600 m.

2. Resultaten

Een meer compleet overzicht van de meetresultaten is te vinden in Bijlage 1. Hier wordt in de onderstaande paragrafen slechts ter illustratie een aantal karakteristieke resultaten gegeven. De meetresultaten zijn afkomstig uit [Post].

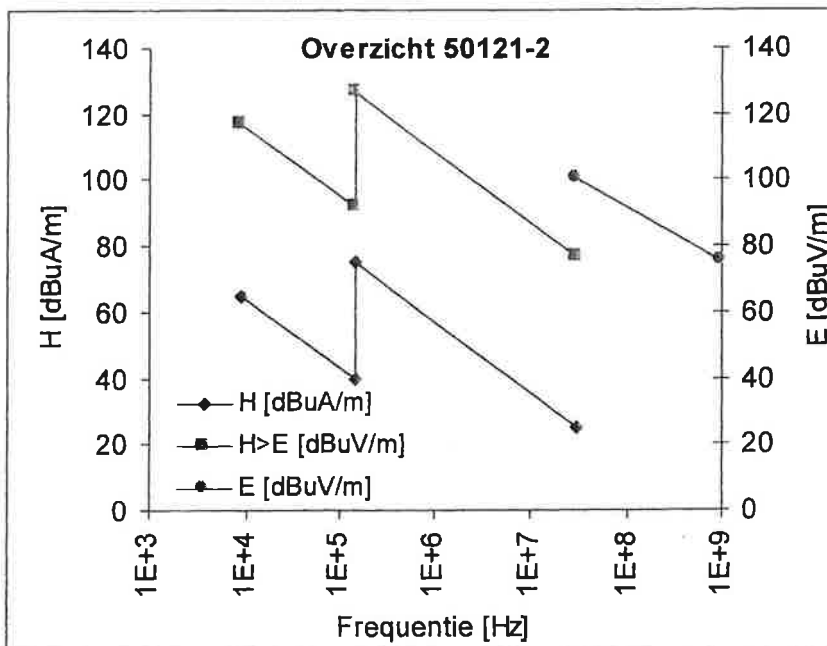
In de grafieken is telkens uitgezet het gemeten spectrum tijdens een treinpassage en een "ambient" meting op nagenoeg het zelfde tijdstip gemeten. Ook is de limietlijn conform [50121-2] opgenomen. Hierbij is een correctie uitgevoerd, de waarde gegeven voor het H-veld is omgerekend naar een equivalente E-veld waarde.

De waarden in [50121-2] voor het H-veld in het frequentiegebied van 9 kHz tot 150 kHz en in het gebied van 150 kHz tot 30 MHz zijn gegeven in dB μ A/m. Het is mogelijk de waarde van een H-veld uit te drukken in een corresponderende E-veld sterkte [Chatterton].

$$H = \frac{E}{Z_0} \quad \text{met} \quad Z_0 = 120\pi = 377\Omega \quad \text{geeft in dB:}$$

$$E \left(\text{dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) = H \left(\text{dB} \frac{\mu\text{A}}{\text{m}} \right) + 51,5 \text{ dB} \quad \text{of ook wel:} \quad (1)$$

$$H \left(\text{dB} \frac{\mu\text{A}}{\text{m}} \right) = E \left(\text{dB} \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) - 51,5 \text{ dB}$$



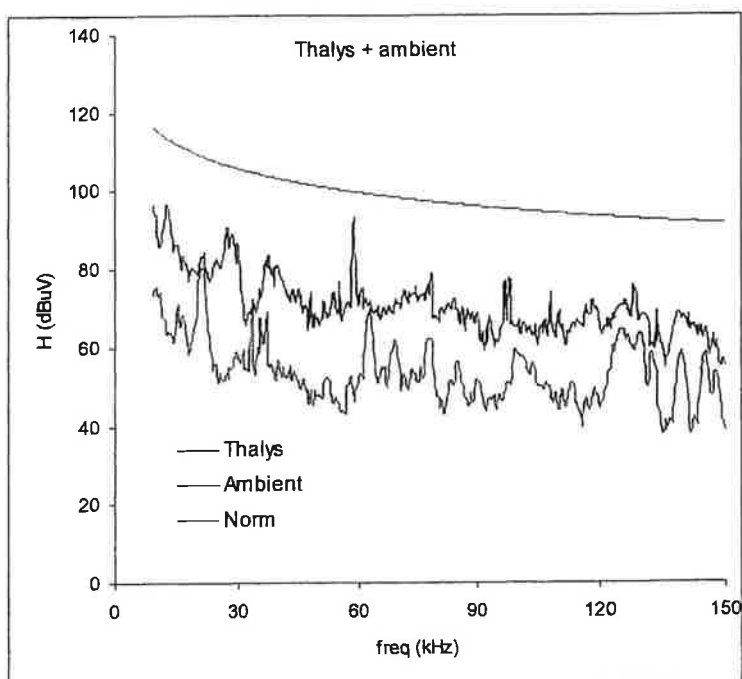
Figuur 8 Overzicht limieten conform prEN 50121-2.

Voor de metingen geldt dat de H-veldsterkten door de loopantenne gemeten zijn geregistreerd in dB μ V/m [Kalibratie]. Om een vergelijking met de waarden gegeven in de norm [50121-2] mogelijk te maken zijn, worden de waarden van de norm voor het H-veld uitgedrukt in dB μ V/m. De metingen zijn voor een deel ($f < \text{ca. } 5 \text{ MHz}$) verricht in

het nabije veld, waar Z_0 niet per definitie gelijk is aan 377Ω . De omrekenfactor van 51,5 dB blijft echter nog steeds geldig, omdat bij de kalibratie van de antenne (die een magneetveld meet in dB μ V/m) is uitgegaan van verre veld condities, zodat hier een correctiefactor van 51,5 dB is gebruikt [EMC], [Williams]. Ter wille van de duidelijkheid (op deze wijze wordt de vergelijkbaarheid met Bijlage 1, de oorspronkelijke data gehandhaafd, en is uniformiteit in de gepresenteerde data) zijn niet de meetresultaten gecorrigeerd met 51,5 dB, maar zijn de limietwaarden van de norm omgerekend. Zie ook figuur 8.

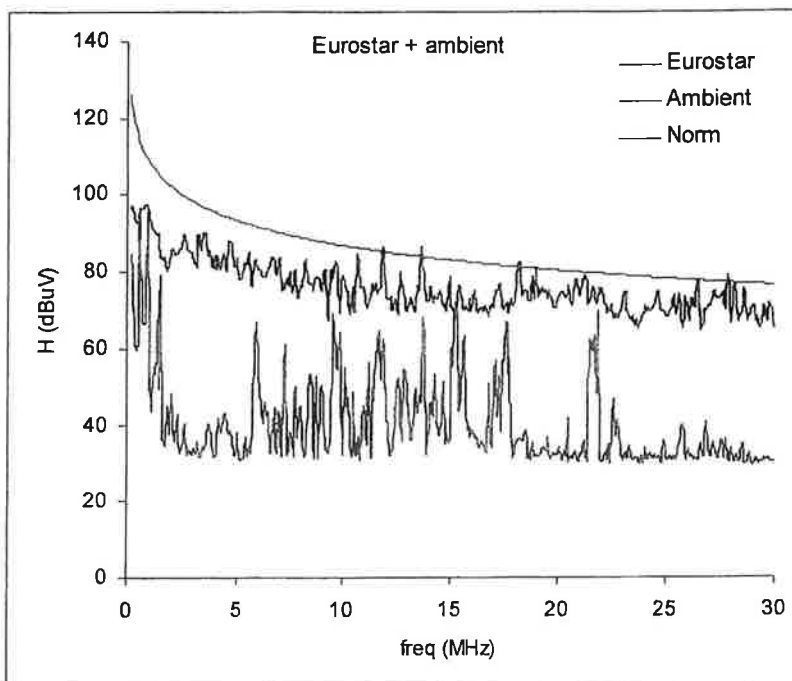
2.1. H-veld 9 kHz – 150 kHz

Onderstaand in figuur 9 de registratie van een Thalys passage, in noordelijke richting (van 25 kV AC gebied naar 3 kV DC gebied).

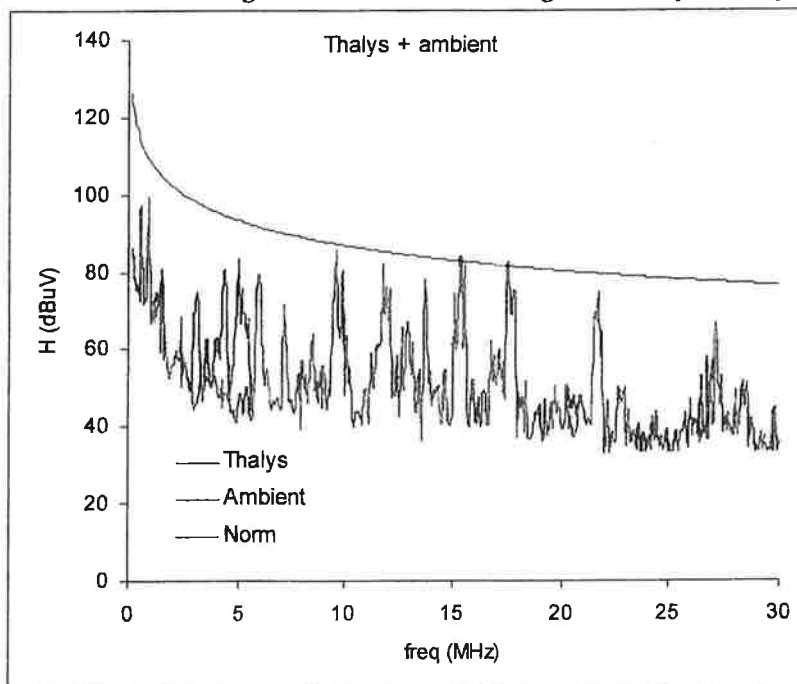


Figuur 9 H-veld 9 kHz – 150 kHz, ambient, Thalys passage in noordelijke richting en de limiet waarde volgens norm [50121-2], tijdstip 14.10 h.

2.2. H-veld 150 kHz - 30 MHz

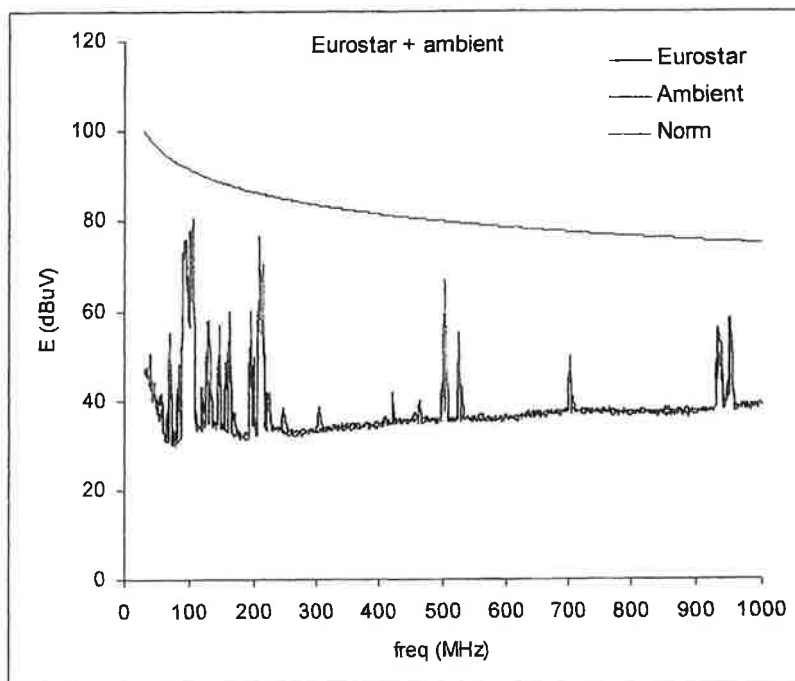


Figuur 10 H-veld 150 kHz - 30 MHz, ambient, Eurostar passage in noordelijke richting en de limiet waarde volgens norm [50121-2], tijdstip 11.58 h.

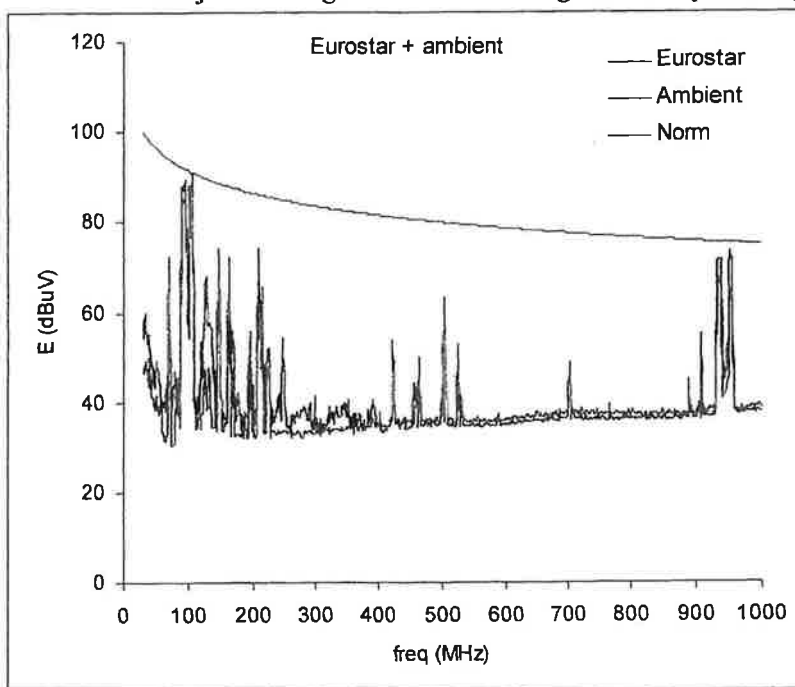


Figuur 11 H-veld 150 kHz - 30 MHz, ambient, Thalys passage in zuidelijke richting en de limiet waarde volgens norm [50121-2], tijdstip 15.00 h.

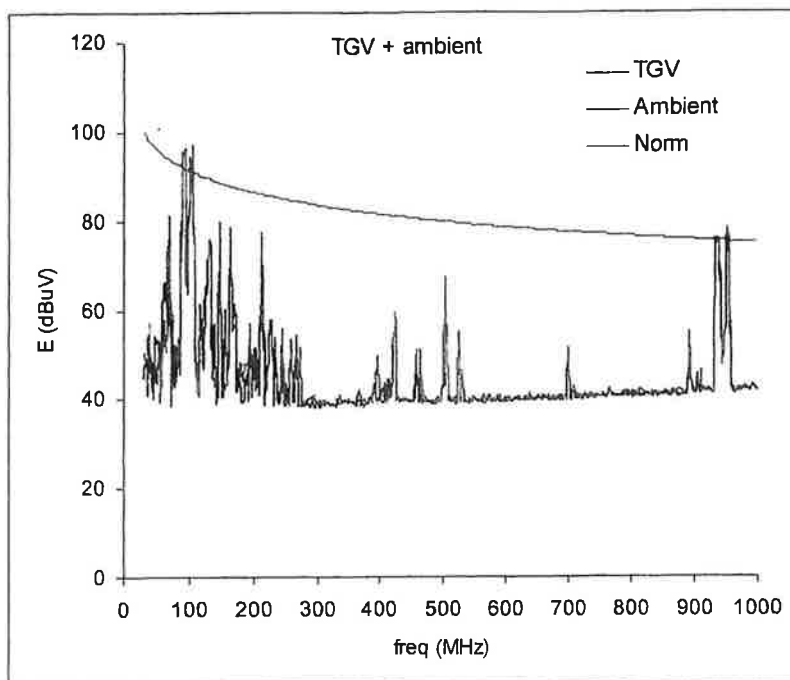
2.3. E-veld 30 MHz – 1 GHz



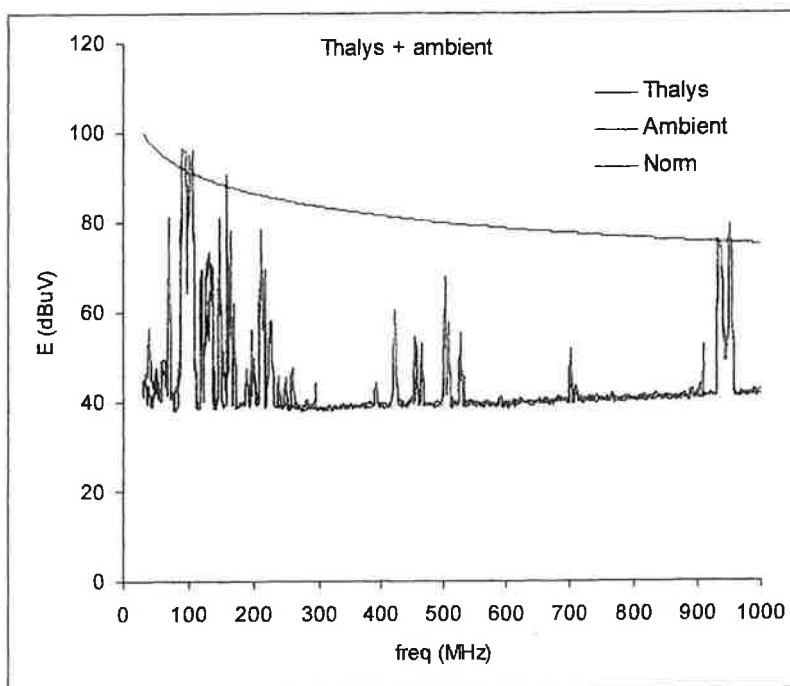
Figuur 12 E-veld, horizontaal, 30 MHz – 1 GHz, ambient, Eurostar passage in noordelijke richting, limiet waarde volgens norm [50121-2], tijdstip 13.20 h.



Figuur 13 E-veld, verticaal, 30 MHz – 1 GHz, ambient, Eurostar passage in zuidelijke richting en de limiet waarde volgens norm [50121-2], tijdstip 13.55 h.



Figuur 14 E-veld, verticaal, 30 MHz – 1 GHz, ambient, TGV passage in noordelijke richting en de limiet waarde volgens norm [50121-2], tijdstip 15.25 h.



Figuur 15 E-veld, verticaal, 30 MHz – 1 GHz, ambient, Thalys dubbelstel passage in zuidelijke richting, limiet waarde volgens norm [50121-2], tijdstip 17.30 h.

3. Statistische verwerking meetdata

3.1. Algemeen

De resultaten gegeven in Bijlage 1, kunnen op een statistische wijze worden verwerkt conform [50121-2] § 5.1.13.

Allereerst wordt de gemiddelde waarde bepaald. Uitgaande van het aantal metingen en de standaarddeviatie die bij deze metingen optreedt kan een waarde worden bepaald waarvoor met een 80 % zekerheid kan worden gesteld dat deze in 80 % van alle gevallen niet zal worden overschreden. Dit is het zogenaamde 80/80 criterium.

De resulterende waarde is de gemiddelde waarde plus de deviatie vermenigvuldigd met een toeslagfactor⁸. Deze toeslag factor is afhankelijk van het aantal metingen, bij kleiner aantal metingen is hij hoger. (Zie ook [Goedbloed]). Hierbij wordt uitgegaan van de volgende vergelijkingen:

$$n_{(mean,k)} = \frac{\sum_{i=1}^m n_{(i,k)}}{m} \quad \text{en} \quad S_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (n_{(i,k)} - n_{mean,k})^2}{m-1}} \quad \text{geven: } n_{(80/80,k)} = n_{(mean,k)} + K_0 \cdot S_k \quad (2)$$

met: k is nummer meetrij (per frequentiepunt);

m is het aantal metingen;

en K_0 volgens: tabel 3

Tabel 3 Overzicht K_0 waarden.

m	3	4	5	6	7	8	9	10
K_0	2,04	1,68	1,51	1,42	1,35	1,30	1,27	1,24

Overgenomen uit [50121-2] en [Goedbloed].

Normaliter wordt bij de bepaling van de emissie conform [50121-2] uitgegaan van een situatie waarbij transiënten niet in beschouwing worden genomen § 5.3 [50121-2]. Bij de metingen die in deze rapportage worden beschreven zijn transiënten uitdrukkelijk wel meegenomen. Geconcludeerd kan derhalve worden dat de gevonden waarden de 80/80 waarden voor de emissie van het gehele spoorwegsysteem, inclusief transiënte verschijnselen vertegenwoordigen.

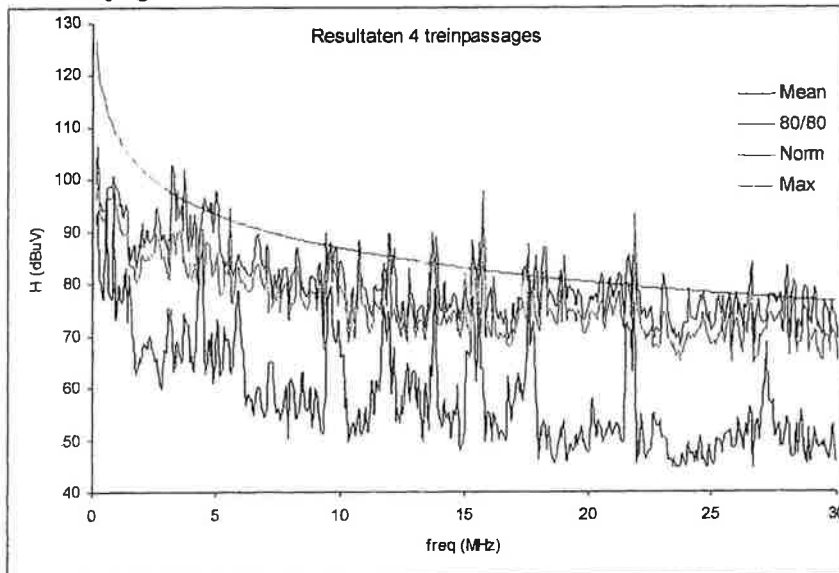
3.2. Meetdata

Voor het H-veld 9 kHz – 150 kHz zijn onvoldoende metingen verricht om over te kunnen gaan tot een statistische verwerking van de meetgegevens.

⁸ Een meting bestaat uit k meetpunten (401 stuks), per "frequentiebandje" (of frequentiepunt) is één meetwaarde bepaald. Indien er m metingen zijn verricht zijn er per frequentiepunt nu m meetwaarden beschikbaar. Deze m meetwaarden worden conform formule 2 tot een zogenaamde 80/80 waarde verwerkt. Deze operatie wordt voor alle k meetpunten herhaald. Zo ontstaat een beeld voor de gehele te beschouwen frequentieband.

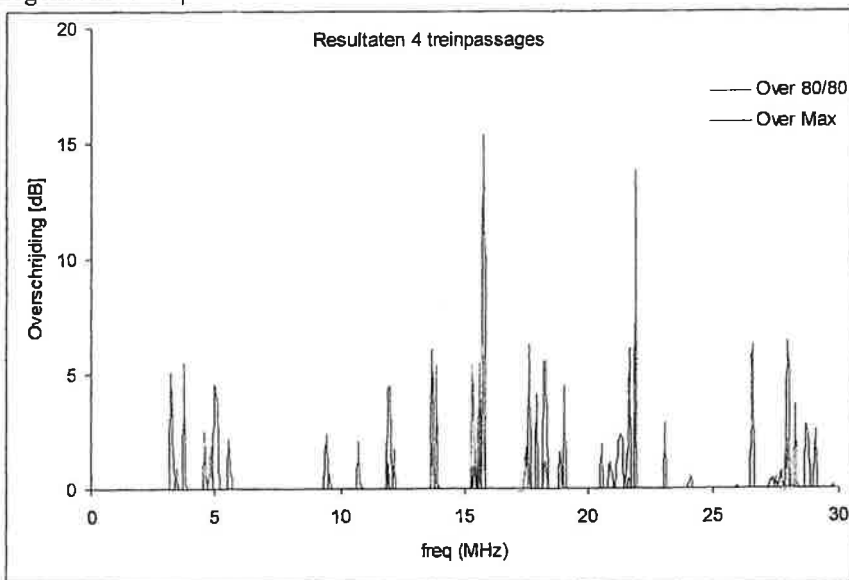
3.2.1. H-veld, 150 kHz – 30 MHz

Onderstaand in figuur 16 een overzicht voor het H-veld, weergegeven zijn de gemiddelde waarde, de maximaal gemeten waarde, de zogenaamde "80/80 waarde" en de limiet conform [50121-2]. Verwerkt zijn de resultaten van de metingen 1, 3, 4 en 14. Zie ook bijlage 1.



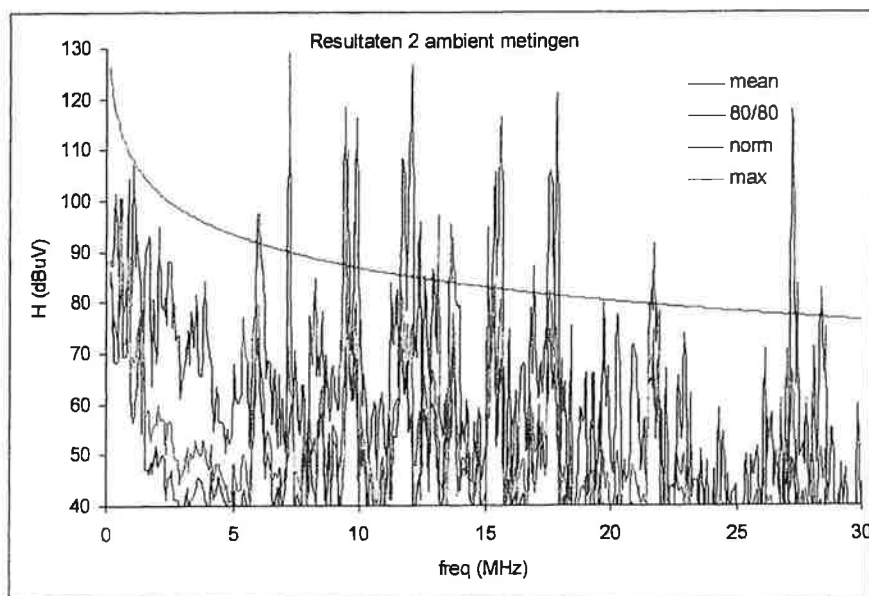
Figuur 16 Statistische verwerking van resultaten van 4 H-veld metingen "trein-passage", conform [50121-2], en limietwaarde volgens norm.

Voor de duidelijkheid is in onderstaande figuur 17 de overschrijding van de limietlijn conform [50121-2] gegeven voor zowel de maximaal gemeten waarde alsook voor de zogenaamde "80/80 waarde".



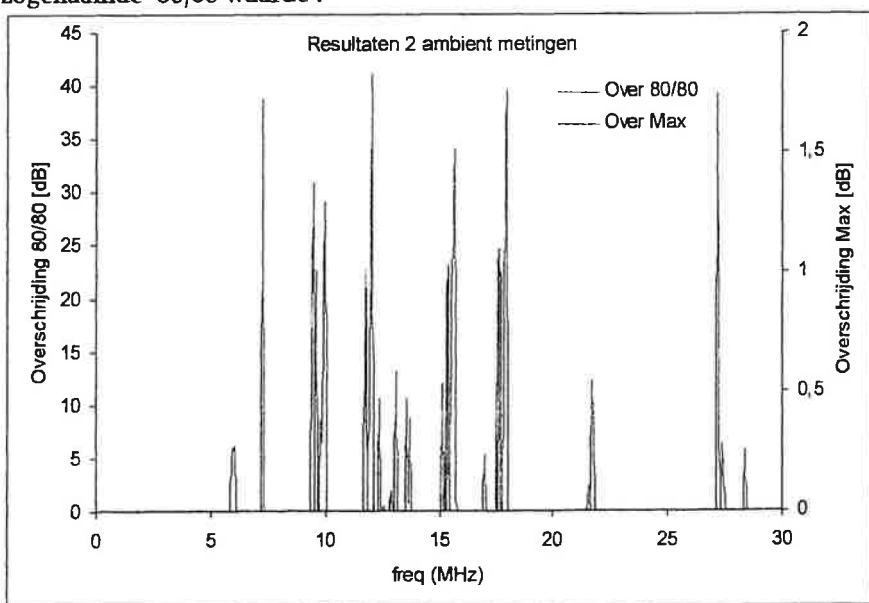
Figuur 17 Statistische verwerking van resultaten van 4 H-veld metingen "trein-passage", conform [50121-2], overschrijding van limietwaarde volgens norm voor maximaal gemeten waarde en "80/80 waarde".

Ter illustratie zijn ook 2 "ambient" metingen van het H-veld op dezelfde wijze verwerkt. Weergegeven zijn de gemiddelde waarde, de maximaal gemeten waarde, de zogenaamde "80/80 waarde" en de limiet conform [50121-2]. Een overzicht is te vinden in onderstaande figuur 18. Verwerkt zijn de metingen 2 en 13 [Resnikoff]. Zie ook bijlage 1.



Figuur 18 Statistische verwerking van resultaten van 2 H-veld metingen "ambient", conform [50121-2], en limietwaarde volgens norm.

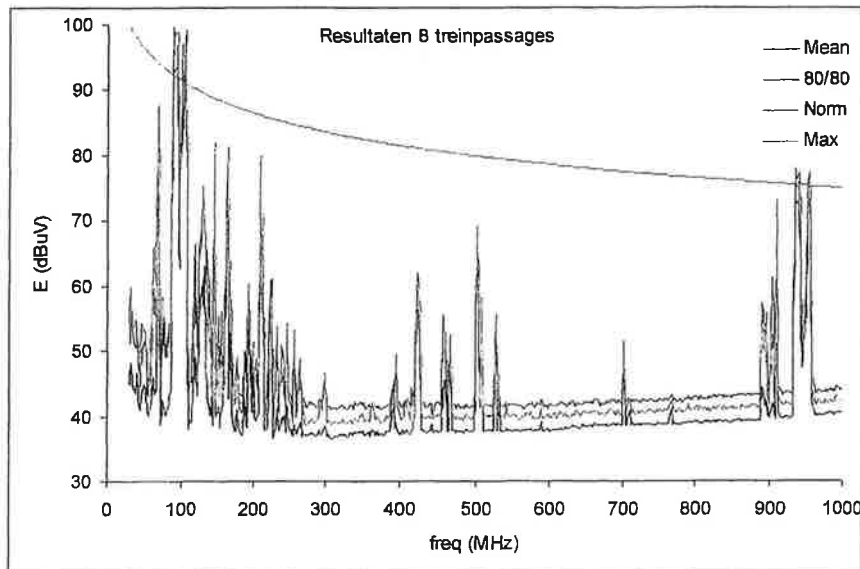
Voor de duidelijkheid is in onderstaande figuur 19 de overschrijding van de limietlijn conform [50121-2] gegeven voor zowel de maximaal gemeten waarde als ook voor de zogenaamde "80/80 waarde".



Figuur 19 Statistische verwerking van resultaten van 2 H-veld metingen "ambient", conform [50121-2], overschrijding van limietwaarde volgens norm voor maximaal gemeten waarde en "80/80 waarde".

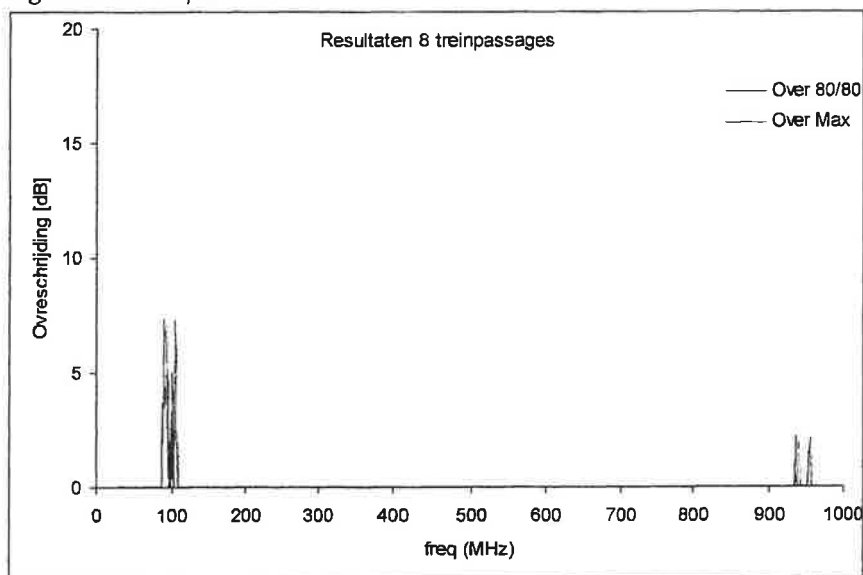
3.2.2. E-veld 30 MHz – 1 GHz

Onderstaand in figuur 20 een overzicht voor het verticale E-veld, weergegeven zijn de gemiddelde waarde, de maximaal gemeten waarde, de zogenaamde "80/80 waarde" en de limiet conform [50121-2]. Verwerkt zijn de resultaten van de metingen 9, 10, 15, 17, 18, 25, 26 en 28. Zie ook bijlage 1.



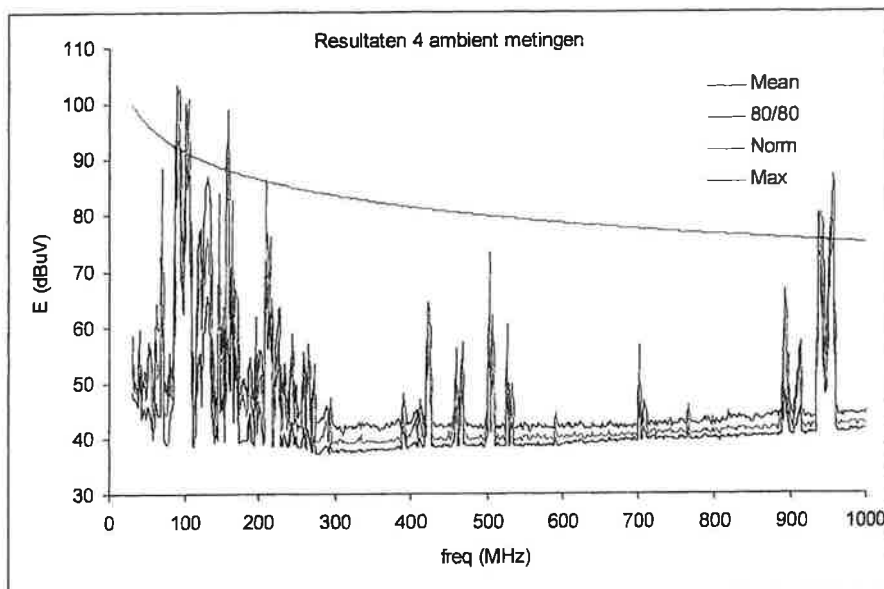
Figuur 20 Statistische verwerking van resultaten van 8 verticale E-veld metingen "treinpassage", conform [50121-2], en limietwaarde volgens norm.

Voor de duidelijkheid is in onderstaande figuur 21 de overschrijding van de limietlijn conform [50121-2] gegeven voor zowel de maximaal gemeten waarde alsook voor de zogenaamde "80/80 waarde".



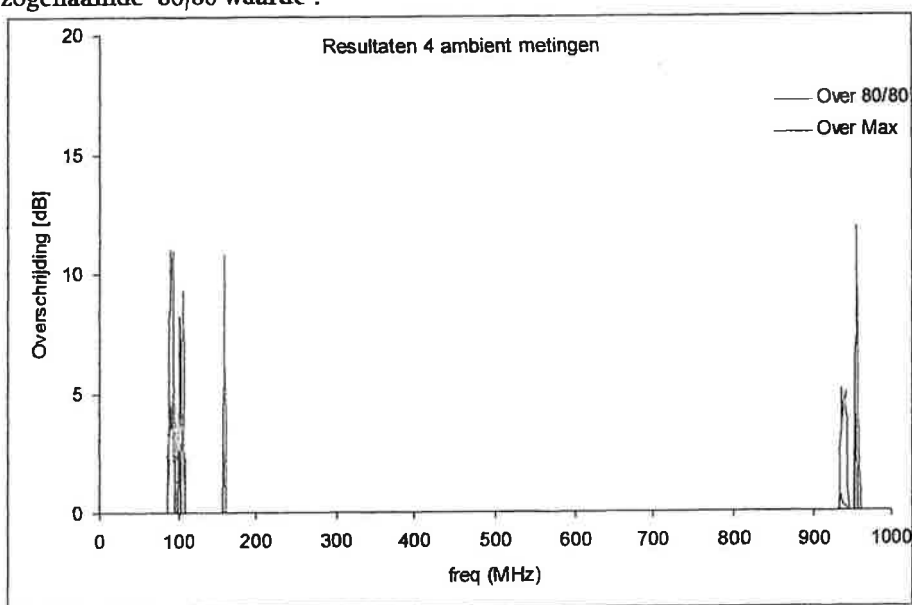
Figuur 21 Statistische verwerking van resultaten van 8 verticale E-veld metingen "treinpassage", conform [50121-2], overschrijding van limietwaarde volgens norm voor maximaal gemeten waarde en "80/80 waarde".

Ter illustratie zijn ook 4 "ambient" metingen van het verticale E-veld op dezelfde wijze verwerkt. Weergegeven zijn de gemiddelde waarde, de maximaal gemeten waarde, de zogenaamde "80/80 waarde" en de limiet conform [50121-2]. Een overzicht is te vinden in onderstaande figuur 22. Verwerkt zijn de metingen 11, 16, 27 en 29. Zie ook bijlage 1.



Figuur 22 Statistische verwerking van resultaten van 4 verticale E-veld metingen "ambient", conform [50121-2], en limietwaarde volgens norm.

Voor de duidelijkheid is in onderstaande figuur 22 de overschrijding van de limietlijn conform [50121-2] gegeven voor zowel de maximaal gemeten waarde alsook voor de zogenaamde "80/80 waarde".



Figuur 23 Statistische verwerking van resultaten van 4 verticale E-veld metingen "ambient", conform [50121-2], overschrijding van limietwaarde volgens norm voor maximaal gemeten waarde en "80/80 waarde".

4. Discussie

Bij een beschouwing van de meetresultaten zoals deze worden gegeven in hoofdstuk 2 en 3 springen een aantal zaken in het oog.

Ten eerste, vooral in het laagfrequent deel van het spectrum, 9 kHz tot 150 kHz is het effect van een passage van de spanningssluis te zien. Ten opzichte van de reeds aanwezige "achtergrond ruis" neemt het niveau met circa 20 dB toe over de gehele bandbreedte. Wel is het zo dat de limiet volgens de norm niet wordt overschreden. Zie ook figuur 9.

In het spectrum deel 150 kHz- 30 MHz is eveneens een toename te zien van het emissie niveau bij treinpassage. Hier blijkt echter een sterke invloed van het type materieel. Passage van een Eurostar in noordelijke richting (zie figuur 10) geeft een toename met 20 - 30 dB boven het achtergrond niveau te zien. Opgemerkt moet worden dat het achtergrond niveau bij deze meting lager ligt dan bij andere metingen. Passage van een Thalys in zuidelijke richting (figuur 11) geeft alleen in het frequentiegebied tussen 2 en 6 MHz een verhoging met circa 20 dB ten opzichte van de achtergrond ruis te zien (Het achtergrond ruis niveau ligt bij deze meting hoger dan bij de meting uit figuur 10). Ook bij deze meting wordt de limiet waarde conform [50121-2] door de individuele metingen niet noemenswaardig (≤ 5 dB) overschreden. Een deel van de achtergrond ruis wordt duidelijk veroorzaakt door omroepzenders in het middengolf gebied.

Voor het hoogfrequent deel, 30 MHz - 1 GHz geldt dat ten opzichte van de achtergrond ruis het effect van een passage van de spanningssluis minimaal is. Als eerste valt bij een vergelijking tussen figuur 12 en figuur 13 op dat het horizontale E-veld over de hele frequentieband circa 10 dB lager is dan het verticale E-veld (althans voor de relevante delen, afgezien van wat "achtergrondruis"). Dit komt redelijk overeen met het in de norm [50121-2] gestelde (zie ook § 1.2, voetnoot 3).

Zeer duidelijk herkenbaar in de spectra zijn de omroepzenders in de FM band, rond 100 MHz, en een aantal zenders tussen 400 en 600 MHz. Merk op dat even boven 900 MHz de mobiele telefoons (waarschijnlijk die van de meetploeg zelf) bijna de meest zware pieken opleveren.

Er is enig effect te zien bij een aantal metingen van het type materieel en rij richting. Zo is de emissie bij een zuidelijke rijrichting hoger, waarschijnlijk omdat het spoor in zuidelijke rijrichting zich dicht bij de antenne's bevindt. Het spoor in zuidelijke rijrichting is HSL spoor nummer 1 uit figuur 4, dit is het spoor dat zich op circa 10 m afstand van de antenne's bevindt. Het spoor in noordelijke richting (dit is HSL spoor nummer 2 uit figuur 4) ligt op een afstand van circa 14 à 15 m van de antenne's.

Tijdens passage van een trein worden incidenteel wat piekjes boven het achtergrond ruisniveau waargenomen, tussen 200 en 400 MHz, zie figuur 13 en in mindere mate figuur 12. Ook in de FM band lijkt er wat meer ruis op te treden. Pieken komen gemiddeld 5 dB boven de achtergrond uit, een enkele maal 10 dB. De limiet waarde conform [50121-2] wordt alleen overschreden bij de FM- en GSM frequenties (door de zenders, ook als er geen treinpassage plaatsvindt is deze verstoring aanwezig!). Over het algemeen geeft een treinpassage van de spanningssluis weinig extra versturende invloeden ten opzichte van de achtergrond te zien.

Een statistische verwerking conform § 5.1.13 van [50121-2] heeft ook plaatsgevonden. Zoals in ook [Goedbloed] wordt aangegeven, moet er op de gemiddelde waarde die uit de metingen volgt nog een toeslag worden toegepast, om te corrigeren voor de onzekerheidsfactor in de metingen. Gezien het beperkte aantal metingen is dit noodzakelijk⁹.

Voor de frequentie band 150 kHz - 30 MHz wordt de limiet lijn conform de norm dicht benaderd door de 80/80 waarden. Er zijn enkele overschrijdingen met circa 5 dB en twee pieken van circa 15 dB bij 15 MHz. en 22 MHz. Voor een deel is dit te wijten aan de omgeving, indien figuur 18 & figuur 19 in beschouwing worden genomen blijkt dat zelfs de achtergrond ruis "ambient" enkele malen (met circa 1 dB) de limietlijn overschrijdt. De overschrijding van de limietlijn door de 80/80 waarde van de "ambient", is door de hoge waarde van K_0 , (gering aantal metingen) enigszins geflateerd, het beeld dat in deze frequentie band nogal wat "achtergrond" ruis aanwezig is, is echter zeer duidelijk. Ook het geringe aantal metingen (vier stuks) en de als gevolg hiervan relatief hoge waarde van K_0 leiden tot relatief hoge 80/80 waarden.

Voor de frequentie band 30 MHz – 1 GHz wordt de limiet lijn gesteld door de norm op een viertal punten licht overschreden. Het betreft hier echter frequenties in de FM band en de GSM band, die met aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid niet worden veroorzaakt door het spoorwegsysteem maar door externe zenders. Overschrijdingen zijn gering, namelijk minder dan 3 - 7 dB. Het beeld dat deze verstoringen niet primair te wijten zijn aan het spoorwegsysteem wordt bevestigd door figuur 18. Hier zijn een viertal "ambient" metingen verwerkt volgens dezelfde methodiek. Omdat het aantal geringer is moet een hogere waarde van K_0 worden gehanteerd. De overschrijdingen zijn nu iets meer geprononceerd, circa 11 dB in zowel de FM band als ook in de GSM-band.

Door gebrek aan meettijd "op locatie" zijn er te weinig metingen in het frequentie gebied 9 kHz - 150 kHz verricht om tot een statistische verwerking van de data over te gaan. Echter de meting die verricht is, geeft een ruime marge te zien tussen de limietwaarde en de emissie van het spoorwegsysteem (minimaal 10 dB, gemiddeld 20 dB), zodat een ruime overschrijding van de limietwaarde van de norm in dit frequentiegebied op zijn minst zeer onwaarschijnlijk genoemd dient te worden.

⁹ Verwerking heeft slechts plaatsgevonden voor H-veld 150 kHz - 30 MHz, en verticaal-E-veld 30 MHz – 1 GHz, voor H-veld 9 kHz – 150 kHz zijn onvoldoende meetdata beschikbaar.

5. Conclusies

Bij de individuele metingen zoals deze op 13 december bij de spanningssluis in Halle zijn uitgevoerd zijn geen verstoringen gevonden die de limieten conform [50121-2] meer dan minimaal/significant overschrijden. De maximale overschrijding voor de 80/80 waarden bedraagt 15 dB. Het betreft hier worst-case metingen waarbij het effect van transiënte verschijnselen en achtergrond nadrukkelijk wél is meegenomen.

De weersomstandigheden waren tijdens een deel van metingen gunstig te noemen, tijdens het laatste deel echter ongunstig. Er is geen verhoging van de emissie ten gevolge van regen of harde windstoten waargenomen. Ook is geen verschil zichtbaar geworden in de emissie veroorzaakt door enkel- of dubbelstel treinen.

In het laagfrequente deel van het spectrum, 9 kHz - 150 kHz, is een verhoging van het gemeten niveau ten opzichte van de achtergrond met 10 à 20 dB te zien. Er is echter nog een marge van 10 à 20 dB met de limiet conform de norm.

In midden deel van het spectrum, 150 kHz - 30 MHz, is (afhankelijk van het type materieel en rijrichting) soms een verhoging met 10 à 30 dB ten opzichte van de achtergrond te zien. De limiet waarde wordt echter niet significant overschreden door de individuele metingen. Bij een statistische verwerking conform [50121-2] blijken een beperkt aantal overschrijdingen van circa 5 dB voor te komen, en blijken twee overschrijdingen van circa 15 dB bij 15 MHz en 22 MHz op te treden. Het ambient niveau is echter hoog, en er is slechts een beperkt aantal metingen zodat deze waarden enigszins geflatteerd zijn.

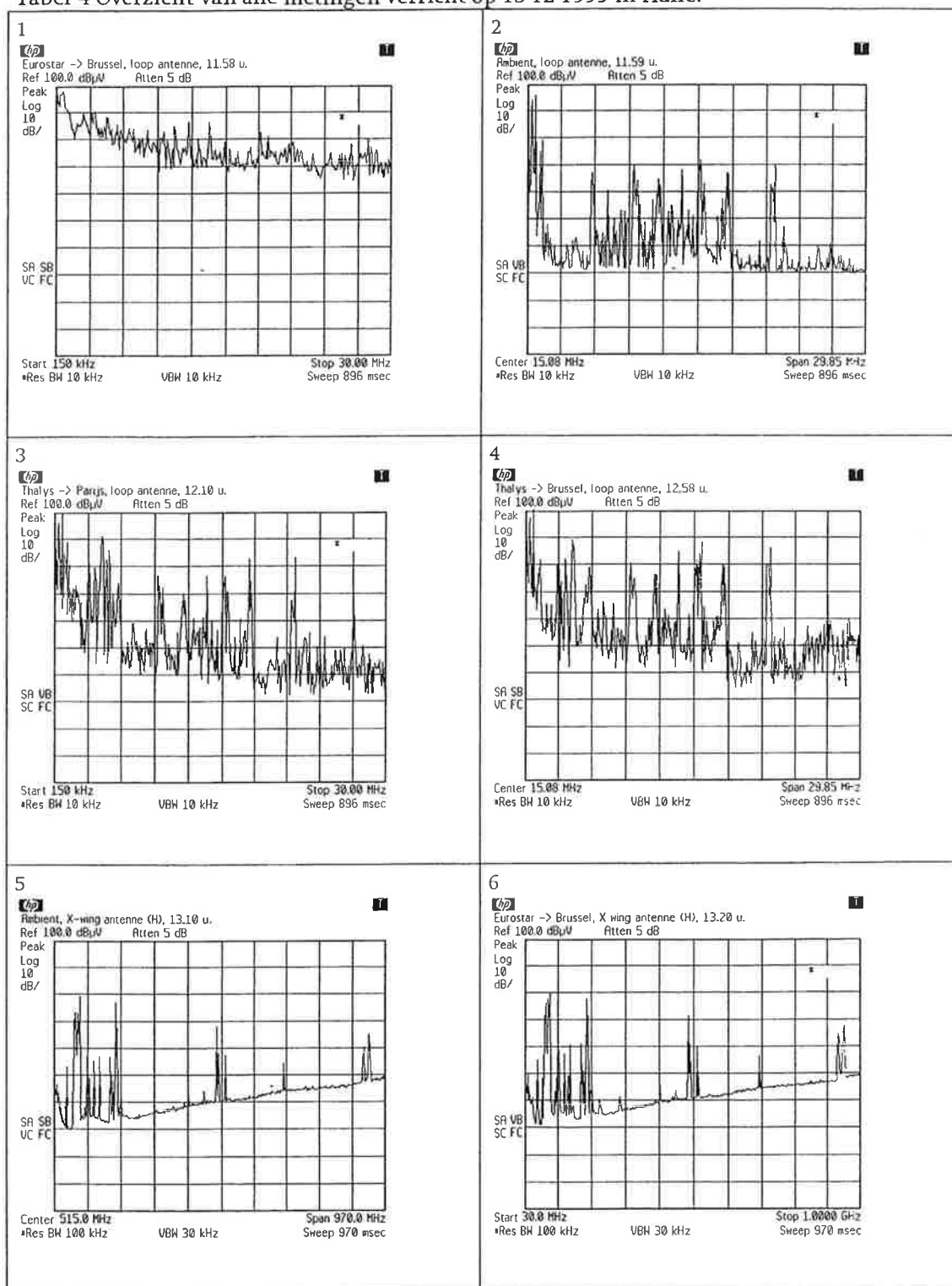
In het hoogfrequente deel van het spectrum, 30 MHz - 1 GHz, blijken slechts geringe verhogingen ten opzichte van de achtergrond, gemiddeld 5 dB, met uitschieters tot 10 dB voor te komen. Opvallend is dat er in dit deel nog een zeer ruime marge is tussen de limiet conform [50121-2] en de gemeten emissie van het spoorwegsysteem. Bij een statistische verwerking van de resultaten conform [50121-2] blijkt dat slechts zenders (FM en GSM) een geringe overschrijding (<7 dB) van de limiet te zien geven.

6. Literatuur

- [50121-2] prEN 50121-2, Railway applications, Electromagnetic Compatibility, Part 2 Emission of the whole railway system to the outside world, CENELEC, september 1997.
- [Chatterton] Chatterton, P.A., M.A. Houlden, "EMC; Electromagnetic Theory to Practical design", Wiley, Chichester, UK, 1991.
- [EMC] Goedbloed, J.J., "Electromagnetic Compatibility", Prentice Hall, London, UK, 1992.
- [Goedbloed] Goedbloed, J.J., "Onzekerheden en waarschijnlijkheden bij EMC-toetsen (9)", EMC/ESD Praktijk, december 1999, p.p. 4-6.
- [Kalibratie] Fax d.d. 24-12-1999, 00.22 h. van Kees Post, Lambda Engineering aan Erwin Smulders, Holland Railconsult, met de kalibratiegegevens van de Loop antenne en de X-wing antenne, gebruikt bij de metingen in Halle. De antenne's zijn gekalibreerd conform Kalibratiecertificaat CC 1926, d.d. 26-11-1998, Schaffner-Chase EMC Ltd.
- [Pikettering] Pikettering Bovenleidingen, Brussel-Zuid - Lembeek, tekening ES-F1L96N0144P1, d.d. 16-12-1996, ter beschikking gesteld door Louis Brabant, NMBS.
- [Plan Bouwaanvraag] Plan Bouwaanvraag, tekening van de situatie ter plekke van de spanningssluis Halle-Lembeek, Tekening F109600155G1, d.d. 18-02-1993, ter beschikking gesteld door Louis Brabant, NMBS.
- [Post] CD-ROM met meetresultaten en foto's van meetopstellingen, "Transiënten-Metingen, Halle 13 december 1999", vervaardigd en beschikbaar gesteld door Kees Post, Lambda Engineering, Loenen aan de Vecht, d.d. 22 december 1999.
- [Resnikoff] Resnikoff, G.J., G.J. Liebermann, "Tables of the Non-Central T-Distribution", Stanford University Press, USA, 1957.
- [Williams] Williams, T., "EMC for product designers", Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 1992.

Bijlage 1 Meetresultaten

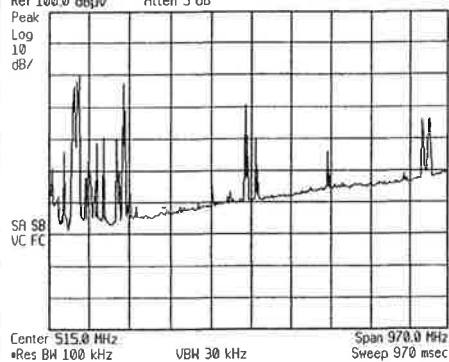
Tabel 4 Overzicht van alle metingen verricht op 13-12-1999 in Halle.



7



Ambient, X wing antenne (H), 13.28 u.
Ref 100.0 dB μ V Atten 5 dB

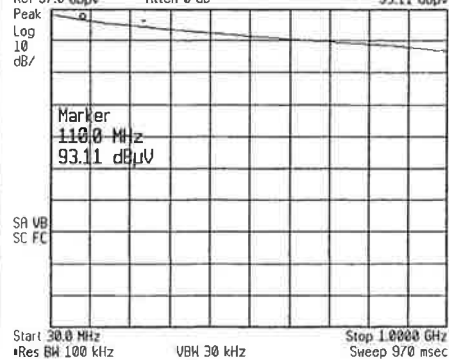


8



Damping RG 214 X wing antenne
Ref 97.0 dB μ V Atten 0 dB

Mkr 110.0 MHz
93.11 dB μ V

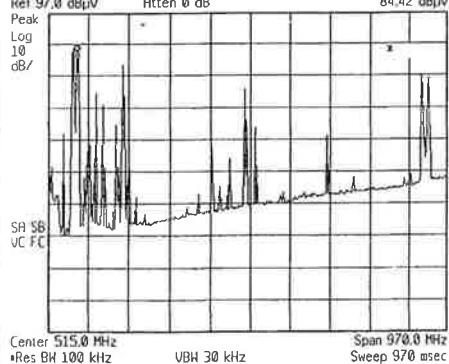


9



Thalys -> Parijs, X wing antenne (V), 13.28 u.
Ref 97.0 dB μ V Atten 0 dB

Mkr 100.3 MHz
84.42 dB μ V

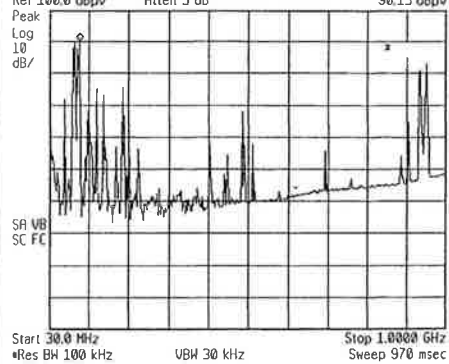


10



Eurostar -> Parijs, X wing antenne (V), 13.55 u.
Ref 100.0 dB μ V Atten 5 dB

Mkr 105.2 MHz
90.15 dB μ V

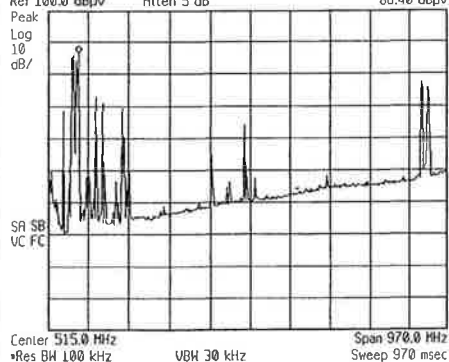


11



Ambient, X wing antenne (V), 14.00 u.
Ref 100.0 dB μ V Atten 5 dB

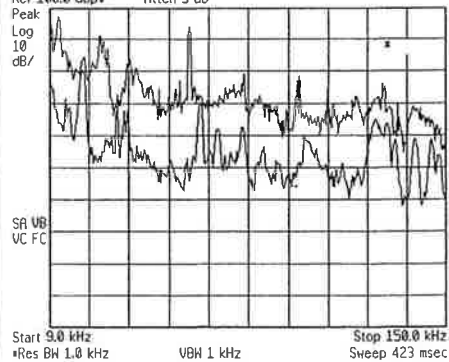
Mkr 105.2 MHz
86.40 dB μ V



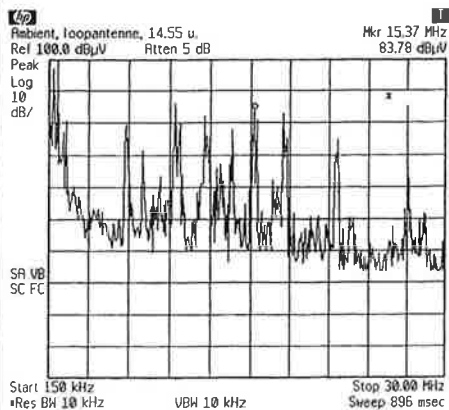
12



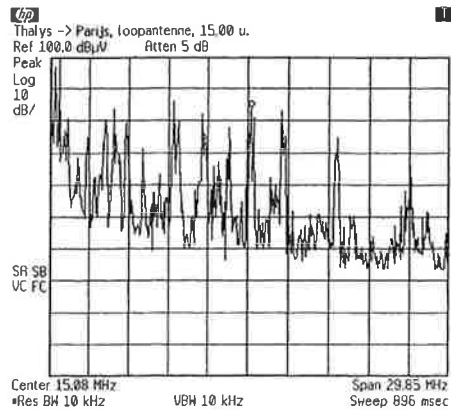
Thalys -> Brussel + ambient, loopantenne, 14.10 u.
Ref 100.0 dB μ V Atten 5 dB



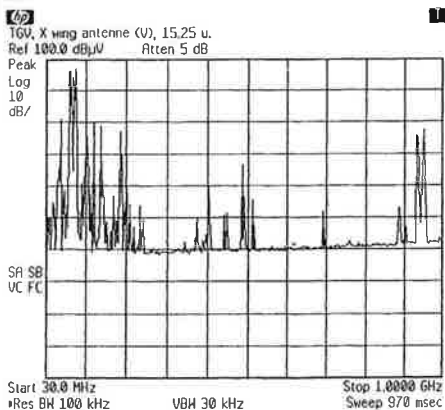
13



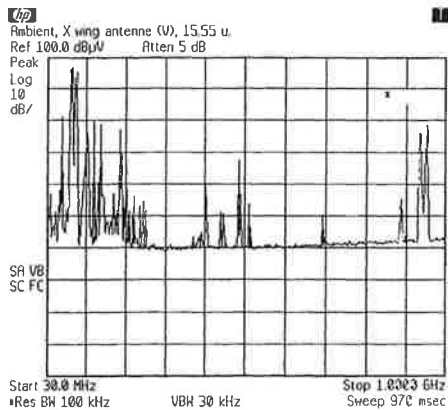
14



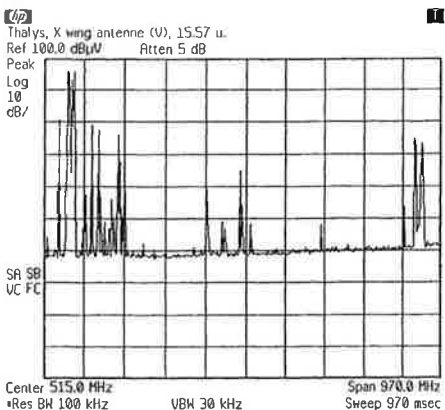
15



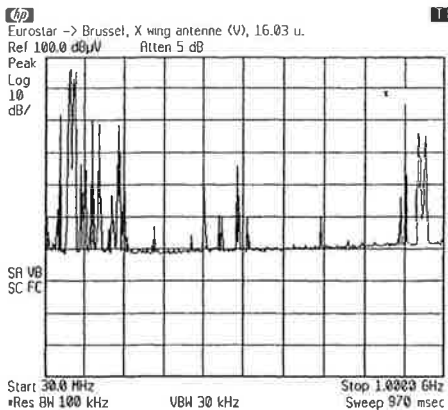
16



17



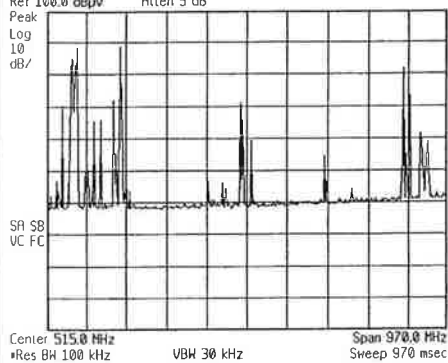
18



19



Thalys -> Brussel, X wing antenne (H), 16.05 u.
Ref 100.0 dB μ V Atten 5 dB

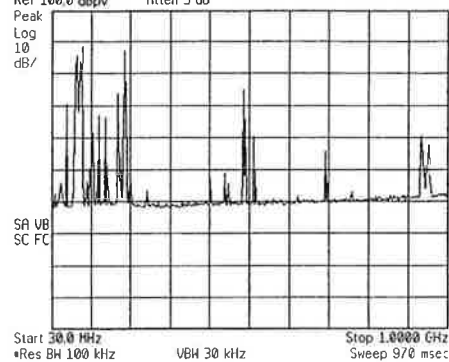


Center 515.0 MHz Span 970.0 MHz Sweep 970 msec
*Res BW 100 kHz VBW 30 kHz

20



Eurostar -> Parijs, X wing antenne (H), 16.25 u.
Ref 100.0 dB μ V Atten 5 dB

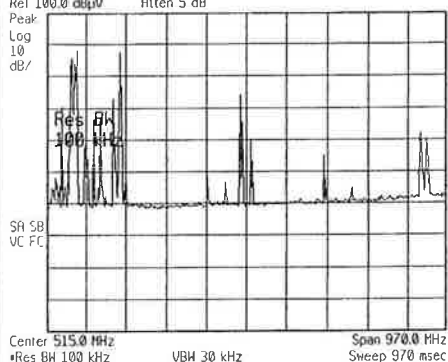


Start 30.0 MHz Stop 1.0000 GHz Sweep 970 msec
*Res BW 100 kHz VBW 30 kHz

21



Thalys -> Parijs, X wing antenne (H), 16.35 u.
Ref 100.0 dB μ V Atten 5 dB

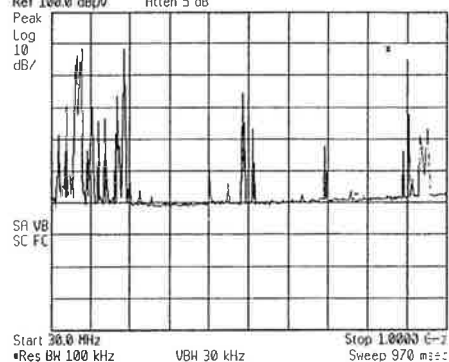


Center 515.0 MHz Span 970.0 MHz Sweep 970 msec
*Res BW 100 kHz VBW 30 kHz

22



Thalys (dub.) -> Parijs, X wing antenne (H), 16.55 u.
Ref 100.0 dB μ V Atten 5 dB

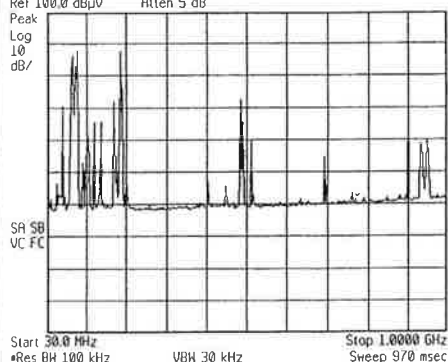


Start 30.0 MHz Stop 1.0000 GHz Sweep 970 msec
*Res BW 100 kHz VBW 30 kHz

23



Thalys -> Parijs, X wing antenne (H), 17.05 u.
Ref 100.0 dB μ V Atten 5 dB

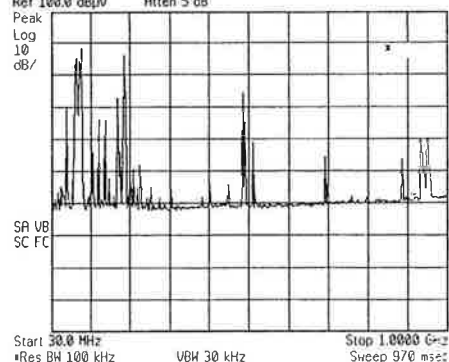


Start 30.0 MHz Stop 1.0000 GHz Sweep 970 msec
*Res BW 100 kHz VBW 30 kHz

24



Thalys (dubbel) -> Brussel, X wing antenne (H), 17.07 u.
Ref 100.0 dB μ V Atten 5 dB



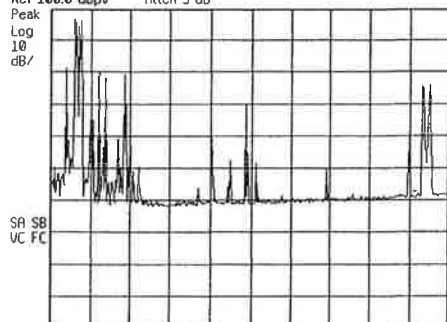
Start 30.0 MHz Stop 1.0000 GHz Sweep 970 msec
*Res BW 100 kHz VBW 30 kHz

25



Thalys -> Parijs, Xwing antenne (V),17.11u.
Ref 100.0 dBµV Atten 5 dB

Peak
Log
10
dB/



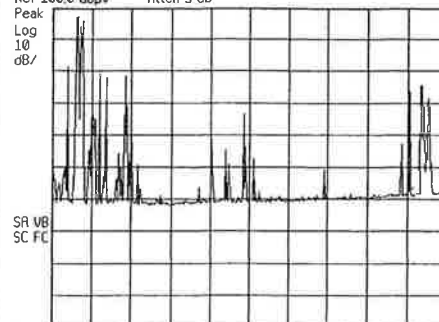
Center 515.0 MHz Span 970.0 MHz
*Res BW 100 kHz VBW 30 kHz Sweep 970 msec

26



Eurostar -> Parijs, Xwing antenne (V),17.15u.
Ref 100.0 dBµV Atten 5 dB

Peak
Log
10
dB/



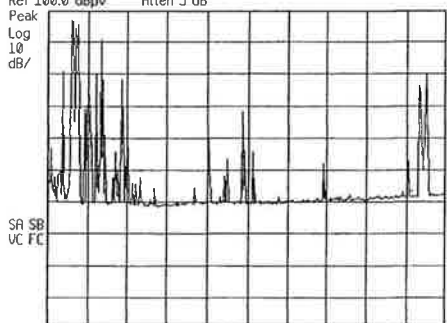
Start 30.0 MHz Stop 1.0000 GHz
*Res BW 100 kHz VBW 30 kHz Sweep 970 msec

27



Ambient, Xwing antenne (V),17.27 u.
Ref 100.0 dBµV Atten 5 dB

Peak
Log
10
dB/



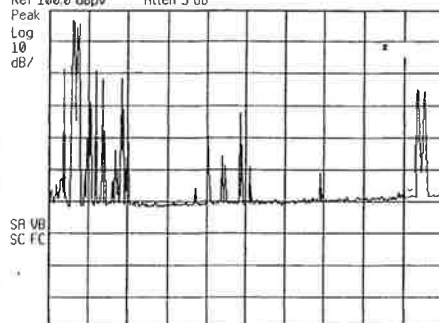
Center 515.0 MHz Span 970.0 MHz
*Res BW 100 kHz VBW 30 kHz Sweep 970 msec

28



Thalys (dubbel)->Parijs, Xwing antenne (V),17.30u.
Ref 100.0 dBµV Atten 5 dB

Peak
Log
10
dB/



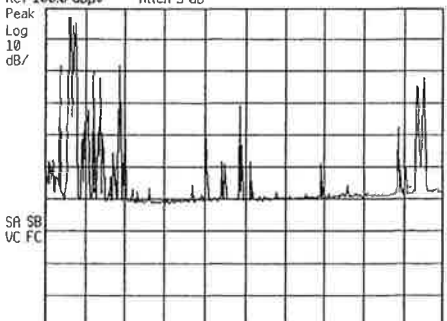
Start 30.0 MHz Stop 1.0000 GHz
*Res BW 100 kHz VBW 30 kHz Sweep 970 msec

29



Ambient, Xwing antenne (V),17.52 u.
Ref 100.0 dBµV Atten 5 dB

Peak
Log
10
dB/



Center 515.0 MHz Span 970.0 MHz
*Res BW 100 kHz VBW 30 kHz Sweep 970 msec

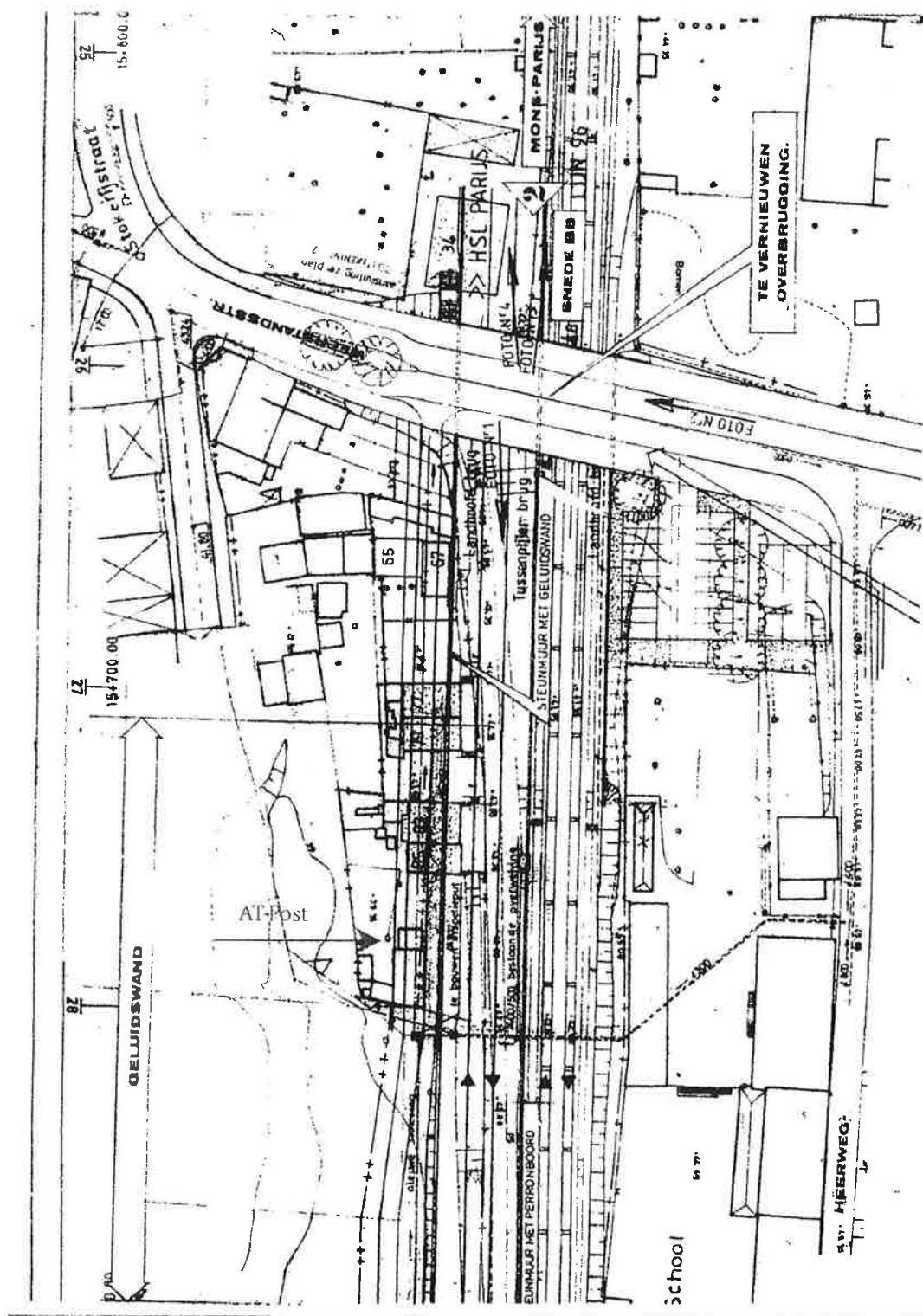
Bijlage 2 Loop der Bovenleiding



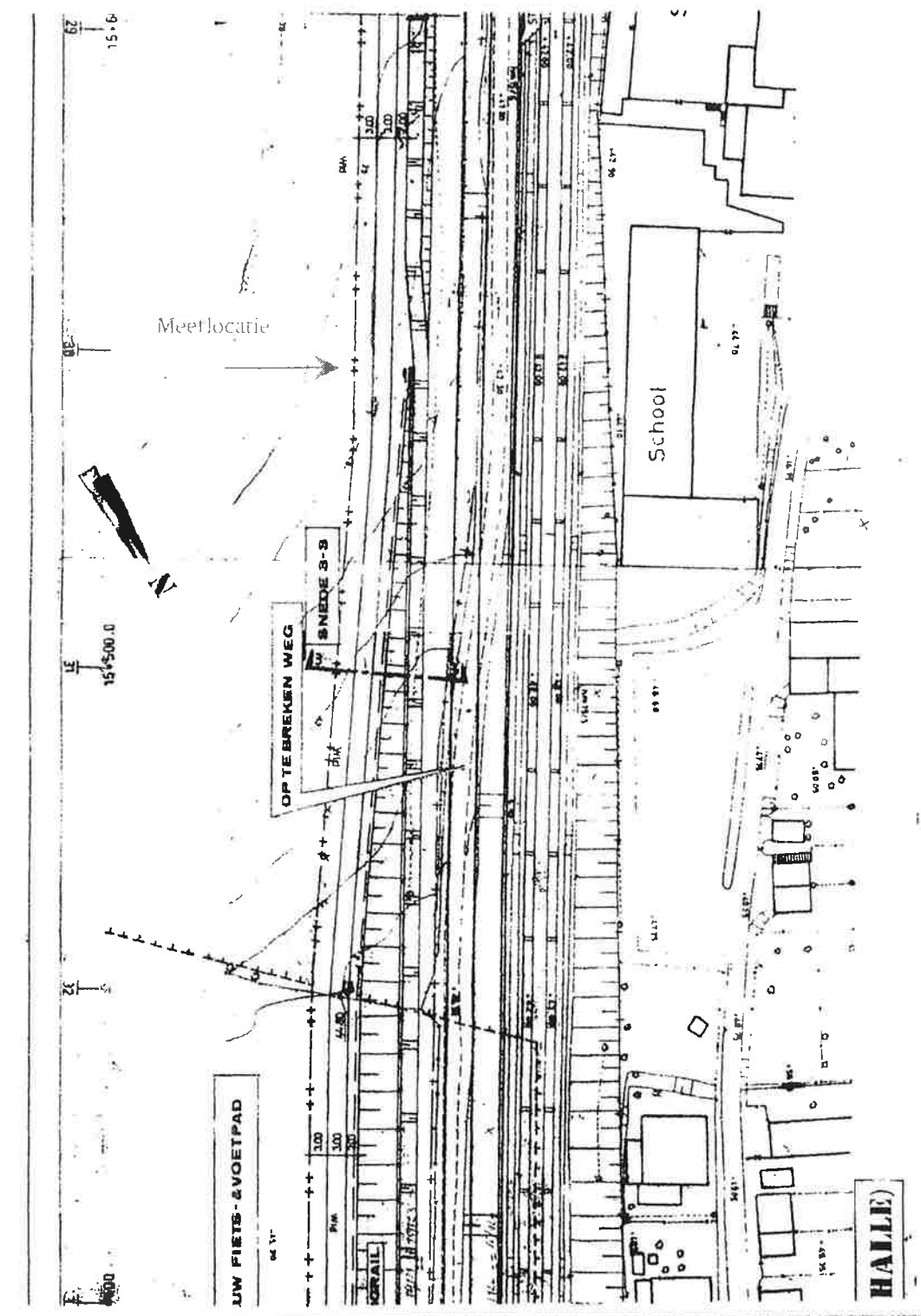
Figuur 24 Bovenleiding constructie ter plekke van de spanningssluis.

Overgenomen uit [Pikettering].

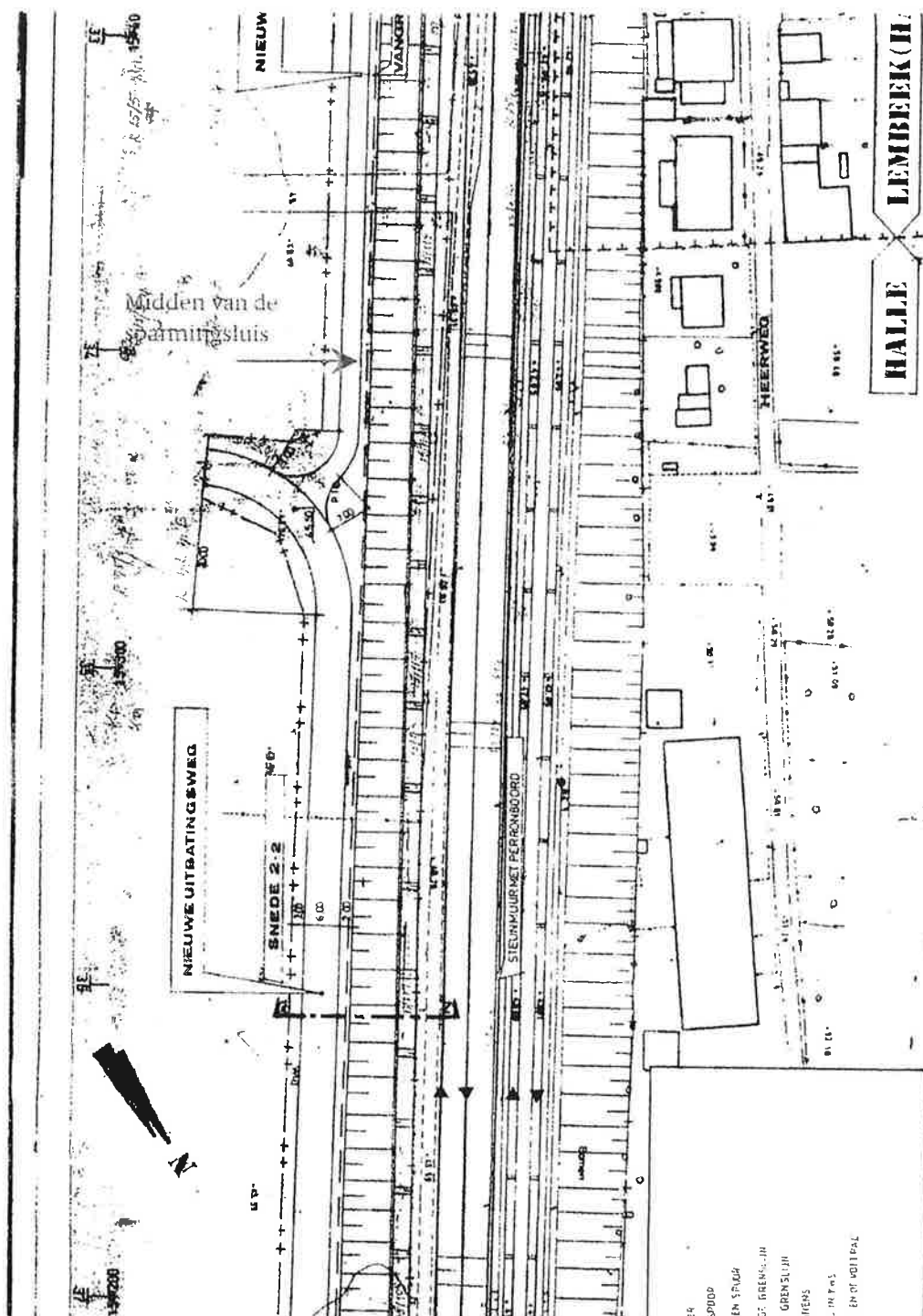
Bijlage 3 Overzicht Situatie Halle-Lembeek



Figuur 25 Zuidelijk deel aangrenzend aan spanningssluis, AC zijde.



Figuur 26 Spanningssluis, middelste deel, meetlocatie, AC zijde.



Figuur 27 Spanningssluis, noordelijk aangrenzend deel, DC Zijde.

Bovenstaande figuren 25 t/m 27 zijn overgenomen uit [Plan Bouwaanvraag], schaal 1:1000.

Colofon

Opdrachtgever Projectorganisatie HSL-Zuid
ir. H.J. Lobeek

Uitgave Holland Railconsult
Vakgroep Tractie-energiesystemen

Daalseplein 101
Postbus 2855
3500 GW Utrecht
Telefoon 030 - 2728 176
Telefax 030 - 2728 150

Auteur ir. H. Smulders
ir. G. van Alphen

Review ing. C. Post

Projectnummer 4823MK1

Met heel hartelijke dank aan Kees Post, Lambda Engineering voor zijn inzet bij de metingen in Halle, ondanks het soms slechte weer zijn de metingen goed verlopen. Ook een woord van dank voor Louis Brabant NMBS voor het beschikbaar stellen van gegevens van de spanningssluis, en Rob Dirven voor het contact leggen met NMBS.

Transientmeting Luxemburg

E en H veld metingen bij transiënten

Projektorganisatie HSL-Zuid
ir. H.J. Lobeek

Holland Railconsult
ir. G. van Alphen
ir. H.W.M. Smulders

kenmerk GP/EMC/000120 - versie 1.0HSL

Utrecht, 31 januari 2000
definitief

© 1999, Holland Railconsult BV.

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 Holland Railconsult BV.

Inhoudsopgave	
Samenvatting	3
1. Inleiding	4
2. Experimenten	5
2.1. HF-emissie bij handelingen in het materieel	6
2.2. Schakelen van onbelaste lijn	6
3. Gebruikte meetopstellingen	7
3.1. Hoogfrequent E&H-velden (meting Lambda Engineering)	7
4. Meetresultaten	8
4.1. HF-emissie	8
5. Discussie	11
6. Conclusies	11
7. Referenties	11
Colofon	12
 Bijlage III	 E&H-spectra Lambda Engineering

Samenvatting

Deze rapportage geeft een beknopt overzicht van de, in Luxemburg, uitgevoerde metingen met betrekking tot hoogfrequent emissie van een 25 kV-spoorwegsysteem bij transiënte verschijnselen. Beschreven worden de gebruikte meetmethoden alsook de resultaten.

Tijdens het uitvoeren van schakelhandelingen, in zowel tractie-voedingssysteem als materieel, zijn gegevens verzameld met betrekking tot de emissie op HF-frequenties.

Uit analyse van de meetresultaten blijkt dat slechts geringe overschrijdingen, < 10 dB, van de door de EN 50121-2 gestelde limieten zijn waargenomen. Waar al sprake was van grotere overschrijdingen, worden deze veroorzaakt door de in de ether aanwezige signalen van omroepzenders.

1. Inleiding

De Europese Spoorweg EMC-norm EN 50121-2 [1] geeft informatie over de toegestane (lees: te verwachten) emissie-niveaus voor HF-signalen. Hierbij is sprake van het continue gedrag t.g.v. stroomafname door de rijdende trein. Voor het uit kunnen voeren van een complete EMC-analyse is echter aanvullende informatie wenselijk over de emissie bij:

- opzetten/laten zakken van een stroomafnemer;
- het schakelen van de tractie-energievoorziening in een trein;
- het schakelen in het tractie-voedingssysteem.

Mede om een bijdrage te leveren aan de modelvorming met betrekking tot deze fenomenen, zijn op 11 december 1999, door Holland Railconsult, metingen uitgevoerd in Wiltz, op terrein van de Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL). Gelijktijdig zijn door Lambda Engineering, ing. C.F. Post, emissie-metingen, conform EN 50121-2, uitgevoerd.

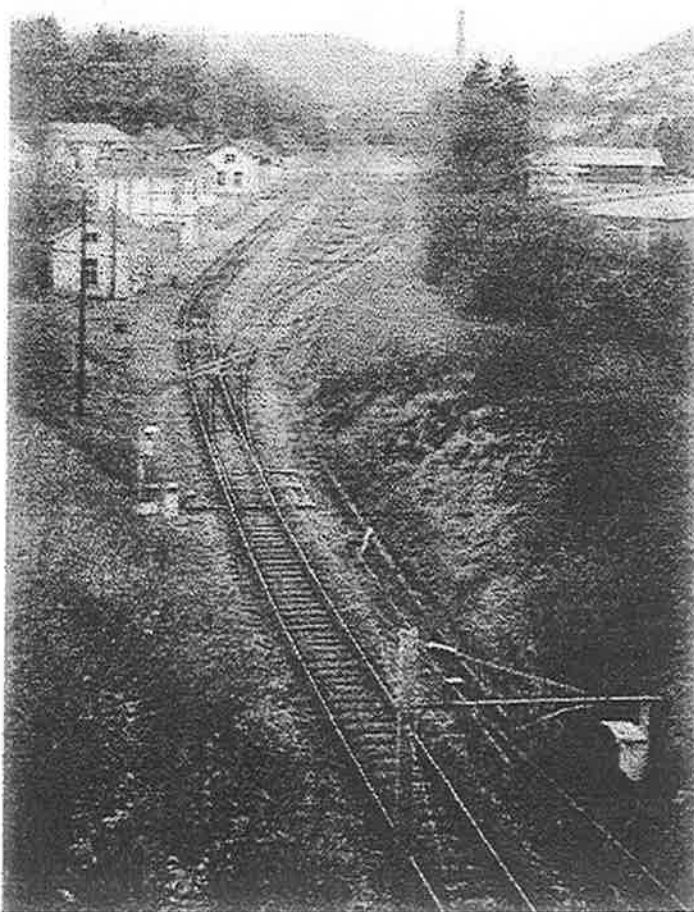


fig. 1, Station Wiltz CFL

2. Experimenten

Naar aanleiding van de goede ervaringen opgedaan in Luxemburg, gedurende de stroomverdelingsmetingen in 1998, is wederom de keuze op het Luxemburgse 25 kV-net gevallen om enkele experimenten uit te voeren met het meten van radio-emissie:

- bij opzetten/laten zakken van een stroomafnemer;
- schakelen van de tractie-voeding in materieel;
- t.g.v. schakelen van een onbelaste lijn.

Deze experimenten zijn aan het einde van het baanvak Kautenbach-Wiltz, in het station Wiltz, uitgevoerd met behulp van treinstellen uit de CFL-serie 2000. Gedurende de gehele dag was er sprake van "druilerig" weer met een temperatuur van tussen de 0° en 5° C.

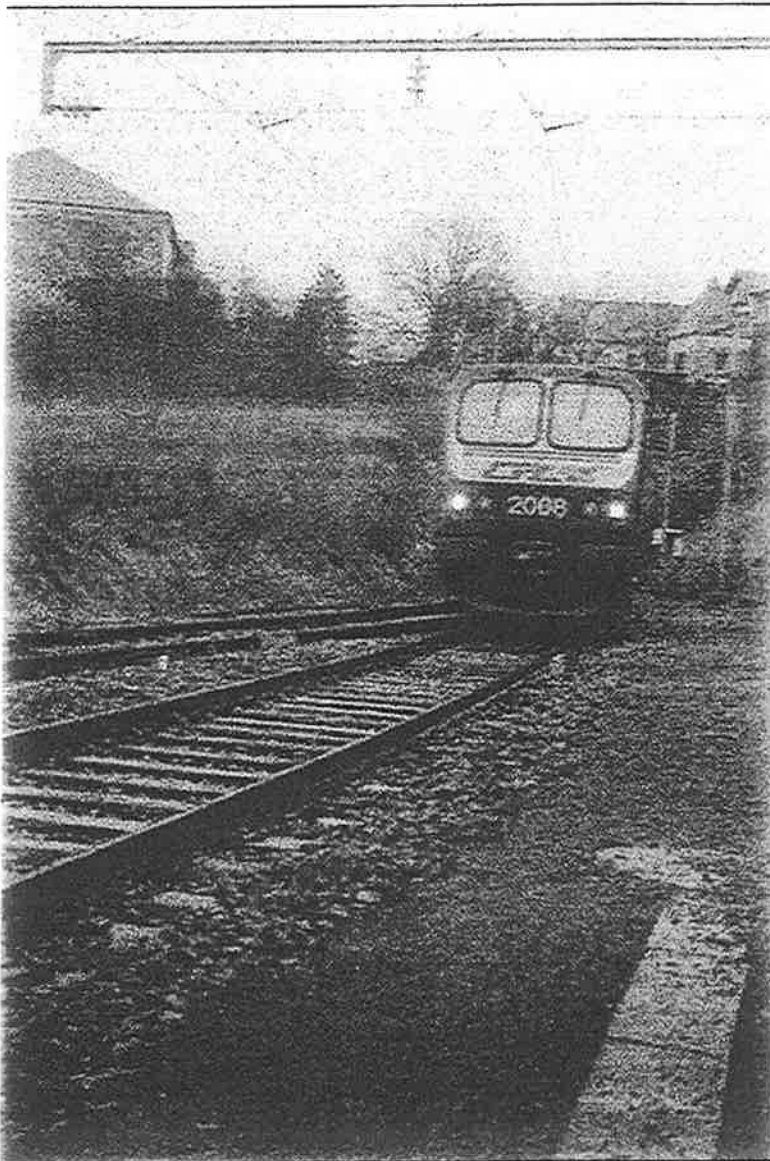


fig. 2, Treinstel-type 2000 bij binnenkomst in station Wiltz

2.1. HF-emissie bij handelingen in het materieel

Gedurende de halteringstijd op het station is van de mogelijkheid gebruik gemaakt om tijdens dit stationnement te meten aan de optredende E- en H-velden, gedurende:

- uitschakelen van de hoofdschakelaar in het materieel;
- laten zakken van de stroomafnemer;
- opzetten van de stroomafnemer;
- inschakelen van de hoofdschakelaar in het materieel.

Tijdens deze experimenten varieerde het door het materieel opgenomen vermogen.

2.2. Schakelen van onbelaste lijn

Een andere oorzaak van emissie door het spoorwegsysteem, is het ontstaan van lopende golven bij het verrichten van schakelhandelingen in het voedingssysteem. Rekening houdende met de dienstregeling op de lijn Kautenbach-Wiltz was het mogelijk om meerdere malen de baanvakvoeding, van "Sous-secteur Kautenbach-Wiltz" (groep 170/171), uit- en weer in te schakelen.

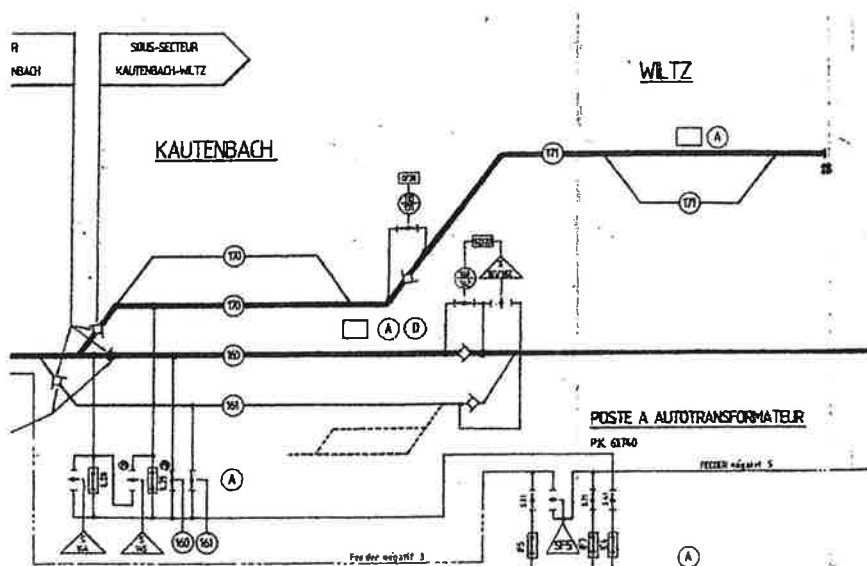


fig. 3. Schakelschema van Kautenbach-Wiltz voor inschakelmeting

3. Gebruikte meetopstellingen

De emissie veroorzaakt door de in hoofdstuk 2 genoemde experimenten is met behulp van twee onafhankelijke opstellingen gemeten. Hierbij werden in de opstelling van Holland Railconsult gegevens verzameld die van belang zijn, benodigd voor modelvorming rond de optredende emissie en in de opstelling van Lambda Engineering emissie-metingen conform EN 50121-2 uitgevoerd.

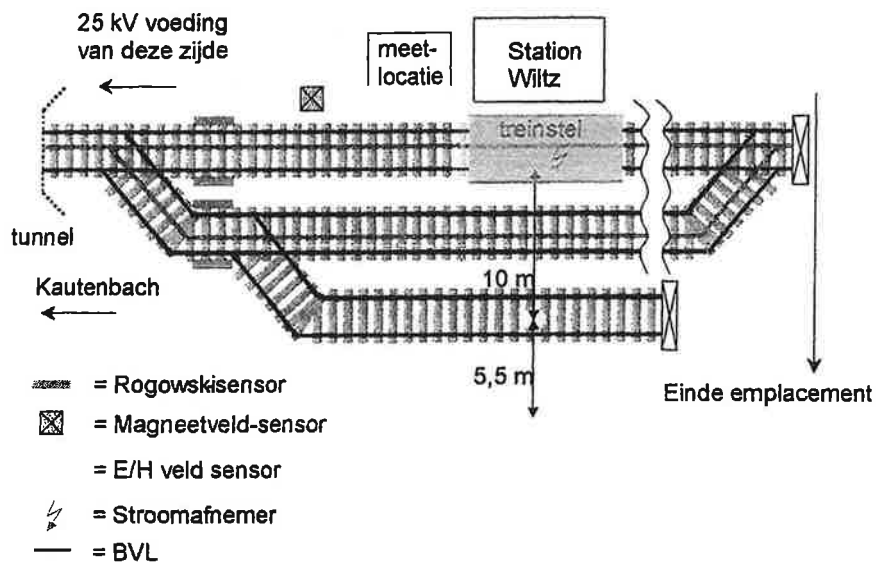


fig. 4, Overzicht sensoren en meetopstelling emplacement Wiltz

3.1. Hoogfrequent E&H-velden (meting Lambda Engineering)

Zoals reeds in voorgaande genoemd, zijn door Lambda Engineering emissie-metingen uitgevoerd conform EN 50121-2.

Gemeten zijn:

- H-veldmeting, tot 30 MHz;
- E-veldmeting vanaf 30 MHz;

Registratie middels oscilloscoop en spectrum analyzer.

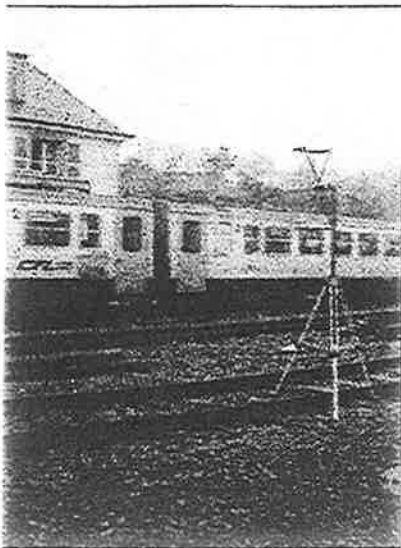


fig. 5, X-wing E-veld antenne

Het magneetveld is gemeten met behulp van een actieve loop antenne en het elektrisch veld met een Bilog (X-wing) antenne. Met behulp van deze antenne is het mogelijk het gehele frequentie-gebied 30 MHz – 1 GHz in één keer te meten (dit in tegenstelling tot de in de norm beschreven methode, waarbij het frequentiegebied 30 MHz – 300 MHz met een biconical antenne en het resterende gebied tot 1 GHz met een log-periodische antenne worden gemeten).

Zoals zichtbaar in figuur 5 zijn de antennes geplaatst in het meest rechter spoor uit figuur 1, op een afstand van 10 meter tot de dichtstbijzijnde spoorstaaf van het perronspoor. De hoogte van het geometrisch midden van de H-veld antenne bedroeg 1.5 m+BS en van de E-veld antenne 2.7 m+BS.

4. Meetresultaten

In dit hoofdstuk is per meetopstelling een overzicht gegeven van de gemeten grootheden met een korte analyse ten aanzien van de meetresultaten.

4.1. HF-emissie

Door Lambda Engineering zijn de volgende emissie-metingen verricht:

- H-veld (5 spectra);
- E-veld verticaal (2 spectra);
- E-veld horizontaal (1 spectrum);
- Ambient E-veld verticaal (2 spectra);
- Ambient E-veld horizontaal (2 spectra).

Hiervan lenen de H-veld- en de verticale E-veld-metingen zich voor statistische verwerking, conform het 80/80-criterium uit de EN 50121-2. In onderstaande 2 figuren zijn de resultaten van deze analyse weergegeven¹.

¹ Voor een nadere toelichting op de presentatie van de H-veld metingen en de 80/80-waarden wordt verwezen naar de rapportage "E&H Veldmetingen; Spanningssluis Halle – Eerste uitwerking" [2].

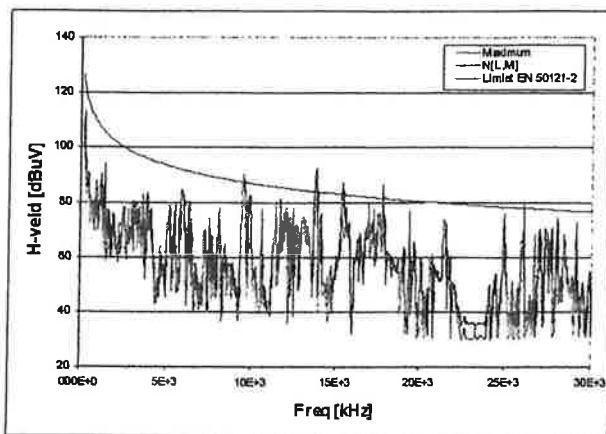


fig. 6, H-veld metingen statistisch verwerkt

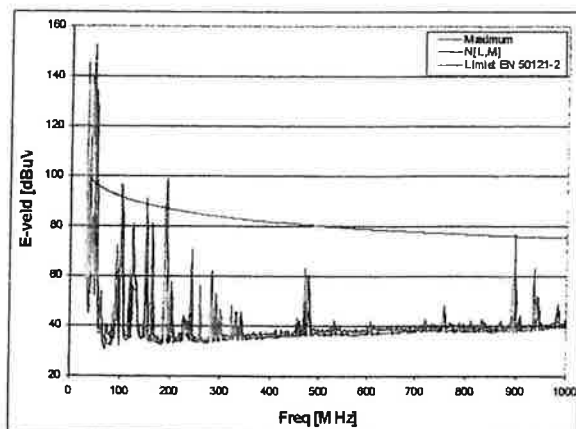


fig. 7, E-veld metingen statistisch verwerkt

De hierbij behorende limiet overschrijdingen zijn onderstaand voor de duidelijkheid nog eens weergegeven.

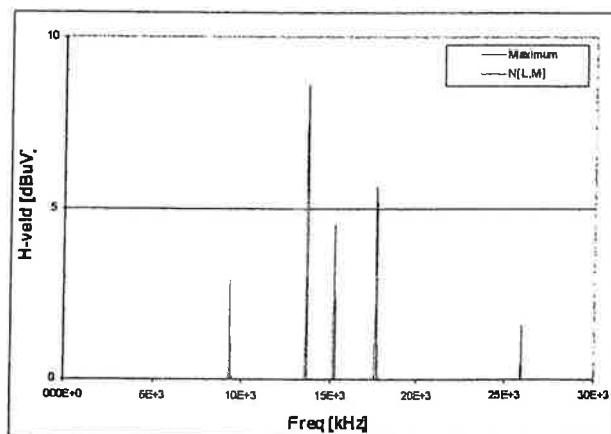


fig. 8, overschrijding limiet H-veld

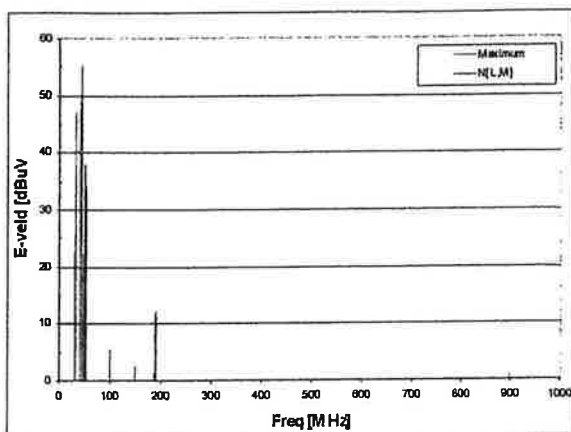


fig. 9, overschrijding limiet E-veld

Uitwerking van de ambient waarden voor het verticale E-veld geeft de volgende figuren.

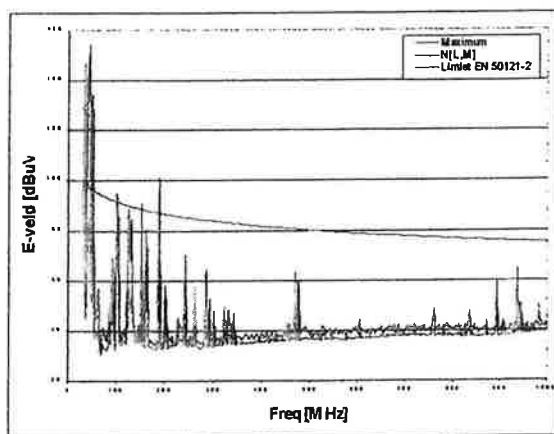


fig. 10, ambient E-veld statistisch verwerkt

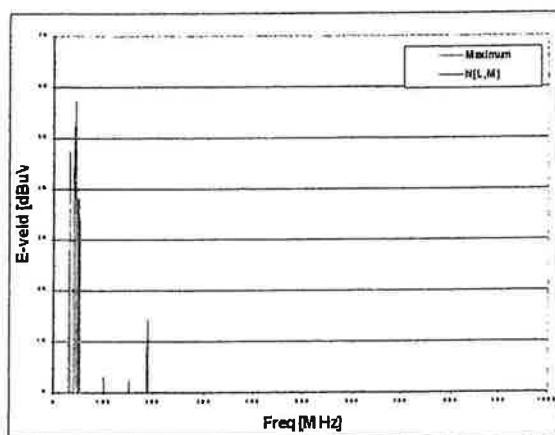


fig. 11, ambient overschrijding limiet E-veld

Vergelijking van de ambient metingen met de gemeten emissie-waarden tijdens de experimenten leidt tot de gevolgtrekking dat met name bronnen uit de omgeving (zenders in het FM-gebied), die hogere signaal sterkten hebben dan die veroorzaakt door de experimenten, verantwoordelijk zijn voor de waargenomen overschrijdingen van de limiet door het verticale E-veld.

5. Discussie

In de gemeten emissie-spectra tot 30 MHz zijn tijdens de experimenten slechts geringe, < 10 dB, overschrijdingen van de door de EN 50121-2 gestelde limieten waargenomen. Hier wordt echter wel de meeste emissie ten gevolge van de schakelhandelingen waargenomen. Voor de hogere frequenties, 30 MHz – 1 GHz, zijn geen overschrijdingen van de limieten waargenomen ten gevolge van de transiënten. Wel zijn duidelijke overschrijdingen van de limieten waargenomen ten gevolge van aanwezige omroep-/telecomzenders.

6. Conclusies

In de door Lambda Engineering verzamelde meetdata, conform EN 50121-2 gemeten, worden slechts geringe overschrijdingen van de limietwaarden geconstateerd.

De waargenomen overschrijdingen van ca. 55 dB, in het frequentie-gebied 30 MHz – 1 GHz, zijn toe te schrijven aan omroep-/telecomzenders.

7. Referenties

1. prEN 50121-2, Railway applications - Electromagnetic compatibility, Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world, September 1997.
2. Smulders, H.; Alphen, G. van; E&H Veldmetingen Spanningssluis Halle – Eerste uitwerking, Holland Railconsult, kenmerk AR/HS/99000076, 3 januari 2000.

Colofon

Opdrachtgever Projektorganisatie HSL-Zuid
 ir. H.J. Lobeek

Uitgave Holland Railconsult

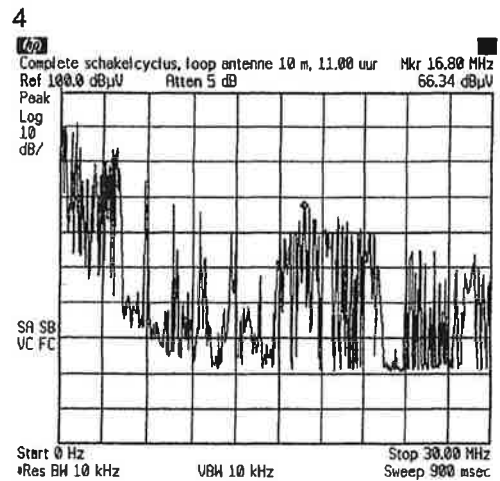
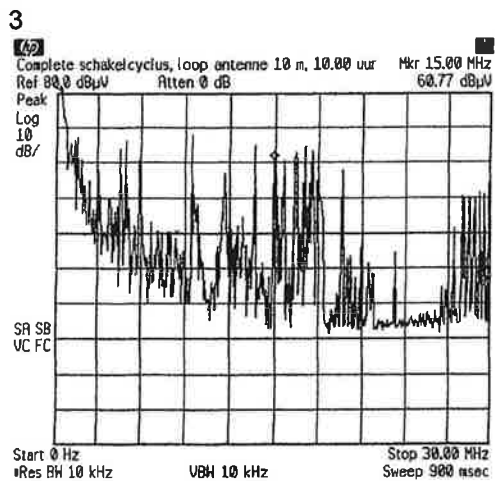
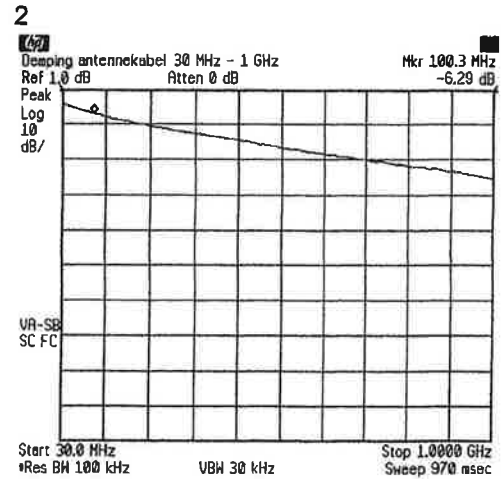
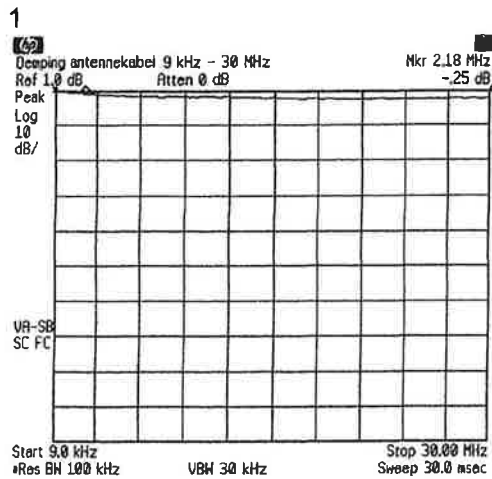
Divisie Grote Projecten - Railtechniek
Daalseplein 101
Postbus 2855
3500 GW Utrecht
Telefoon 030 - 265 3762
Telefax 030 - 265 3761

Auteur ir. G. van Alphen, ir. H.W.M. Smulders.

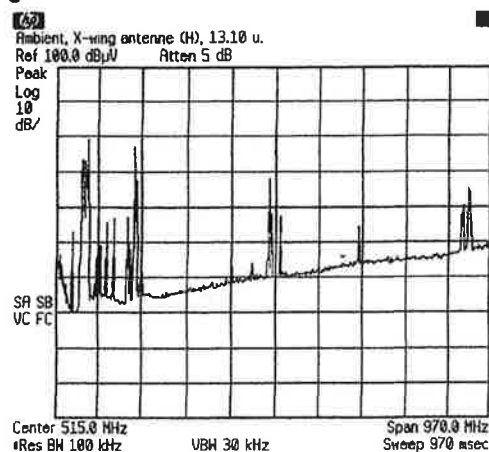
Review ing. C.F. Post

Projectnummer 4823MK1

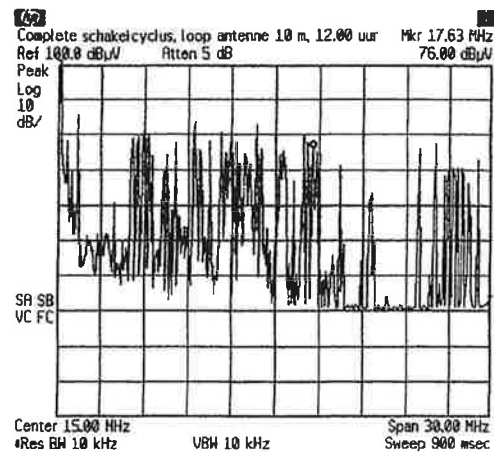
De weergegeven spectra zijn een directe representatie van de metingen. De benodigde antenne-correctie voor de E-veld metingen heeft achteraf plaatsgevonden en is als zodanig nog niet in de afbeeldingen in deze bijlage meegenomen.



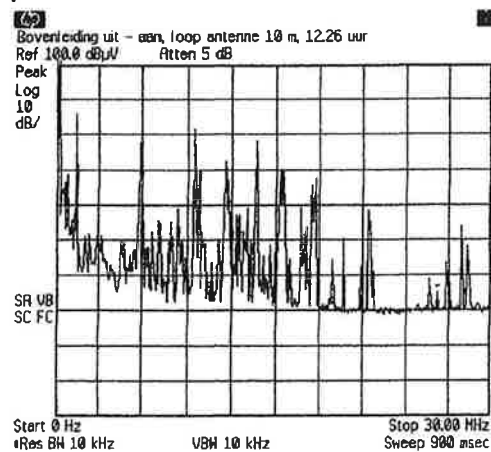
5



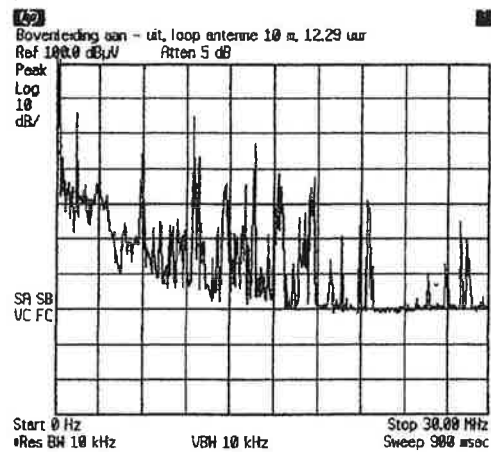
6



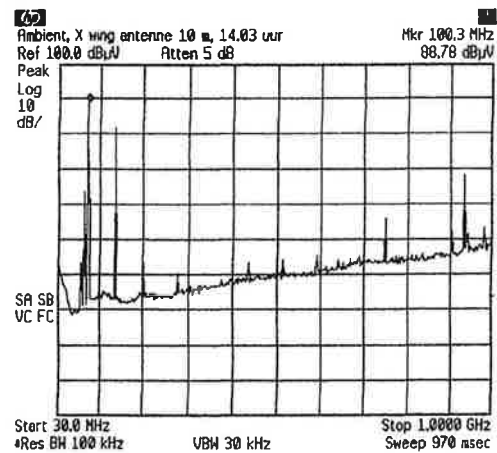
7



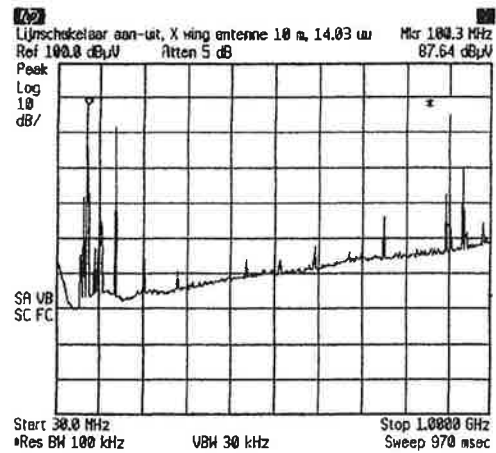
8



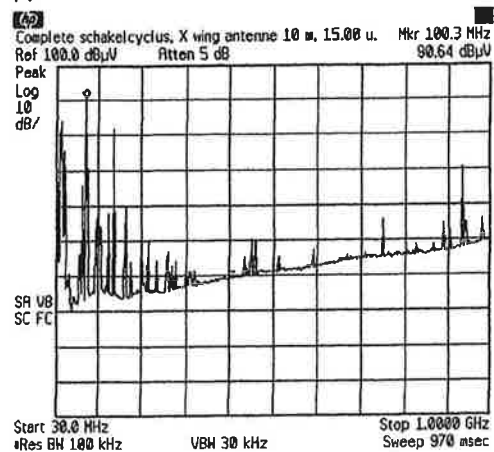
9



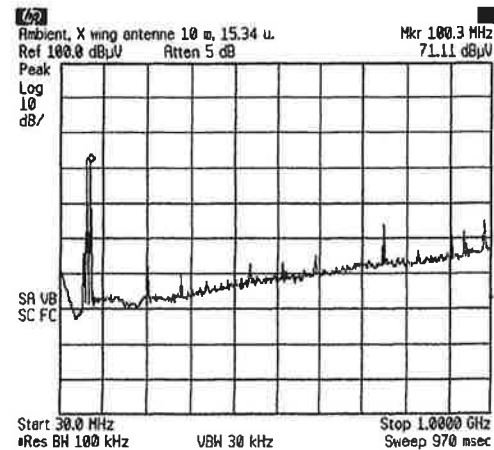
10



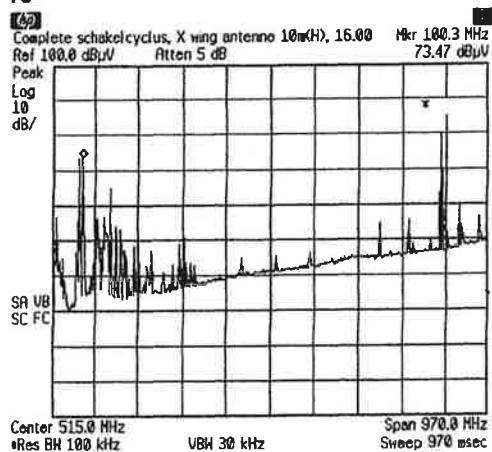
11



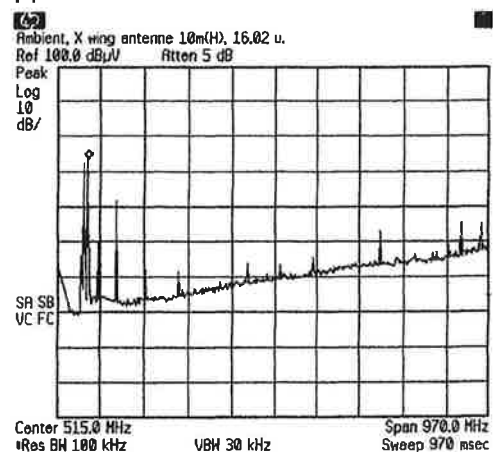
12



13



14



141-1130
tab 12

EMC-analyse HSL-Zuid

ING Wilgenplas

uitgangspunten & analyse

Datum	26 februari 1999
Ons kenmerk	RVT0019B
Bestand	rvt0019b.doc
Opsteller	G. van Alphen
Status	versie 1.0
Fase	-
Gecontroleerd	F.P. Schoren, H.W.M. Smulders
Goedgekeurd	A.H. Beinema
Geautoriseerd	S.J.H. Koedijk

Projectorganisatie
Hogesnelheidslijn-Zuid
Postadres:
Postbus 43
3500 AA Utrecht
Bezoekadres:
Catharijnesingel 33
Utrecht
Tel 030 - 272 84 00
Fax 030 - 272 84 44

Revisies

<u>datum</u>	<u>status</u>	<u>wijzigingen</u>
03-02-1999	concept	<i>uitgave ten behoeve van discussie met KEMA (rvt0019a)</i>
26-02-1999	versie 1.0	<i>uitgave voor verstrekking aan ING en discussie met KEMA (rvt0019b)</i>

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Situatie-schets	5
2.1	Tracé	5
2.2	Tractie-voeding	5
2.3	Aarding tunnelbak	6
2.4	Materieel kenmerken	6
3	Electromagnetische compatibiliteit	8
4	Analyse	9
4.1	Radio-frequenties	9
4.2	50 Hz	10
5	Conclusies en aanbevelingen	12
6	Literatuur	13
Bijlage 1	Tracé tekening locatie ING rekencentrum	14

1 Inleiding

De aanleg van de Hogesnelheidslijn-Zuid door het dichtbebouwde gebied ten noorden van Rotterdam leidt tot de noodzaak om onderzoek te verrichten naar de invloed van de komst van de HSL op de omgeving. Eén van de aspecten hierbij is de emissie van elektromagnetische velden. In deze rapportage spitst de aandacht zich toe op het te verwachten emissie-niveau ter plaatse van het ING Postbank rekencentrum Wilgenplas.

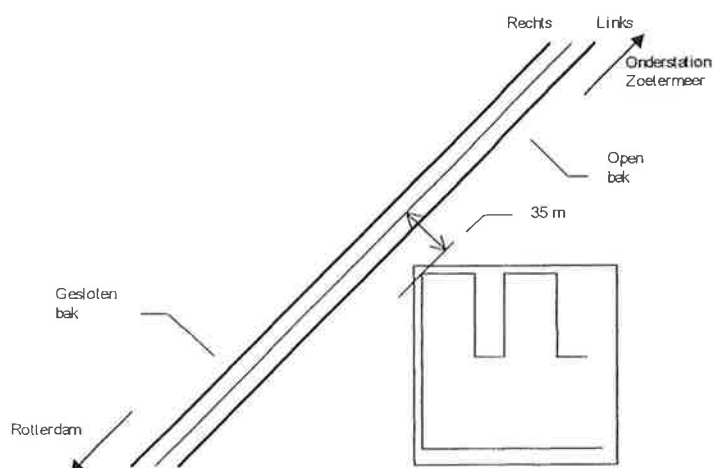
Met behulp van dit emissie-niveau wordt vervolgens, ondermeer aan de hand van Europese regelgeving, een uitspraak gedaan met betrekking tot het al dan niet bereiken van EMC ter plaatse van het ING rekencentrum.

2 Situatie-schets

Aan de noordzijde van Rotterdam komt het geplande tracé van de HSL-Zuid dicht langs het bestaande rekencentrum Wilgenplas van ING Postbank (zie ook Bijlage 1). In dit hoofdstuk wordt de situatie ter plaatse van het rekencentrum zo veel mogelijk gekarakteriseerd.

2.1 Tracé

De tunnelbak ten noorden van Rotterdam is aan de oostzijde van het ING rekencentrum Wilgenplas geprojecteerd. Ter hoogte van het rekencentrum gaat deze over van een open bak (noordzijde) in een gesloten tunnel (zuidzijde).



Figuur 1, Situatie schets ligging HSL t.o.v. ING Rekencentrum.

De tunnelbak bij het ING rekencentrum Wilgenplas vormt de zuidelijke begrenzing van het hogesnelheidstracé tussen Amsterdam en Rotterdam. Dit betekent dat zuidelijk van het rekencentrum een overgang tussen het hogesnelheidsdeel en de bestaande railinfrastructuur plaats zal gaan vinden. Dit betekent dat ter plaatse van het rekencentrum de snelheden beduidend onder de 300 km/h zullen komen te liggen. Uit de geraadpleegde documentatie [12], [13] kan opgemaakt worden dat de te verwachten snelheden voor beide rijrichtingen onder de 200 km/h zullen liggen (zie ook Tabel 1).

Tabel 1, snelheden per rijrichting ter hoogte van Wilgenplas.

Richting	Snelheid
Hfd -> Rtd	160 – 200 km/h
Rtd -> Hfd	140 – 160 km/h

2.2 Tractie-voeding

Het tracé van de Hogesnelheidslijn Zuid maakt ter plaatse van het rekencentrum Wilgenplas deel uit van het voedingsgebied van onderstation Zoetermeer. De energievoorziening ter plaatse van het rekencentrum bevindt zich in een zogenaamde RT-staart van het systeem. Dit betekent dat de voeding naar de trein enkelzijdig en per spoor plaats zal vinden. Dit RT-systeem eindigt zuidelijk van het rekencentrum in de tunnel bij de spanningssluis naar het 1500 Volt verzorgingsgebied rond Rotterdam CS.

De genoemde uurdiensten vormen bij benadering een kwartierdienst tussen Amsterdam CS en Rotterdam CS.

Aangenomen mag worden dat de HST-lijnvoeringen met treinstellen van het type TGV-PBKA, bestaande uit maximaal 2 stellen, zullen worden bediend. Medegebruik zal naar verwachting plaatsvinden door getrokken eenheden, bestaande uit één lok en maximaal 12 rijtuigen.

- Voor de analyses met betrekking tot de 50 Hz magnetische velden, betekent dit dat als worst-case ten aanzien van de optredende tractie-stroom uitgegaan mag worden van een dubbelstel TGV-PBKA ($I_{\text{tractie}} \leq 1 \text{ kA}$) [15].

3 Electromagnetische compatibiliteit

Dit hoofdstuk beoogt enige toelichting te geven op de definities van EMC:

- immuniteitslimiet;
- emissielimiet,

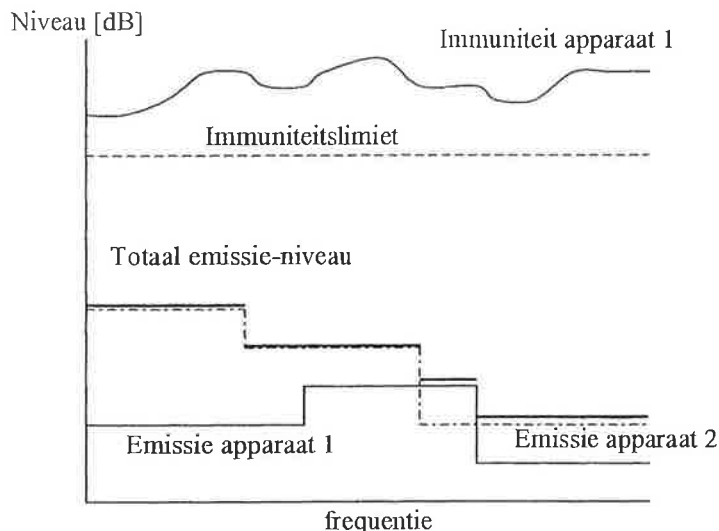
alsmede emissie door externe bronnen en de invloed op het bereiken van EMC.

Als eerste is het nuttig om vast te stellen wat onder EMC verstaan wordt. Eén definitie wordt gegeven door Goedbloed [9]:

"EMC is het vermogen van een device, apparaat of systeem om in zijn elektromagnetisch milieu bevredigend te kunnen functioneren, zonder zelf ontoelaatbare stoorsignalen voor iets in dat milieu toe te voegen."

EMC is feitelijk het in harmonie naast elkaar kunnen functioneren van verschillende systemen. Dit betekent bevredigend functioneren, dus eisen aan de ongevoeligheid van apparatuur voor elektromagnetische signalen van anderen. In de normgeving worden hiervoor immuniteitslimieten gegeven.

Daarnaast betekent dit ook geen ontoelaatbare stoorsignalen toevoegen aan de omgeving. Hetgeen in de normgeving in emissielimieten voor individuele apparaten of systemen wordt vastgelegd.



Figuur 4, Onderling verband tussen immuniteit en emissie.

In de normgeving is voor individuele apparaten de immuniteitslimiet gegeven. De laagste waarde in een omgeving bepaalt de minimale immuniteitslimiet. Om in een elektromagnetisch milieu een bevredigend emissie-niveau te kunnen bereiken, waarbij eveneens marge aanwezig is voor externe stoorsignalen, wordt aan de emissie van de individuele apparaten een limiet gesteld. Deze emissie van de individuele apparaten kan optellen tot maximaal $\text{limiet}(\text{dB}) + 20 \log N$ als alle stoorsignalen van gelijksoortige apparaten in fase zijn. De emissie van alle bronnen zal bij elkaar optellen, maar bij voldoende marge tot de immuniteitslimiet hoeft dit niet tot verstoring van het functioneren van de aanwezige apparatuur te leiden.

4 Analyse

In dit hoofdstuk wordt een analyse gemaakt met betrekking tot het te verwachten emissie-niveau in het rekencentrum, ten gevolge van het treinverkeer op de HSL-Zuid. Met behulp van dit emissie-niveau en de immuniteitsgegevens van de apparatuur wordt vervolgens een uitspraak gedaan of EMC bereikt kan worden.

In deze analyse wordt een onderscheid gemaakt tussen emissie op radio-frequenties en 50 Hz magnetische velden.

4.1 Radio-frequenties

- **Spoorweg emissie**

De maximaal te verwachten elektromagnetische veldemissie door de tractie-energievoorziening van de Hogesnelheidslijn-Zuid wordt gekwantificeerd in de Europese voornorm NVN-ENV 50121-2 [7]. Deze Europese voornorm geeft voor het frequentiegebied 9 kHz tot 1 GHz een drietal frequentiegebieden, waarvoor emissie limietwaarden (80/80 peak) gedefinieerd zijn (zie Tabel 2). Deze waarden zijn gegeven voor een afstand van 10 meter ten opzichte van het hart van het belendende spoor. De statistische waarde 80/80 is gedefinieerd als "the value which would not be exceeded on 80% of train passages, with a certainty of 80%".

Tabel 2, spoorweg emissielimieten volgens NVN-ENV 50121-2.

Frequentieband	Emissielimiet
9 – 150 kHz	70 - 40 dB μ A/m
0.15 – 30 MHz	75 - 25 dB μ A/m
30 – 1000 MHz	100 - 75 dB μ V/m

Om het emissie-niveau ter plaatse van het rekencentrum af te kunnen schatten, dienen deze waarden omgerekend te worden naar de afstand van het rekencentrum ten opzichte van het hart van het belendende spoor. Deze afstand mag gesteld worden op ca. 30 meter (zie Figuur 1). Omrekenen van de emissie-waarden conform NVN-ENV 50121-2 geeft Tabel 3. Tot 150 kHz is hierbij een correctiefactor van 15 dB gehanteerd en voor de hogere frequenties 10 dB, e.e.a. conform de omrekeningsfactoren gegeven in NVN-ENV 50121-2.

Tabel 3, voor afstand gecorrigeerde spoorweg emissielimieten.

Frequentieband	Emissielimiet
9 – 150 kHz	55 - 25 dB μ A/m
0.15 – 30 MHz	65 - 15 dB μ A/m
30 – 1000 MHz	90 - 65 dB μ V/m

- **Immuniteit rekencentrum**

Voor de apparatuur in het ING rekencentrum kan de Europese norm NEN-EN 50082-1 [8] gehanteerd worden voor het vaststellen van de toe te passen immuniteitswaarden [5]. Met betrekking tot radio-frequenties geeft deze norm voor het frequentiegebied van 27 – 500 MHz een limiet van 129 dB μ V/m (= 3 V/m).

- **Compatibiliteit**

Vergelijken van de te verwachten HSL emissie-waarden met de ING immuniteitslimiet geeft een marge van ca. 40 dB (factor 100). Bij een dergelijke marge is de kans op verstoring gering.

Met betrekking tot eventuele demping van externe emissie door het rekencentrumgebouw is door KEMA aangegeven dat voor het beschouwde frequentiebereik met 22 dB gerekend mag worden [6]. Dit vergroot nog eens de marge ten opzichte van de immuniteitslimiet.

In deze analyse is het feit genegeerd dat de HSL-Zuid ter plaatse van het ING rekencentrum een verdiepte ligging kent. De NVN-ENV 50121-2 geeft emissie-waarden voor ligging van het spoor op maaiveld-niveau. Het werkelijke emissie-niveau zal ten gevolge van de dempende werking van de tunnelbak-constructie en het omliggende aardrijk lager zijn dan de waarden vermeld in de NVN-ENV 50121-2.

Conclusie:

Het emissie-niveau veroorzaakt door de HSL-Zuid blijft 40 tot 60 dB onder de minimale immuniteitslimiet. Er is dus sprake van het bereiken van EMC.

N.B. Tijdens de nulmeting d.d. 18 augustus 1998 is door KEMA vastgesteld wat de huidige veldsterkten binnen het rekencentrum zijn [3]. Daarbij is vastgesteld dat in het huidige veldsterktebeeld in het frequentiegebied van 30 – 1000 MHz piek-waarden tot 70 dB μ V/m aanwezig zijn. Zoals reeds vermeld geldt voor de apparatuur in het rekencentrum een immuniteitslimiet van 129 dB μ V/m. In de huidige situatie is dus sprake van het aanwezig zijn van EMC bij een marge van ca. 60 dB. Dit komt overeen met de te verwachten marge bij de te verwachten veldsterkte ten gevolge van de HSL-Zuid.

4.2 50 Hz

- **Spoorweg veldsterkte**

In juni 1998 is door Holland Railconsult reeds een eerste ruwe afschatting gemaakt van het te verwachten 50 Hz magnetische emissie-niveau [4]. Uitgaande van een RT-configuratie met BS op 10 meter onder het maaiveld-niveau (zie Figuur 3), zal de maximale veldsterkte de 3 μ T (= 128 dB μ A/m (komt overeen met 2.4 A/m)) niet overschrijden. Deze afschatting is door KEMA gecontroleerd en akkoord bevonden [14].

In voornoemde eerste afschatting is echter de in paragraaf 2.1 genoemde snelheidsbeperking nog niet meegenomen en met name de daarmee samenhangende praktijk situatie. Uitgaande van een normale bedrijfsvoeringssituatie zal op het spoor aan de zijde van het rekencentrum maximaal een tractie-stroom van 1 kA gevraagd kunnen worden. Dit resulteert in een maximale veldsterkte van 124 dB μ A/m (= 2 μ T (komt overeen met 1.6 A/m)). Daarnaast zal tevens slechts een gering deel van de tractie-retourstroom via de grond lopen. Dit betekent eveneens een verlaging, t.o.v. eerder genoemde afschatting [4], van het te verwachten emissie-niveau bij een 50 Hz stroom van 1 kA (geen stroom via bodem: veldsterkte maximaal 122 dB μ A/m (= 1.5 μ T (komt overeen met 1.2 A/m))).

- **Immunititeit rekencentrum**

In EN 50082-1 wordt als informatieve limiet 3 A/m (= 129 dBμA/m) voor 50 Hz magnetische velden gegeven. Deze waarde is alleen relevant voor apparatuur die gevoelig kan zijn voor laagfrequente velden. Voor beeldschermen geldt echter dat, afhankelijk van de grootte en constructie, beeldtrillingen kunnen gaan optreden bij veldsterkten die liggen tussen de 1 en 10 μT (komt overeen met 0.8 tot 8.0 A/m).

- **Compatibiliteit**

De kans dat magnetische velden van deze frequentie en sterkte computer-apparatuur kunnen verstoren, mag verwaarloosbaar worden geacht.

Voorbeeld

$$B = 3 \mu T; Opp. = 1 m^2.$$

$$U_{inductie} = 2\pi f \cdot A \cdot B = 314 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \approx 1 mV$$

De geïnduceerde spanning, zelfs bij dit extreem grote oppervlak, is zeer klein t.o.v. de spanningsniveau's in computercircuits.

Voor beeldschermen in de hoek van de computerzaal aan de zijde van de HSL-Zuid, waarvan ter plaatse in het rekencentrum geconstateerd is dat slechts een beperkt aantal kleine beeldschermen aanwezig is, blijft de kans op trillen aanwezig. Indien hiertoe aanleiding bestaat, dan zijn effectieve maatregelen mogelijk om de trillingshinder te beperken.

Conclusie:

De komst van de HSL-Zuid zal geen gevolgen hebben voor de ongestoorde werking van de apparatuur in het ING Postbank rekencentrum, ook niet ten gevolge van laagfrequente magneetvelden.

De enige uitzondering vormen beeldschermen in de hoek van de computerzaal waarvoor kans op trillen aanwezig is. Hiervoor zijn echter maatregelen beschikbaar.

N.B. De marge voor 50 Hz magnetische velden lijkt veel kleiner dan die voor de HF velden. De 50 Hz velden zijn echter veel nauwkeuriger voorspelbaar, zodat minder marge noodzakelijk is.

5 Conclusies en aanbevelingen

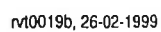
Uit voorgaande analyse kan worden geconcludeerd worden dat, met uitzondering van beeldschermen in de computerruimte grenzend aan het HSL-tracé, een ongestoord functioneren van de apparatuur in het ING Postbank rekencentrum Wilgenplas mag worden verwacht.

Voor beeldschermen in de computerruimte geldt dat de kans op trillingshinder aanwezig is. Indien noodzakelijk zijn maatregelen beschikbaar om deze eventuele trillingshinder te verminderen.

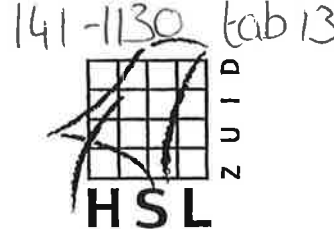
6 Literatuur

- [1] Wolzak, G.G.; Elektromagnetische beïnvloeding – ING Wilgenplas, HSL-Zuid, 10 december 1997.
- [2] Post, C.F.; Nulmeting ELF magnetisch veld ING computercentrum Wilgenplas te Rotterdam, Lambda Engineering, 7 september 1998.
- [3] Damen, A.C.A.M.; Electromagnetische veldsterkte metingen in en bij het ING computercentrum Wilgenplas, KEMA, 1 oktober 1998.
- [4] Alphen, G. van; Veldberekening t.b.v. ING-overleg d.d. 980618, Holland Railconsult, 16 juni 1998.
- [5] ING Informatie Technologie Centrum, Rapport inzake het onderzoek naar de invloed van de HSL op de apparatuur van het rekencentrum Wilgenplas, Tweede uitgebreide uitgave, KPMG EDP Auditors, 5 augustus 1997.
- [6] Damen, A.C.A.M.; Tap, G.E.; Inventarisatie veldsterkte bij 'Wilgenplas' ten gevolge van de Hoge Snelheids Lijn, KEMA, 4 december 1998.
- [7] NVN-ENV 50121-2, Railtoepassingen, Elektromagnetische compatibiliteit, Deel 2: Emissie van het gehele railsysteem naar buiten, februari 1996.
- [8] NEN-EN 50082-1, Elektromagnetisch compatibiliteit, Algemene immuniteitsnorm, Deel 1: Huishoudelijke, handels- en licht-industriële omgeving, september 1993.
- [9] Goedbloed, J.J.; Elektromagnetische compatibiliteit – Analyse en onderdrukking van stoorproblemen, Kluwer Techniek, Deventer, 1996.
- [10] Hendriks, P.J.C.; HSL-Zuid – Exploitatieve uitgangspunten, RailNed, 22 oktober 1997.
- [11] Velgersdijk, H.; Systeemspecificatie Aarding – deelsysteem tunnels (versie 1.0), Holland Railconsult, 2 oktober 1998.
- [12] Tekening B 000 901 001 C - 981008
- [13] Tekening B 000 903 001 B - 981012
- [14] Tap, G.E.; Brief "EMC ITC Wilgenplas", KEMA, 8 juli 1998.
- [15] Klerk, M.E.R. de; Uitgangspuntenrapport – Ten behoeve van berekeningen voor het tractie-energiesysteem Rotterdam - Antwerpen, HSL-Zuid, 17 september 1998.

C v07 312 802 A - 980325



Nota



Aan ing. A. Morren (ING), ir. G.E. Tap (KEMA)

Onderwerp Zwerfstromen en GSM-Rail

Beschouwing 50Hz zwerfstromen bij ING Rekencentrum Wilgenplas

In verband met de aanleg van de HogeSnelheidslijn-Zuid (HSL-Zuid) in de nabijheid van Rekencentrum Wilgenplas (RCWP) van de ING-bank is de vraag gerezen of er problemen te verwachten zijn die samenhangen met zwerfstromen. Dit document geeft de mening van HSL-Zuid weer.

Onder zwerfstromen wordt verstaan: dat gedeelte van de tractieretourstromen dat buiten de daarvoor bedoelde geleiders en constructies, via galvanische koppeling, zijn weg terugvindt naar de voedingsbron. Met andere woorden, dit is de stroom die 'uittreedt' uit het spoorwegsysteem.

Ter hoogte van RCWP in Rotterdam zullen weinig 50Hz zwerfstromen optreden en er zullen geen nadelige effecten ontstaan bij RCWP. Als redenen kunnen we hiervoor aanvoeren:

- De spoorbaan ligt in een tunnelbak en ter plaatse worden er geen verbindingen gemaakt met 'moeder aarde'. Alle geleiders bevinden zich in de tunnelbak of in het beton van de tunnelbak (spoorstaven, lineaire aardkabels, equipotentiaalleidingen, betonwapening). De enige galvanische verbinding naar aarde is via de wapening en daarna door het beton heen. Van deze verbinding kunnen we vermelden dat de HSL-Zuid er zelf een groot belang in heeft dat deze verbinding zo weinig mogelijk stroom voert. Het corrosie-effect door stroomuittreding bij de wapening heeft een negatief effect op de levensduur van de tunnel.
- Omdat het HSL-tracé ter plaatse van RCWP in de buurt van de Hofpleinlijn (die geëlektrificeerd is met 1500 Volt DC) loopt is het voor de HSL-Zuid noodzaak om een galvanische koppeling tussen het HSL-Zuid systeem en de nabij gelegen 1500 Volt DC tractie-energievoorziening tegen te gaan, vanwege het behoud van de eigen systemen.
- In vergelijking met de 1500 Volt situatie zijn er aanmerkelijke verschillen: er zijn bij de HSL veel meer geleiders beschikbaar dan bij een standaard 1500

Datum

14 januari 2000

Ons kenmerk

Uw kenmerk

Contactpersoon

Bart de Vet

Doorkiesnummer

030 2728653

E-mail

bart.de.vet@HSL-
zuid.com

Projectorganisatie

Hogesnelheidslijn-Zuid

Projectbureau Railsystemen

Postadres:

Postbus 43

3500 AA Utrecht

Bezoekadres:

Catharijnesingel 33

3511 GC Utrecht

Tel 030 - 272 84 00

Fax 030 - 272 84 44

Dirven

14-01-00 16:56

H:\data\projekten\EMC HSL -
ING\0006.doc

Volt systeem waar alleen de spoorstaven het retourcircuit vormen. Een ander belangrijk aspect is dat de corrosie-effecten bij 50Hz zwerfstromen, bij verder identieke omstandigheden, een factor 100 lager liggen dan de corrosie-effecten bij gelijkstroom.

- De situatie bij RCWP is zodanig dat er slechts gedurende korte momenten een stroom in de HSL zal lopen. RCWP ligt bij een zogenaamde RT-uitloper van het voedingssysteem van de HSL, zodat er alleen 50Hz zwerfstromen kunnen ontstaan als er een stroomvoerende trein zit tussen RCWP en de spanningssluis die iets ten zuiden van RCWP ligt.

Beschouwing invloed van GSM-Rail bij ING Rekencentrum Wilgenplas

GSM-Rail, de toekomstige GSM-toepassing voor spoorwegcommunicatie, is vergelijkbaar met de "gewone" GSM-systemen. GSM-R krijgt een eigen frequentieband¹ maar de vermogens zullen vergelijkbaar zijn met GSM.

De toekomstige situatie is volledig te vergelijken met de bestaande situatie: naast de bestaande GSM netwerken komt er één bij voor spoorwegen. We mogen aannemen dat RCWP nu reeds immuun is voor de GSM frequenties, dus GSM-R zal geen verstoring veroorzaken.

Datum

14 januari 2000

Kenmerk

Blad

2/2

¹ frequentieband GSM-R: 876 - 880MHz en 921 - 925MHz

141-1130 tab 14
EMC FRIBOURG SA

CH-1728 Rossens / Suisse

Tél. 037 / 31 31 51

Fax 037 / 31 31 80

MESSUNG DER IN DER J.H. SCHRODER-BANK DURCH
DIE S-BAHN IM HIRSCHENGABENTUNNEL VERUR-
SACHTEN ELEKTROMAGNETISCHEN BEEINFLUSSUNGEN

Kunde : SCHWEIZERISCHE BUNDESBAHNEN
Ort : Zürich
Datum : Januar 1990
Auftrag : 89-834

MESSUNG DER IN DER J. H. SCHRODER-BANK DURCH DIE S-BAHN
VERURSACHTEN ELEKTROMAGNETISCHEN BEEINFLUSSUNGEN

1. EINLEITUNG

Im Auftrag der eidgenössischen Schätzungskommission, Kreis 10, hat die EMC FRIBOURG SA (Bericht zu Ent.-Verf. 74, Ent.-Nr. 19 und 19a; Zürcher S-Bahn) 1985 in der Enteignungssache SBB-Schweizerische Bundesbahnen, Kreis III, Enteignerinnen, gegen

1. Immobilien Paradeplatz Zürich AG, vertreten durch RA
Dr. N. Ehrat
2. J. Henry Schroder Bank AG vertreten durch die ATAG
(Rechtsabteilung RA Wüthrich)

betreffend Bau der Zürcher S-Bahn, ein Expertengutachten erstellt.

Die wesentlichen Punkte dieses Gutachtens betrafen die im Zusammenhang mit dem Bau und dem Betrieb der S-Bahn (unter dem Zéntral), im Bereich der Enteigneten, zu erwartenden Einflüsse bezüglich Lärm, Erschütterung und elektromagnetischen Störungen zu überprüfen.

Die SBB hat nun beschlossen, nach dem Bau und vor der Inbetriebnahme der S-Bahn eine Reihe von Versuchen vorzunehmen, um dabei die erzeugten elektromagnetischen Interferenzen im Gebäude der J. Henri Schroder Bank AG, am Zéntral 2, zu messen.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse dieser Kontrollmessungen zusammen, die in den Nächten vom 17. auf den 18. Januar 1990 und vom 18. auf den 19. Januar 1990 durchgeführt wurden.

2. ANWESENDE PERSONEN

EMC FRIBOURG SA : Herren Sauvain, Daout, Roulin

3. VERWENDETE MESSGERAETE

Siehe Beilage 1

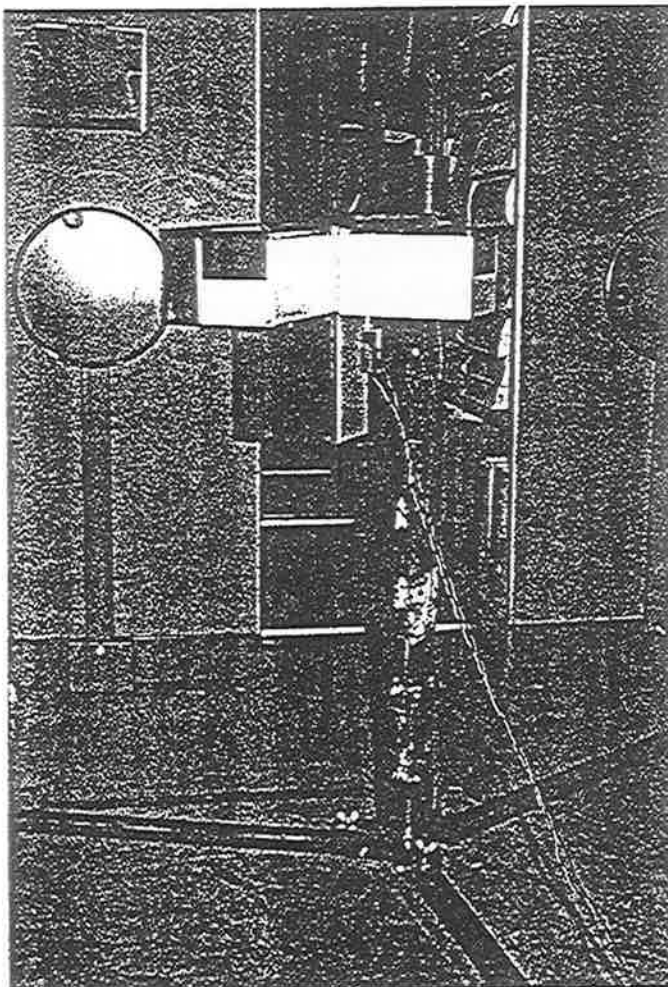
4. VERSUCHSPROGRAMM

Siehe Beilagen 2a bis 2c

Die Beilagen 2d und 2e zeigen das Prinzipschema der Bahnstromverteilung in den Bereichen Museumstrasse bis Neugut mit dem dazwischenliegenden Hirschengrabentunnel.

5. MESSRESULTATE

5.1. Niederfrequentes Magnetfeld



Figur 1 Sensor für die Messung des niederfrequenten Magnetfeldes

Die horizontale und die vertikale Komponente des Magnetfeldes ($16 \frac{2}{3}$ Hz) werden in der senkrechten Ebene zu den Schienen mittels geeichten Sensoren gemessen. Die Sensoren sind 1 m über dem Boden platziert. Die Messbandbreite beträgt 0,1 bis 100 Hz.

Gemessen wurde im 3. UG (siehe Beilage 3) sowie im Gang des 2. OG, wo die wichtigsten Bildschirme untergebracht sind und sich am nächsten von der Bahnleitung befinden. Die Tabelle 1 gibt die zu den verschiedenen Versuchen gemessenen Feldstärken. Es wurden dabei weder die Bildschirme des 2. OG, noch derjenige der Telefonzentrale im 2. UG durch das $16 \frac{2}{3}$ -Hz-Magnetfeld beeinflusst.

Die höchsten Bahnströme, die während den Versuchen erreicht wurden, betrugen 400 A. Die SBB hat jedoch berechnet, dass sowohl im Normalbetrieb als auch im Notbetrieb Bahnströme von bis zu 3000 A auftreten (siehe Beilage 13, die den Fall der Noteinspeisung über den Punkt 1003 darstellt). Diese berechneten Ströme verteilen sich auf die beiden Gleise. Das daraus resultierende Magnetfeld im Bereich der Bildschirme sollte etwa demjenigen entsprechen, das durch einen 2000 A Strom erzeugt wird (auf die Versuche bezogen).

140 A
etwas
kleiner

Die Synthese die daraus erstellt werden kann, ist in der Tabelle 2 präsentiert.

Dementsprechend sollte es sowohl im Normal- als auch im Notbetrieb nur bei sehr empfindlichen Bildschirmen zu Beeinflussungen durch das niederfrequente Magnetfeld kommen. Diese guten Voraussetzungen sind der Tatsache zu verdanken, dass an der Decke des Tunnels eine zusätzliche Stromrückleitung (parallel geschaltet zu den Schienen) angebracht wurde (siehe Beilage 23). Es kommt dadurch zu einer besseren Kompensation der verschiedenen Magnetfeldkomponenten von Hin- und Rückstrom.

Zusammenfassung der Magnetfeldmessungen

Zug Nr. (siehe Beil. 2)	Art des Versuchs	Messstandort	$ \vec{H} $ [A/m] (16 2/3 Hz)		
			Hor.	Vert.	$\sqrt{H_{\text{Hor}}^2 + H_{\text{Vert}}^2}$
81161	Kurzschlussversuch Gleis 161	3. UG; siehe Beilage 3	25,3	29,7	39 (siehe Beil. 4)
81571	Kurzschlussversuch ZSTH 1/571	3. UG; siehe Beilage 3	4,2	5,6	7 (siehe Beil. 5)
81261	Kurzschlussversuch Gleis 261	3. UG; siehe Beilage 3	128,3	36	133,3 (siehe Beil. 6)
91161	Einspeisung 400A ab Umf; Kurzschluss in Gleis 161	3. UG; siehe Beilage 3	0,6	0,7	0,9 (siehe Beil. 7)
91571	Einspeisung 400A ab Umf; Kurzschluss in Gleis 1/571	3. UG; siehe Beilage 3	0,3	0,3	0,5 (siehe Beil. 8)
91261	Einspeisung 400A ab Umf; Kurzschluss in Gleis 261	3. UG; siehe Beilage 3	4,1	0,9	4,2 (siehe Beil. 9)
			$ \vec{H}_{\text{max}} $ [mA/m]		
			50Hz	16 2/3Hz	
91161	Einspeisung 400A ab Umf; Kurzschluss in Gleis 161	2. OG; Gang	49,5	136 (siehe Beil. 10)	
91571	Einspeisung 400A ab Umf; Kurzschluss in Gleis 1/571	2. OG; Gang	43,7	55,9 (siehe Beil. 11)	
91261	Einspeisung 400A ab Umf; Kurzschluss in Gleis 261	2. OG; Gang	42,4	102 (siehe Beil. 12)	

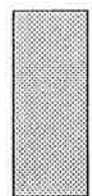
Tabelle 1

Synthese der Beeinflussung durch das niederfrequente Magnetfeld

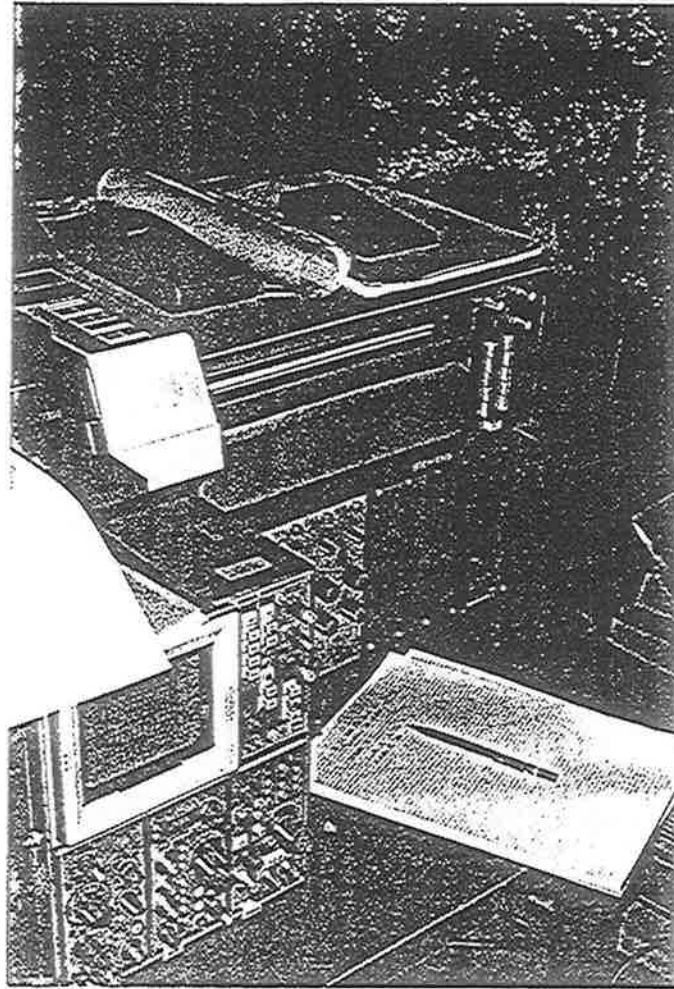
Messort	Bahnstrom	$ \vec{H} _{\max}$
3. UG (siehe Beilage 3)	400 A	$4,2/\sqrt{2} = 3 \text{ A/m}$
2. OG (Gang)	400 A	$0,102/\sqrt{2} = 0,07 \text{ A/m}$
2. OG (Gang)	max 2000 A Annahme bei Notbetrieb	0,35 – 0,5 A/m

Typischer Stoerfestigkeits- pegel von Bildschirmen	0,6 bis 1,5 A/m
---	-----------------

Stoerfestigkeitspegel nach IEC – Normen	Prufklasse 1: 3 A/m Prufklasse 2: 10 A/m Prufklasse 3: 30 A/m Prufklasse 4: 100 A/m
--	--

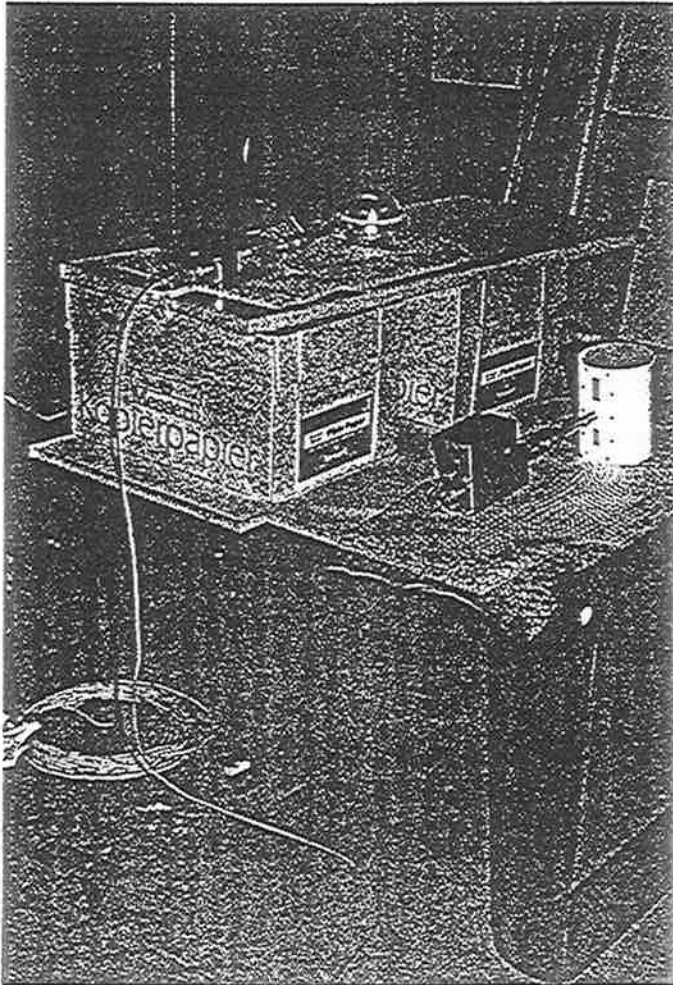


Vergleichsweise zu betrachten



Figur 2 Messverstärker (Tekronix) und Ultra-
violett-Schreiber für die Aufzeichnung
des niederfrequenten Magnetfeldes

5.2 Breitbandige hochfrequente Störfelder



Figur 3 Sensoren für die Messung der
breitbandigen hochfrequenten
Störfelder (elektrische und
magnetische Komponente)

MESSUNG BREITBANDIGER HOCHFREQUENTER STÖRFELDER

Lokomotive : RBe 4/4

Versuch	Zustand des Hauptschalters vor Schaltung	Schaltung	Gemessenes Feld	Polarisation	Resultat
2130A	aus	Bügel auf	elektrisches	horizontal	0,4 $\hat{V}/m$ (siehe Beilage 14)
2130B	ein	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2130C	aus	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2130E	ein	Bügel ab	elektrisches	horizontal	0,6 $\hat{V}/m$ (siehe Beilage 15)
2130F	aus	Bügel auf	elektrisches	horizontal	0,5 $\hat{V}/m$ (siehe Beilage 15)
2130G	ein	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2130H	aus	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2130I	aus	Bügel ab	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2130K	aus	Bügel auf	elektrisches	horizontal	1,2 $\hat{V}/m$ (siehe Beilage 16)
2200A	aus	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	0,3 $\hat{V}/m$ (siehe Beilage 17)
2200B	ein	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2200C	aus	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2200D	ein	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2200E	ein	Bügel ab	elektrisches	vertikal	nichts messbar
2200G	ein	Hauptschalter	elektrisches	vertikal	nichts messbar
2200H	aus	Hauptschalter	elektrisches	vertikal	nichts messbar
2200K	aus	Bügel auf	elektrisches	vertikal	nichts messbar
2200L	ein	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	0,9 $\hat{V}/m$ (siehe Beilage 17)
2200M	ein	Bügel ab	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2200N	aus	Bügel auf	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2200O	aus	Bügel ab	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2200P	aus	Bügel auf	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2200Q	aus	Bügel ab	elektrisches	horizontal	nichts messbar
0400A	ein	Bügel auf	elektrisches	horizontal	nichts messbar
0400B	ein	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
0400C	aus	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
0400D	ein	Bügel ab	elektrisches	horizontal	0,3 $\hat{V}/m$ (siehe Beilage 18)
0400E	aus	Bügel auf	elektrisches	horizontal	nichts messbar

MESSUNG BREITBANDIGER HOCHFREQUENTER STÖRFELDER					
Lokomotive : Re 4/4					
Versuch	Zustand des Hauptschalters vor der Schaltung	Schaltung	Polarisation	Gemessenes Feld	Resultat
2100A	aus	Hauptschalter	vertikal	elektrisches	nichts messbar
2100B	ein	Hauptschalter	vertikal	elektrisches	nichts messbar
2100C	aus	Hauptschalter	vertikal	elektrisches	nichts messbar
2100D	ein	Hauptschalter	vertikal	elektrisches	nichts messbar
2100E	ein	Bügel ab	vertikal	elektrisches	nichts messbar
2100F	aus	Bügel auf	vertikal	elektrisches	nichts messbar
2100H	ein	Bügel ab	vertikal	elektrisches	nichts messbar
2100I	aus	Bügel auf	vertikal	elektrisches	nichts messbar
2100K	aus	Bügel ab	vertikal	elektrisches	nichts messbar
2300A	aus	Bügel ab	horizontal	elektrisches	einige $\hat{mV}/m$
2300B	ein	Hauptschalter	horizontal	elektrisches	nichts messbar
0330B	aus	Bügel ab	vertikal	elektrisches	nichts messbar
0330C	aus	Bügel auf	vertikal	elektrisches	nichts messbar
0330D	ein	Hauptschalter	vertikal	elektrisches	nichts messbar
0330E	ein	Bügel ab	vertikal	elektrisches	nichts messbar

Tabelle 4

MESSUNG BREITBANDIGER HOCHFREQUENTER STÖRFELDER					
Lokomotive :DPZ					
Versuch	Zustand des Hauptschalters vor Schaltung	Schaltung	Gemessenes Feld	Polarisation	Resultat
2330A	aus	Hauptschalter	elektrisches	vertikal	nichts messbar
2330B	aus	Bügel ab	elektrisches	vertikal	nichts messbar
2330C	aus	Bügel auf	elektrisches	vertikal	nichts messbar
2330D	ein	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2330E	ein	Bügel ab	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2330F	aus	Bügel auf	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2400A	aus	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2400B	ein	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2400C	ein	Bügel ab	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2400D	aus	Bügel auf	elektrisches	horizontal	nichts messbar
2400E	ein	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar

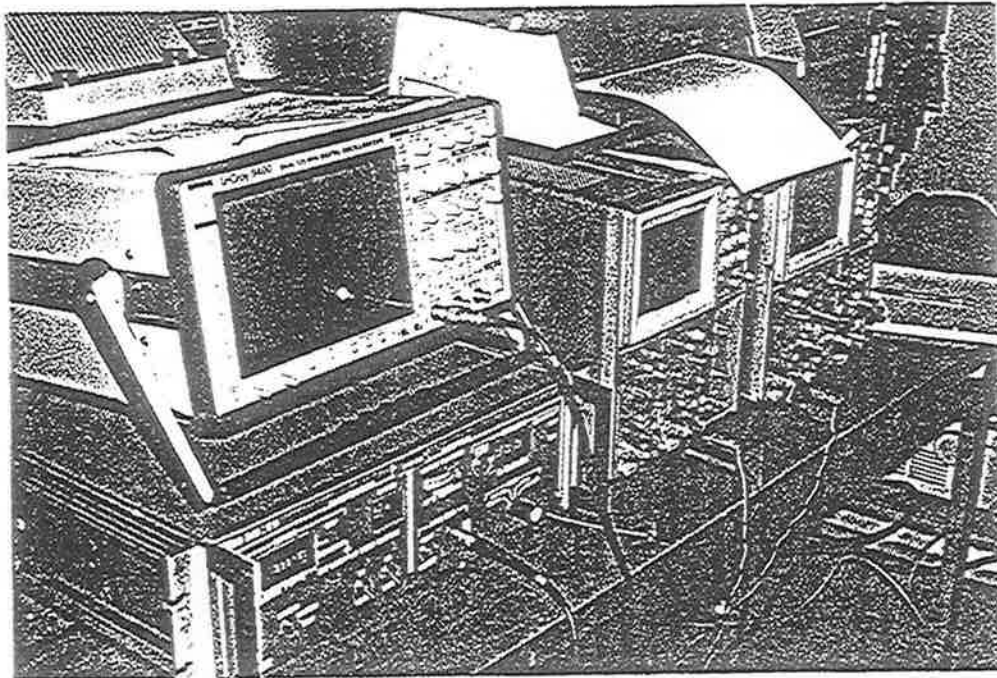
MESSUNG BREITBANDIGER HOCHFREQUENTER STÖRFELDER					
Lokomotive : RABDe 12/12					
Versuch	Zustand des Hauptschalters vor Schaltung	Schaltung	Gemessenes Feld	Polarisation	Resultat
0415B	ein	Bügel ab	elektrisches	horizontal	nichts messbar
0415C	aus	Bügel auf	elektrisches	horizontal	nichts messbar
0415D	aus	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar
0415E	ein	Bügel ab	elektrisches	horizontal	nichts messbar
0415F	aus	Hauptschalter	elektrisches	horizontal	nichts messbar

Breitbandige hochfrequente Störfelder (Impulsfelder) können beim Bahnbetrieb hauptsächlich durch Schaltvorgänge oder Bügelsprünge hervorgerufen werden.

Die Messung wurde mittels Feldsensoren für die elektrische und die magnetische Feldkomponente, die über Lichtwellenleiter mit einem Digital-K.O. verbunden sind, durchgeführt. Das System weist eine Bandbreite von 2 kHz bis 125 MHz auf. Die Sensoren wurden in einer Höhe von 1 m über dem Boden aufgestellt.

Die Tabellen 3 bis 6 geben die Zusammenfassung der Versuchsergebnisse. Es konnten, wie das von der Theorie her zu erwarten war, nur elektrische Störfeldkomponenten beobachtet werden. Die höchste gemessene Impulsfeldstärke beträgt 1,2 V/m (siehe Beilage 17). Es handelt sich um mehrere abklingende Schwingungen mit einer Eigenfrequenz von 333 kHz.

Sämtliche gemessene hochfrequente Störfelder weisen einen ähnlichen Verlauf auf. Die Eigenfrequenz liegt zwischen 250 und 450 kHz.

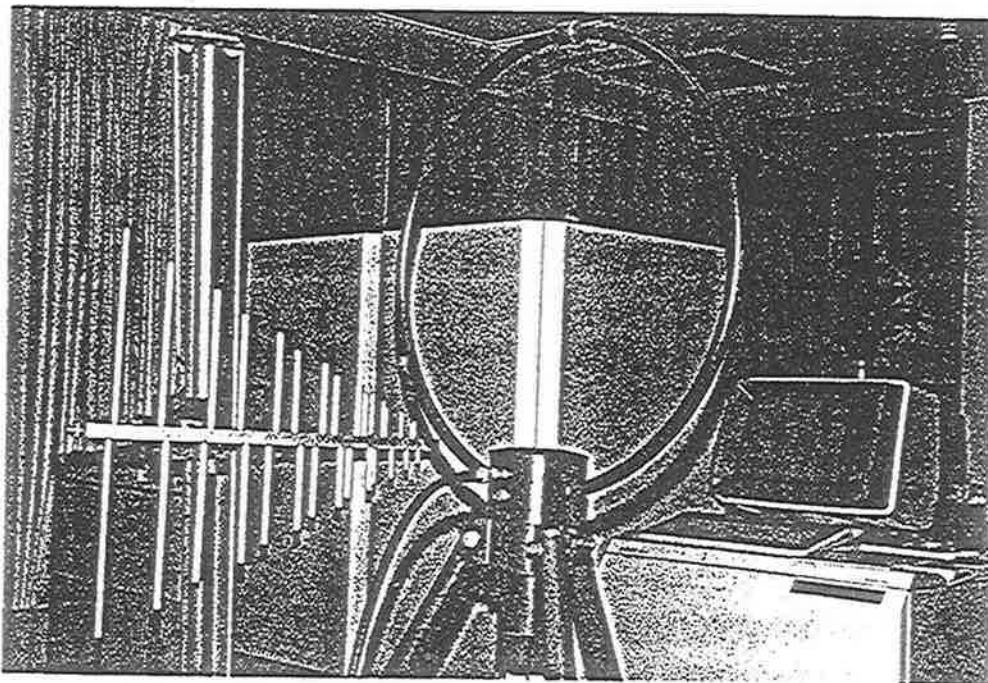


Figur 4 (links) Empfangsverstärker der Feldsensoren und Digital-K.O. für die Aufzeichnung

Die gemessenen breitbandigen hochfrequenten Störfelder geben keinen Anlass zur Besorgnis betreffend dem störungsfreien Betrieb der elektronischen Anlagen in der J. H. Schroder Bank. Der reelle Bahnbetrieb wird keine massgebenden höheren Störungen dieser Art hervorrufen.

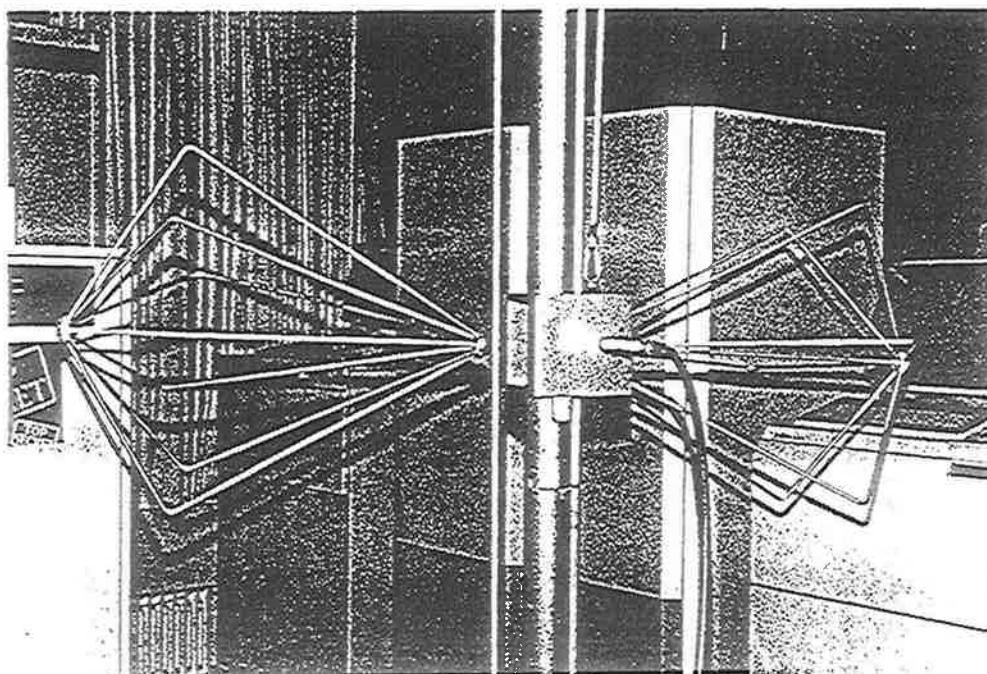
Die niedrigen gemessenen Werte sind auf ein gutes Erdungskonzept des Tunnels sowie auf die teilweise verschweisste Beton-Armierung zurückzuführen (siehe Beilage 23). Die niedrige Eigenfrequenz ist vorwiegend auf die Länge der Bahnspiseleitungen zurückzuführen.

5.3 Schmalbandige hochfrequente Störfelder



Figur 5

- Messung des Magnetfeldes zwischen 10 kHz und 30 MHz (runde Antenne)
- Messung des elektromagnetischen Feldes zwischen 300 MHz und 1000 MHz (Antenne mit den Stäben)



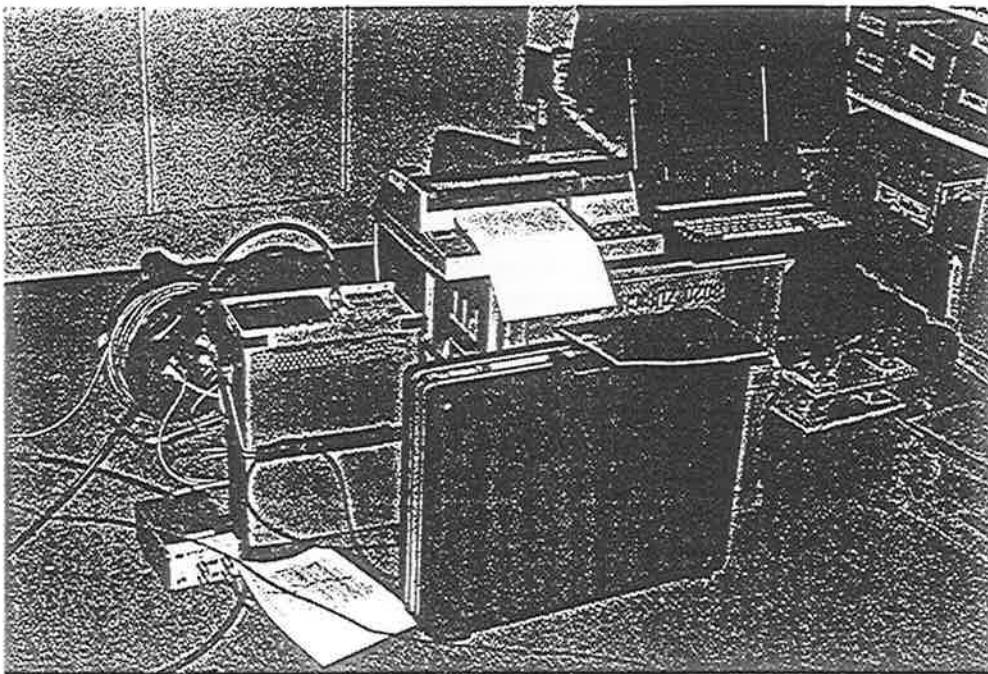
Figur 6 Messung des elektromagnetischen Feldes
zwischen 30 MHz und 300 MHz

Die schmalbandigen hochfrequenten Störfelder werden mit Antennen gemessen. Diese werden 1 m über dem Boden plaziert. Die Störfeldstärken werden in horizontaler und vertikaler Polarisation mit einer bestimmten Bandbreite mittels eines Spektralanalysators erfasst.

Die Beilagen 19 bis 22 zeigen die Resultate dieser Messungen, die im 2. OG durchgeführt wurden. Der Vergleich zwischen Ruhezustand (Bahnbetrieb eingestellt) und Anfahrts- oder Bremsvorgängen zeigt keine bemerkbaren Unterschiede.

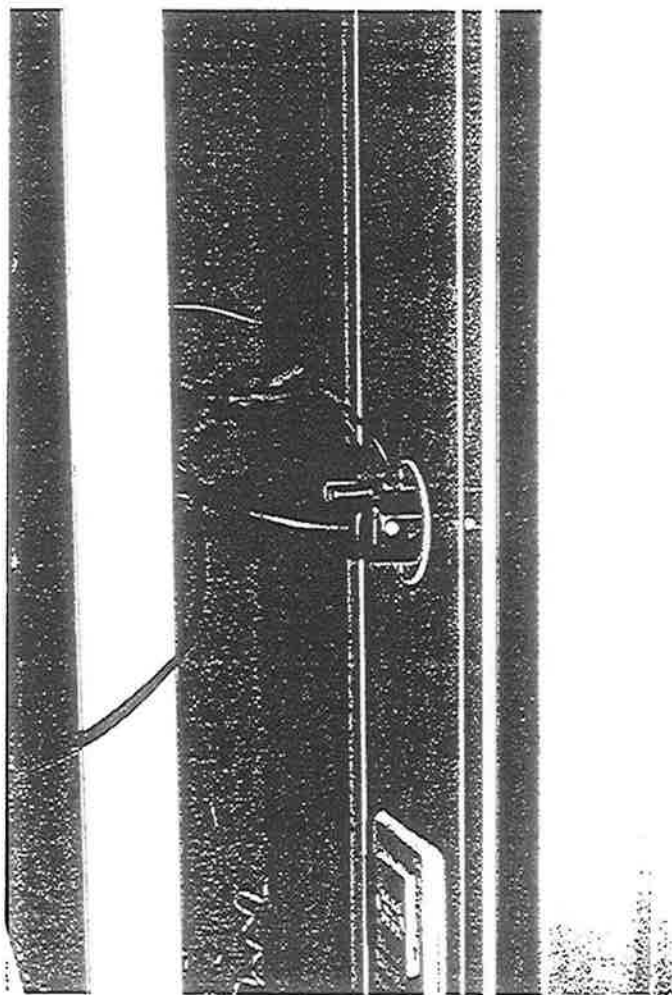
Die Grundstörpegel, die in den Beilagen 19 und 19a festgehalten sind, werden fast ausschliesslich durch die ^{firmeneigenen} Computeranlagen verursacht.

Das gute Erdungskonzept, sowie die teilweise verschweissten Tunnel-Armierungen bringen auch hier eine Dämpfung der elektromagnetischen Felder.

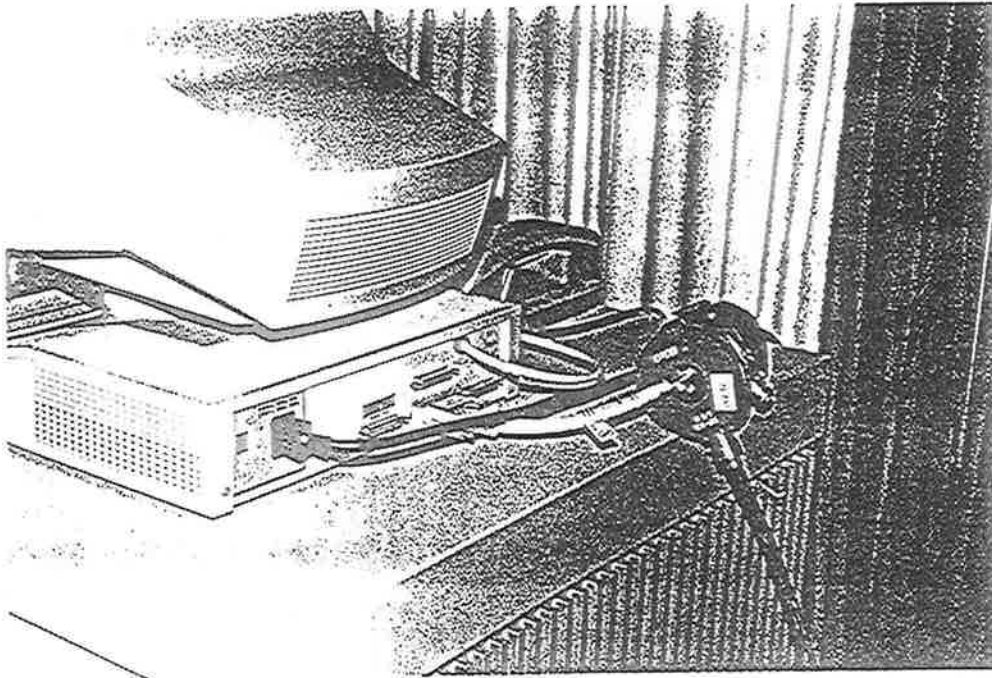


Figur 7 Spektralanalysator mit PC und
Plotter für die Aufzeichnung der
schmalbandigen Störungen

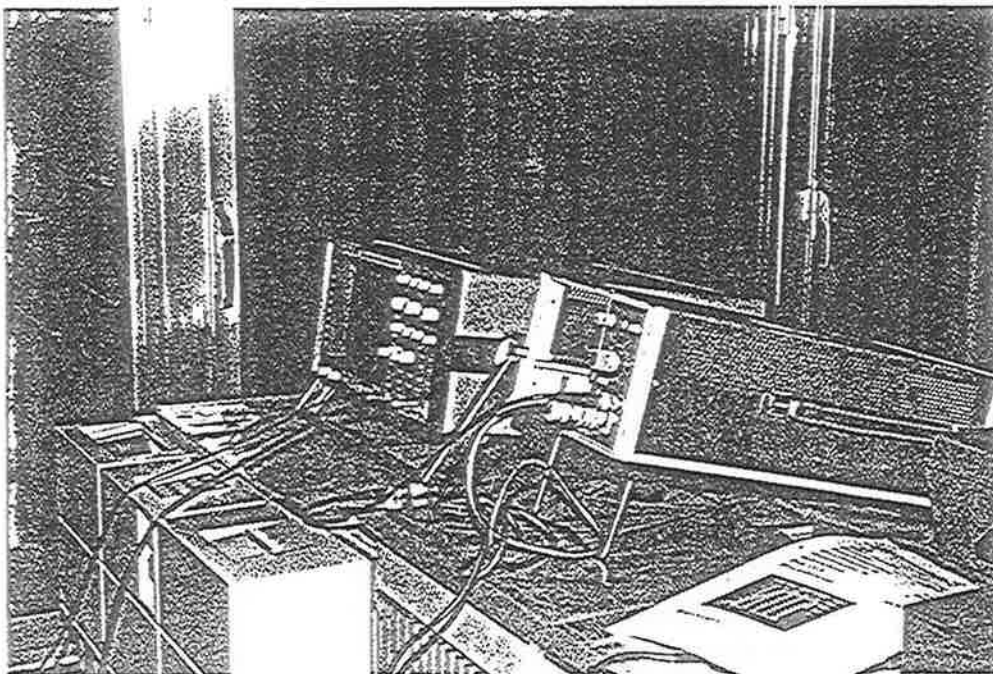
5.4. Induzierte Störspannungen und Störströme



Figur 8 Messung induzierter Störspannungen
zwischen Nullleiter und Schutzleiter
an einer Gerätesteckdose im 2. OG



Figur 9 Messung induzierter Störströme an den
Netz- und Datenkabeln von Anlagen
mittels Hochfrequenzstromzangen.



Figur 10 Überwachungsausrüstung für die Erfassung
induzierter Störströme und Störspannungen

Während sämtlichen Versuchen im 2. OG konnten keine durch die Bahn induzierten Störspannungen oder Störströme gemessen werden. Die Messempfindlichkeit für die Störströme betrug dabei 20 mA und 10 V für die Störspannung.

6. Bemerkungen allgemeiner Art

- Im 3. UG ist das Tram hörbar. Die Bahn konnte hingegen während den verschiedenen Versuchen akustisch nicht wahrgenommen werden.
- Es wurden während sämtlichen Versuche keine Erschütterungen festgestellt. Der Versuch 96302 (Rückfahrt Stadelhofen-Museum) ist in diesem Zusammenhang als besonders interessant zu bewerten.
- Die Störfestigkeit des neuen UNISYS-Rechners gegenüber elektromagnetischen Beeinflussungen konnte nicht überprüft werden, da dieser Rechner rund um die Uhr in Betrieb sein muss.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Der Bahnbetrieb im Hirschengrabentunnel übt keine störenden hochfrequente Einflüsse auf die elektronischen Anlagen der J.H. Schroder Bank aus. Die effektiv gemessenen schmal- und breitbandigen Störpegel liegen erheblich tiefer als diejenigen, die in der Expertise für die Schätzungskommission angegeben sind. Der Grund dafür ist, dass die SBB im Bereich des Tunnels einen erheblichen Aufwand für die Dämpfung dieser Störungen getrieben hat. So ist zum Beispiel die Armierung des Betons verschweisst worden und ein besonders ausgedachtetes Erdungskonzept realisiert worden.

Was die niederfrequenten Störungen (Magnetfeld, das durch den Bahnstrom hervorgerufen wird) betrifft, so liegen die Werte ebenfalls um einen Faktor zwei tiefer als diejenigen, die in der Expertise angegeben wurden. Der Grund hierfür liegt darin, dass die SBB an der Decke des Tunnels zusätzlich Stromrückleiter angebracht hat, um das Magnetfeld möglichst zu begrenzen. Im 2. OG sind, bei handelsüblichen Bildschirmen, keine Störungen zu befürchten. In den Untergeschossen ist eine Beeinflussung von gewissen empfindlichen Bildschirmen möglich. Diese kann gegebenenfalls mittels einer zusätzlichen Abschirmung des Bildschirms behoben werden. Die Kosten für einen Bildschirm würden sich auf ungefähr Fr. 3'000.-- belaufen. Neu zu beschaffende Bildschirme sollten generell eine Störfestigkeit von 1 A/m bei 16 2/3 Hz aufweisen.

Im ausserordentlichen Fall eines Kurzschlusses auf einer der Bahnleitungen unter der Bank kann es zu einem kurzen Flimmern sämtlicher Bildschirme kommen. Dies kann allerdings nicht als eine eigentliche Belästigung empfunden werden.

Während den Versuchen konnten weder Erschütterungen noch Lärmemissionen durch die Bahn festgestellt werden.

Rossens, 4. April 1990

EMC FRIBOURG SA

H. Sauvain

VERWENDETE MESSAUSRÜSTUNG

a) Messung des niederfrequenten Magnetfeldes

- 1 Antenne für die gleichzeitige Messung der drei Feldvektoren ✓
- 1 Antennenmast
- 2 K.O.'s 7623 A von Tektronix mit Differential-Verstärkern 7A22
- 1 UV-Schreiber Oscillofil mit zwölf Kanälen
- 1 System für die Eichung der Antenne an Ort

b) Messung des hochfrequenten Pulsfeldes

- 1 Breitbandiges Messsystem MELOPE TSN 245-R11 mit Lichtwellenleiter-Übertragung (100 Hz - 150 MHz)
- 1 E-Feld-Sensor E30 1 V/m - 3,16 kV/m (1 kHz - 150 MHz)
- 1 H-Feld-Sensor H31 256 mA/m - 839 A/m (2 kHz - 150 MHz)
- 1 Digital-K.O. LeCroy 9400
- 1 Plotter Facit
- 1 Feldquelle (Impulsmod) für grobe Überprüfung an Ort (Eichung im Labor)

c) Messung der eingekoppelten Störströme bzw. Störspannungen

- 1 Digital K.O. LeCroy 9400
- 1 Spannungssonde 10 x
- 1 HF-Stromzange Ailtech ZT = 5 Ohm
- 1 HF-Stromzange EG G ZT = 5 Ohm
- 1 Stromzange Tektronix T503
- 1 Plotter HP 7470 A

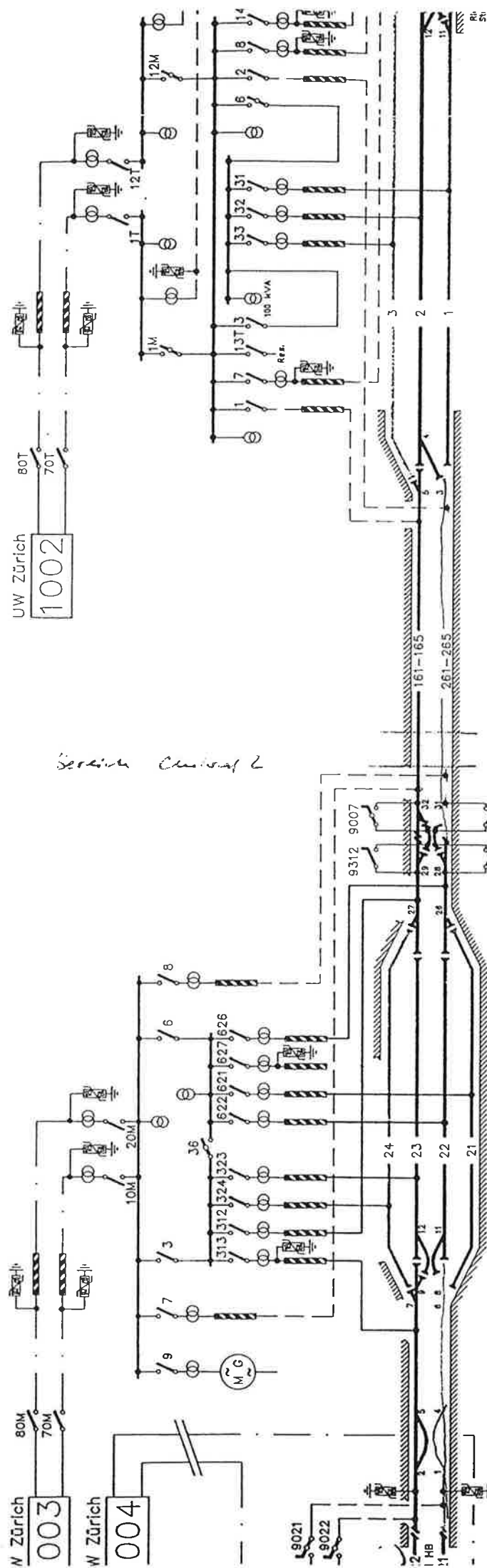
d) Schmalbandmessungen

- 1 Spektralanalysator HP 8562 A 1 kHz - 22 GHz
- 1 Breitbandantenne für das H-Feld 10 kHz - 30 MHz
- 1 Breitbandantenne für das E-Feld 30 MHz - 300 MHz
- 1 Breitbandantenne für das E-Feld 0,3 GHz - 1 GHz
- 1 LAPTOP PC AT 286
- 1 Plotter HP 7470 A
- 1 Antennenmast

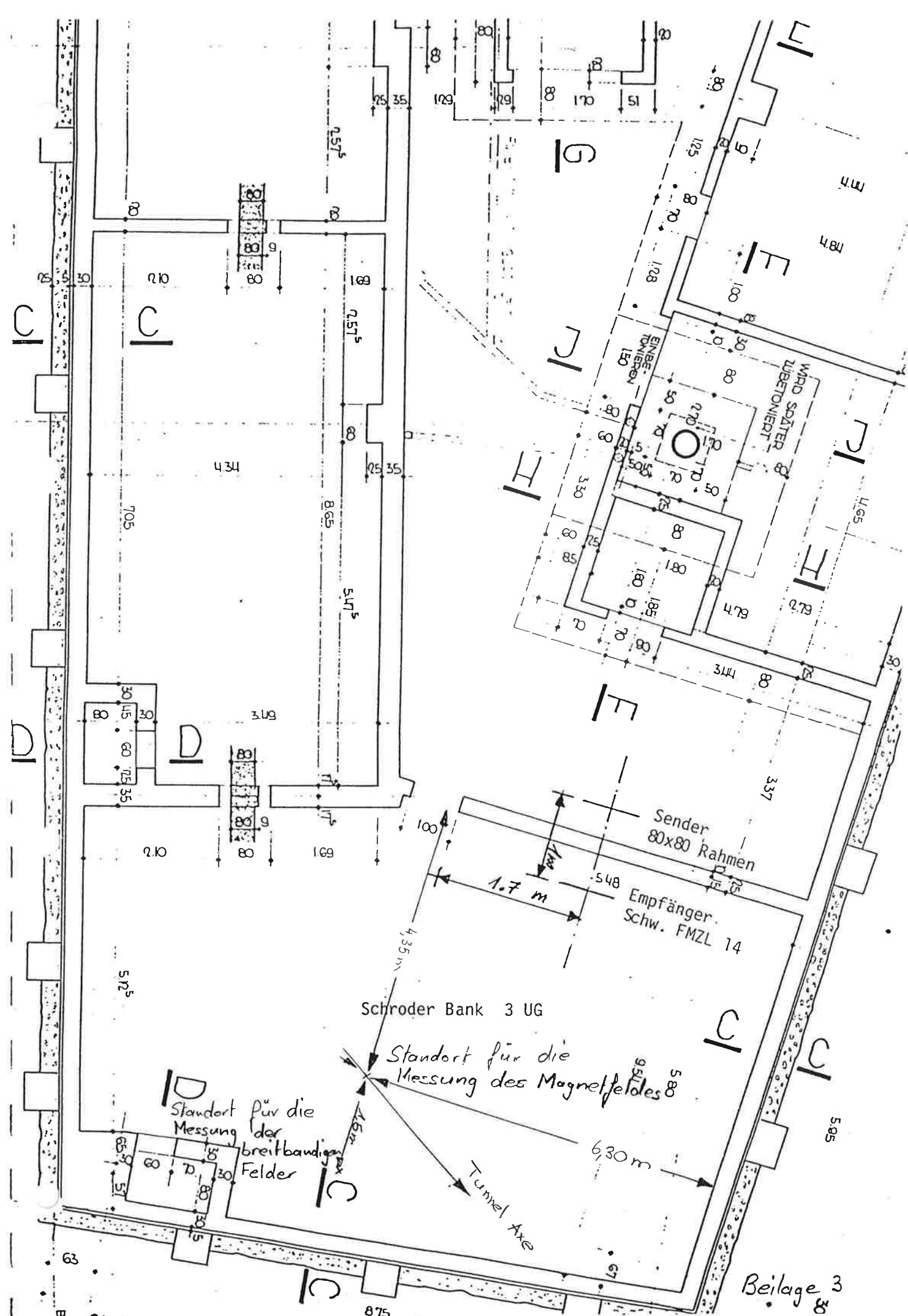
Datum	von/ab	bis/an	Zug Nr	Tätigkeit	Gleis	Schaltung
17 Jan	08.33		69888/ 99610	Ueberfuhr X 60 85... Feldbach - Zürich PB an Spitze 99610 anschliessend X	J H	
	14.00	15.00		Materialverlad/X	H	
	15.15			1 Re4/4 II + 1 RBe in Vst an X anfahren (X Seite Halle)	H	
	15.30			Rückstellen H-C22-S24	nach 161	
	15.30	19 Jan	04.30	Streckensperre	161-165	
	15.35			abhängen X km 100.330	161	
	15.40			Loks stehen lassen km 100.295	161	
	15.45			1 Fl-Rolli ab ZSTH Traktor Flb 6 anschliessend Traktor	3-165-161 161-165-3	
	15.45	17.00		Fl ausschalten • Montage hsm-Messung • Kontrolle LEM Erdseil Fl einschalten	161 161	ZMUS 7/ZSTH 1 AUS ZMUS 7/ZSTH 1 EIN
	20.30	23.15		1 Lf auf Loks <u>Versuche mit Re 4/4/RBe</u> <u>(Stillstand)</u>	161	Schaltung 12 Normalschaltung
	22.55			RD Re 4/4/RBe 4/4	161-24	
	22.50	23.03	36091	3 DPZ Ueberfuhr RBL-ZüPB 1 DPZ ABB (450 001) an der Spitze RD 1 DPZ	S23 23-161	
	23.00	04.30	-	Streckensperre ZUE S W 27,29,32 WEV ZSTH W 4, 5,12, 16 WEV	S23/24 161-165-2	
	23.10	23.55		<u>Versuche mit 1 DPZ</u> <u>(Stillstand)</u>	161	Schaltung 12 Normalschaltung

Datum	von/ab	bis/an	Zug Nr	Tätigkeit	Gleis	Schaltung
18 Jan	00.24	04.30		Streckensperre (V 29518)	261-265-1-571	
	00.30			3 DPZ (Schmalband-MSG)	23-261-264	Schaltung 12
		01.15	36201	3 DPZ/Versuchsfahrt	23-261-265-1	
	01.18	01.21	36202	3 DPZ/Versuchsfahrt	1-265-261-23	
	01.30			3 RABDe 12/12 (Schmalband)	22-261-264	
		02.06	36203	3 RABDe 12/12/Versuchsf	22-261-265-1	
	02.14	02.17	36204	3 RABDe 12/12 Ueberfuhr (für 7005)	1-265-261-22	
				Erdungsstangen montieren	161/571	ZMUS 7/ZSTH 1 AUS ZSTH 14 T AUS
	02.20	02.30	-81 161	Kurzschlussversuch	161	ZMUS 7/ZSTH 7 EIN Schaltung 10
	02.35	02.45	-81 571	Kurzschlussversuch	ZSTH 1/571	ZSTH 14 T EIN Schaltung 20
	02.55	03.10	RD	Re4/4/RBe 4/4 und X Fl ausschalten Erden profilfrei 261 KS-Ort Kontrolle LEM Erdseil Erdung profilfrei 261 weg	24-161-24-261 261	ZMUS 8/ZSTH 2 AUS
	03.10	03.20	-81 261	Kurzschlussversuch	261	ZMUS 8/ZSTH 2 EIN Schaltung 10
	03.25	03.40	-86 261	Re 4/4/RBe 4/4 Versuche	261	
	03.50	04.00	36205	3 RABDe12/12/Versuche	22-161-165-2	
	04.02	04.05	36206	3 RABDe12/12/Versuche	2-165-161-22	
	04.10	04.20	36207	3 DPZ /Versuche	23-161-165-2	
	04.22	04.25	36208	3 DPZ /Versuche	2-165-161-23	
	04.28		RD	Re 4/4 II/RBe 4/4 und X (X abhängen bei km 100.330)	261-24-161	
	04.30	Freigabe				
	04.30		RD	Re 4/4 II/RBe 4/4 (Stehen lassen/LL III) Fl-Kontrolle Gleis 161 Ausbau hsm-Messung	161-24	ZMUS 7/ZSTH 1 AUS
	05.30	05.44	36010	3 DPZ Ueberfuhr ZüPB-RBL	RBL (U)	

Datum	von/ab	bis/an	Zug Nr	Tätigkeit	Gleis	Schaltung
18 Jan	16.30	17.45	-	Aperitif X(WR) Orientierung über Messungen Messung Züge 7063/7065 (Demonstration)	161	
	22.50	23.03	36 091	3 DPZ Ueberfuhr RBL-ZüPB 1 DPZ ABB (450 001) an der Spitze	S23	
	seit 17 Jan	15.30		Streckensperre ZUE S W 27,29,32 WEV ZSTH W 4, 5,12, 16 WEV	S23/24 161-165-2	
	23.00	23.55		Versuche mit 1 DPZ	161	
19 Jan	00.24	04.30		Streckensperre (V 29518)	261-265-1-571	
	00.30	01.00	36 301	1 DPZ Versuche	23-261-265-1	
	01.05	01.08	36 302	1 DPZ Ueberfuhr (besetzte Einfahrt)	1-265-261-23	
	01.20	01.35	36 303	2 DPZ Versuche	23-261-265-1	
	01.40	01.45	36 304	2 DPZ Ueberfuhr (besetzte Einfahrt)	1-265-261-23	
	01.50	02.00	- 9100X	Schaltvorgänge		ZMUS 7/8 ZSTH 1/2
	02.00	02.15	- 91 161	Einspeisung 400 A ab Umf	KS in 161	Schaltung 10
	02.20	02.30	- 91 261	Einspeisung 400 A ab Umf	KS in 261	Schaltung 10
	02.40	02.50	- 91 571	Einspeisung 400 A ab Umf	KS in 1/571	Schaltung 20
	02.50	02.55	-	Hochlauf Stromrichter	HGT	(11kV/50 Hz)
	03.00	03.20	36 305	3 DPZ Versuche	23-261-265-1	
	03.25	03.28	36 306	3 DPZ Ueberfuhr	1-265-261-23	
	03.30		RD	3 DPZ anfahren an X Hilfskupplung	23-161-23	
	03.30			Materialverlad Pumpe	161	
	03.50	03.53	36 307	Ueberfuhr X geschoben Halt Florhof/Materialvld	161-164	
	04.10		36 307	Florhof ab	164-165-1	
		04.12		Halt vor W 12 (W 16)	nach Seeröhre	
	04.15		36 307	nach Stettbach/Neugut	271-275-191	
		04.20	36 307	Materialablad SP Neugut		
	04.45	04.55	Transport	Meierbeer Neugut/Seeröhre X in Stettbach abhängen	STET 1	
19 Jan	05.00	- 22 Jan	2030	3 DPZ in Seeröhre <u>stehen lassen</u>	Seeröhre	



ürich-Museumstrasse



Kurzschlussversuch 81'571

5.64m

Kanal 2, Vertikal
10.64m/cm

4.12m

Kanal 1, Horizontal
11.25m/cm

$$\left(H_x^2 + H_y^2 \right)^{1/2} = 9.37m$$

1mV/div

100ms

Kanalflussversuch 81161

Kanal 1 Norm

23.7 A/m

20.4 A/m

Kanal 2 Holz

25.3 A/m

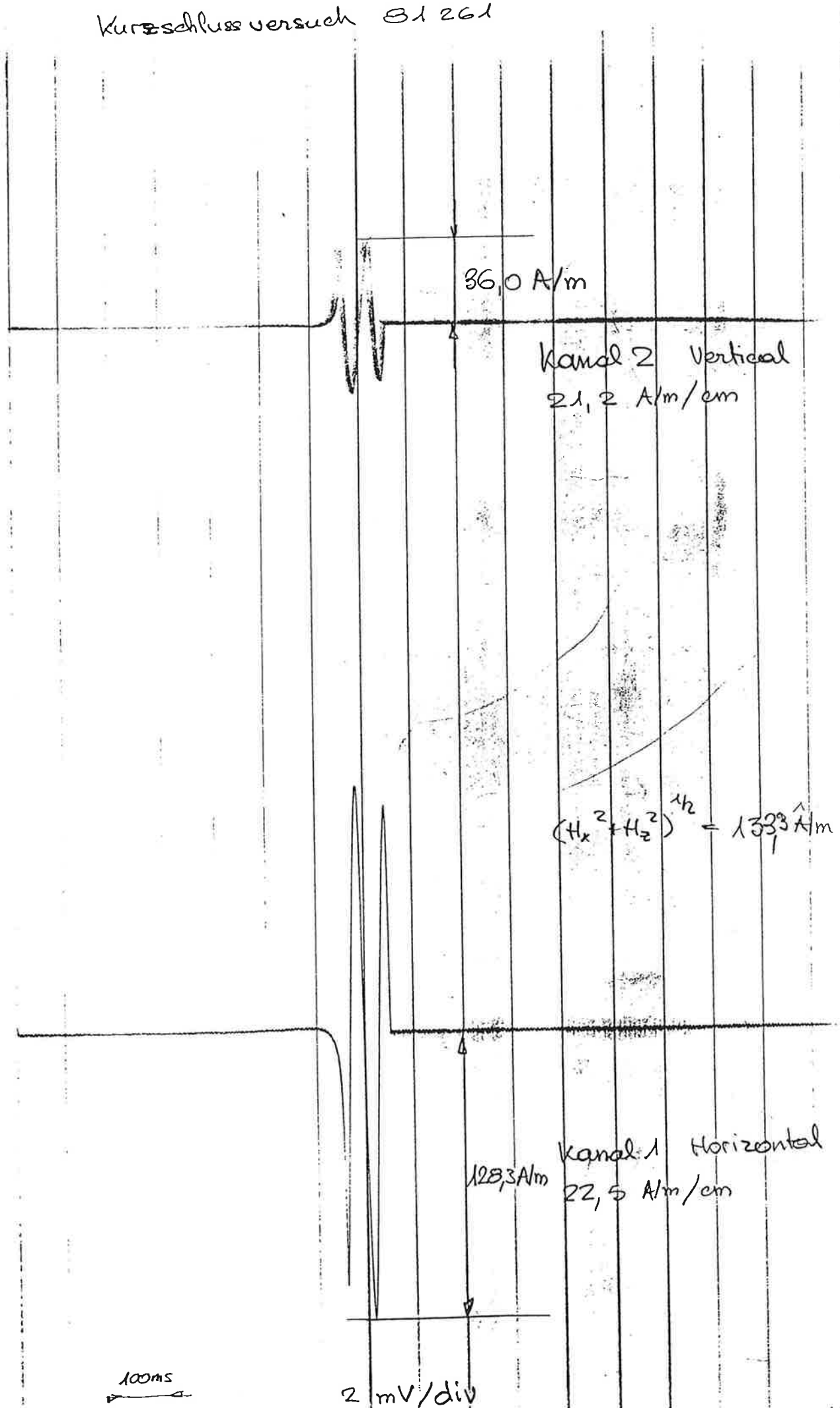
$(A_{\text{Kanal}})^{1/2} = 3.3 \text{ A/m}$

100 mss

Amplitude 10.25 A/m

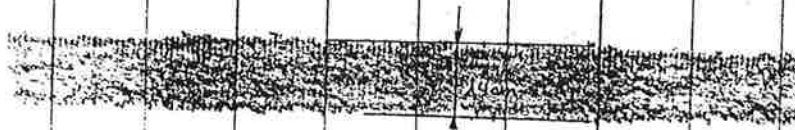
Reilano 5

Kurzschlussversuch B1 261



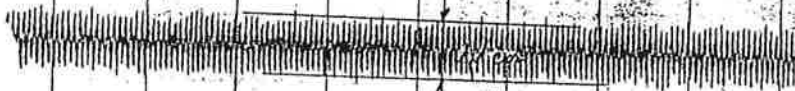
91161

Kanal 2 (vertikal)



$$H_x = 0,74 \text{ A/m}$$

Kanal 1 (Horizontal)



$$H_z = 0,58 \text{ A/m}$$

$$H = (H_x^2 + H_z^2)^{1/2} = 0,94 \text{ A/m}$$

$$\frac{I}{\text{Gleis 161}} = 400 \text{ A}$$

$$100 \mu\text{V/div} \Rightarrow 1,1 \text{ A/m/cm}$$

t_1

t_0

91 571

Kanal 2 (Vertikal)

$$H_z = 0,34 \hat{A}/m$$

Kanal 1 (Horizontal)

$$H_x = 0,32 \hat{A}/m$$

$$H = (H_x^2 + H_z^2)^{1/2} = 0,47 \hat{A}/m$$

50 μV /div

0,53 A/m/cm

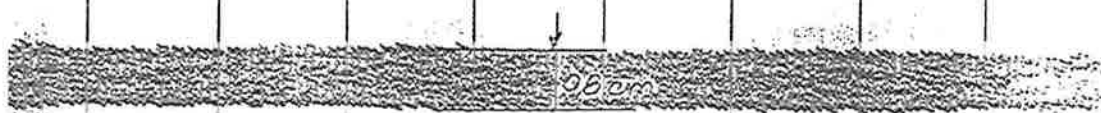
t₁

1s

t₂

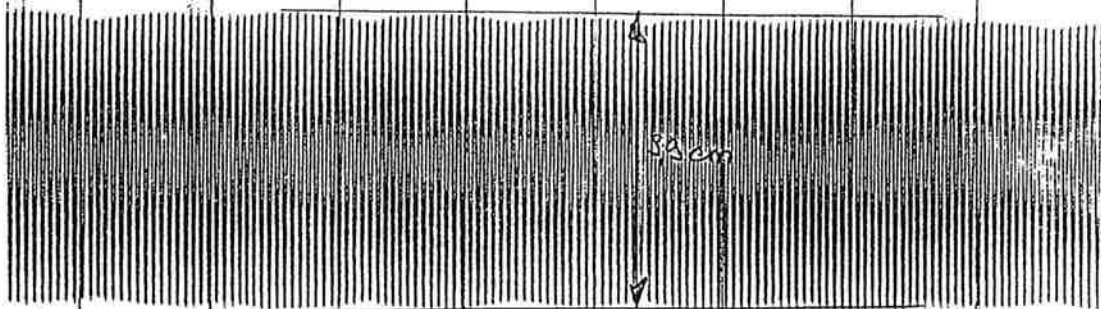
91 261

kanal 2 (vertical)



$$H_z = 0,85 \hat{A}/m$$

kanal 1 (horizontal)



$$H_x = 4,1 \hat{A}/m$$

$$H = (H_x^2 + H_z^2)^{1/2} = 4,2 \hat{A}/m$$

200 $\mu V / div$

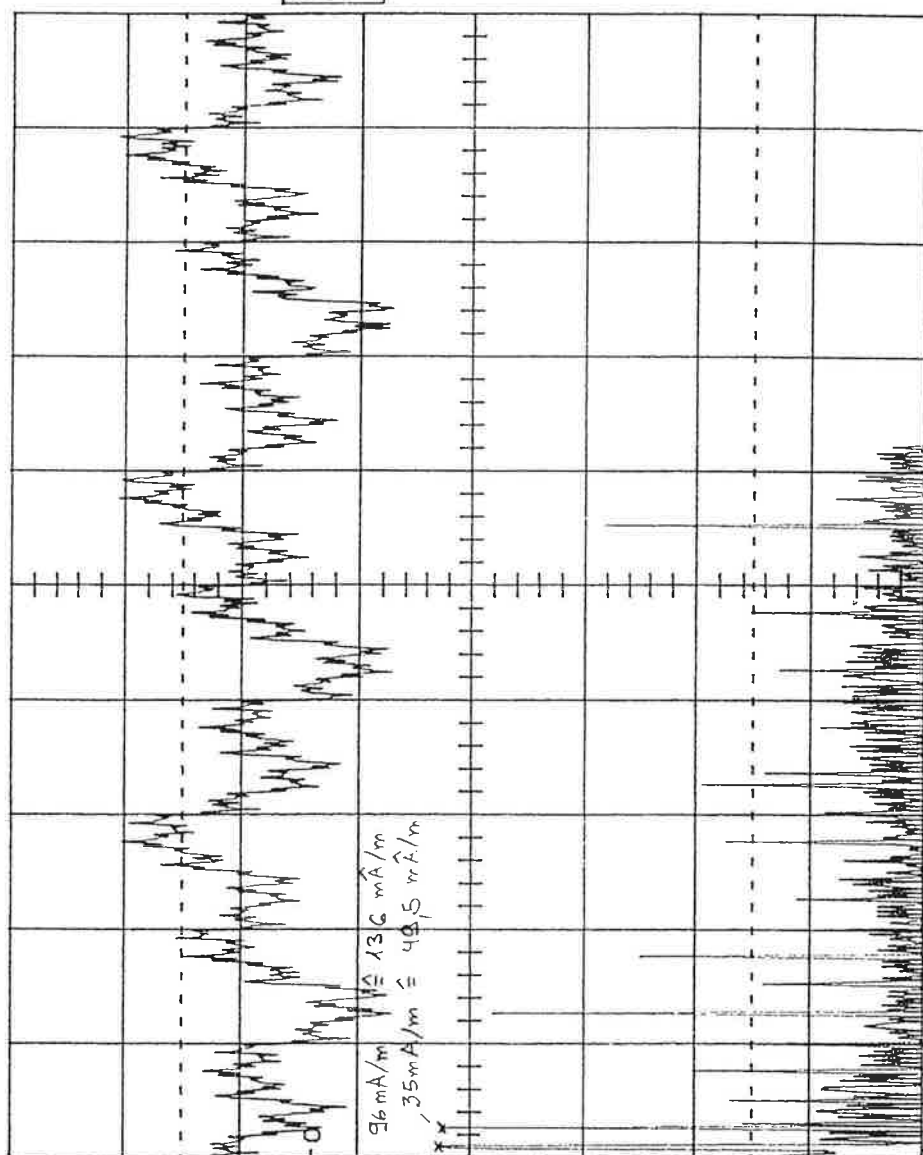
2,2 A/m/cm

Main
Menu

Magnetfeld

-74 dB

Spectrum des
Magnetfeldes



Memory C

20 ms

40 μ V/Div

FFT(1)

.2 kHz 10 dB

100 kHz
50 kHz
200 kHz
350 kHz

20 ms

Ch 1 .2 V

Ch 2 .1 V

Trig $\pm$.50 div $\pm$ CHAN 1 <

Magnetfeldmessungen; 2. OG (Gunn)

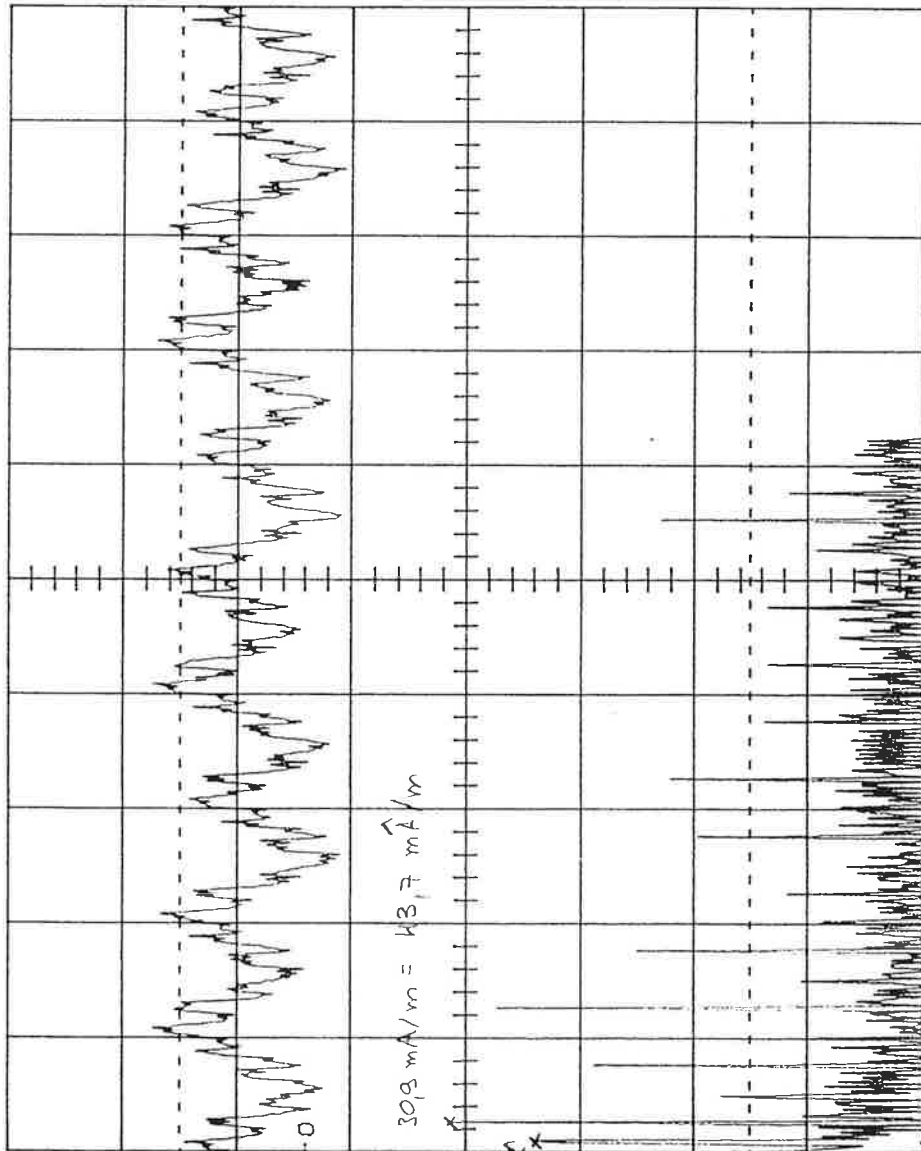
- Einspeisung 400 A α 6 Umf

- Kurzschluss in Gleis 16A

Main
Menu

Magnetfeld

SPHT-



40 μ V/div

Memory C
20 ms .2 V

FFT(1)
.2 kHz 10 dB

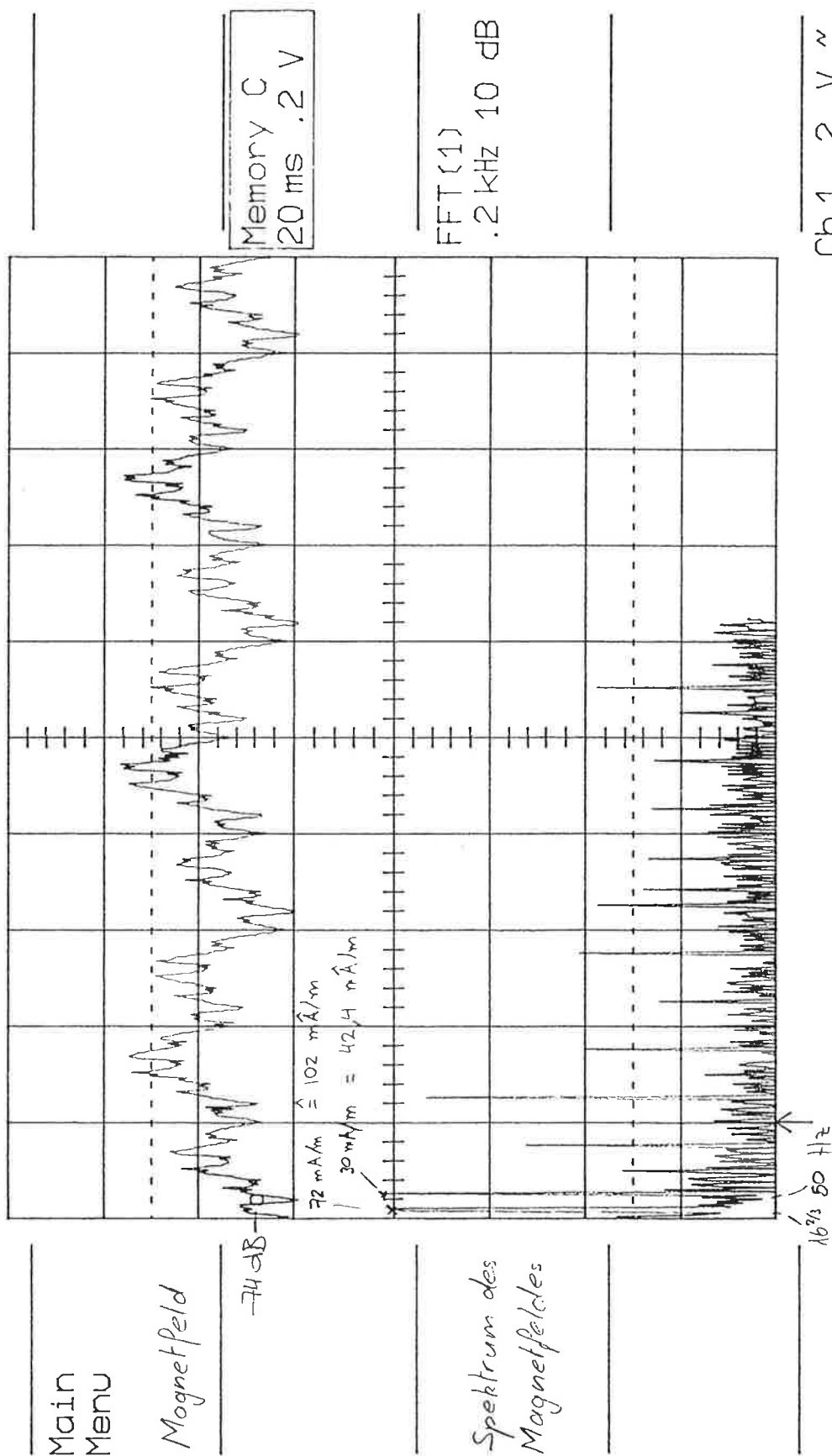
30.5 mV/m
 $\hat{=}$ 55.9 nA/m

Spektrum des
Magnetfeldes

16 2/3 Hz 50 Hz

Ch 1 .2 V ~
T/div 20 ms Ch 2 .1 V =
Trig $\pm$.50 div $\pm$ CHAN 1 <

Magnetfeldmessungen; 2. OG (Gang)
- Einspeisung 400 A ab Umf
- Messschleife in Gleis 1/571



FABEL86

Speisung 1003

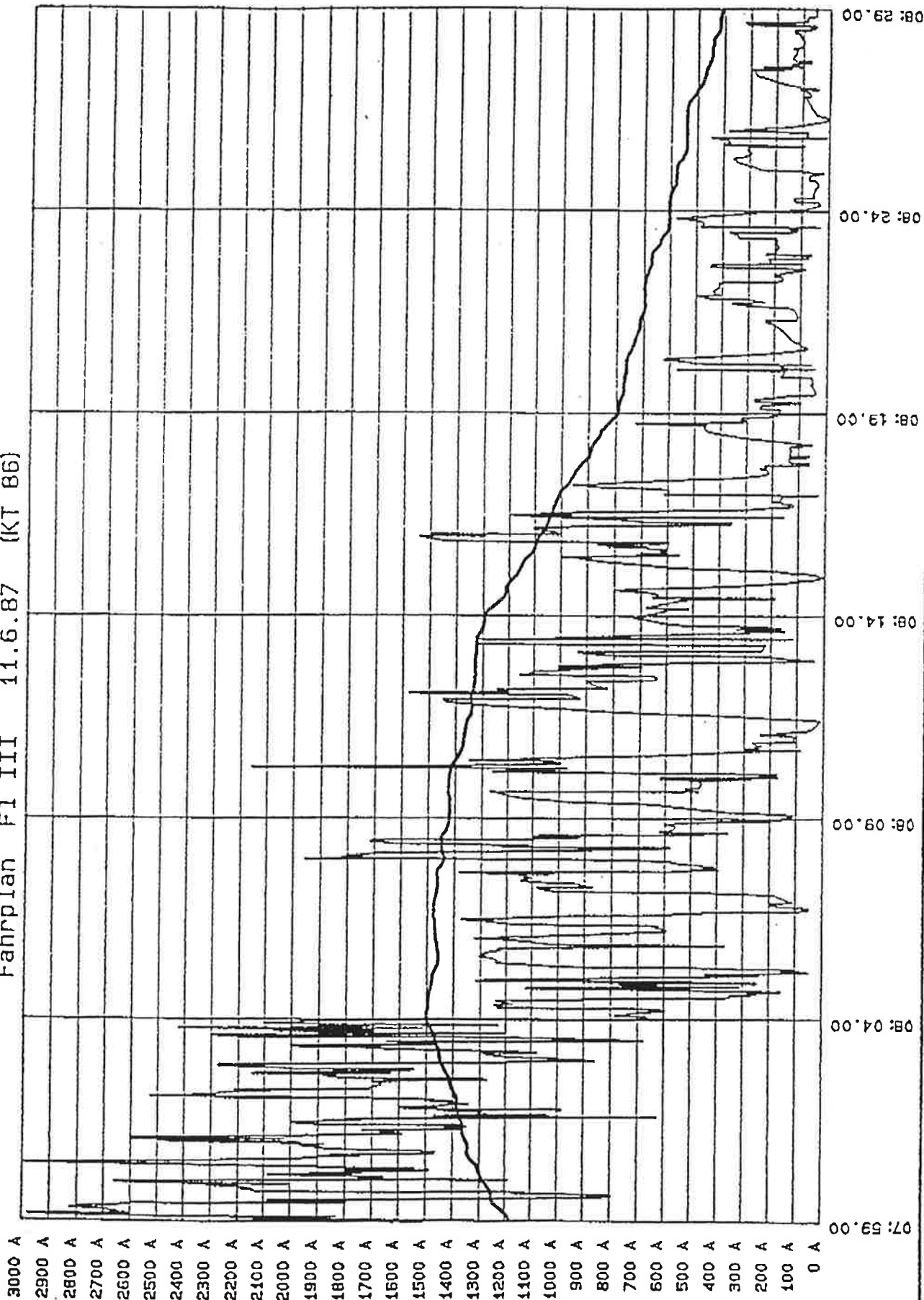
Notspeisung Variante I

Ausfall UW Zuerich,

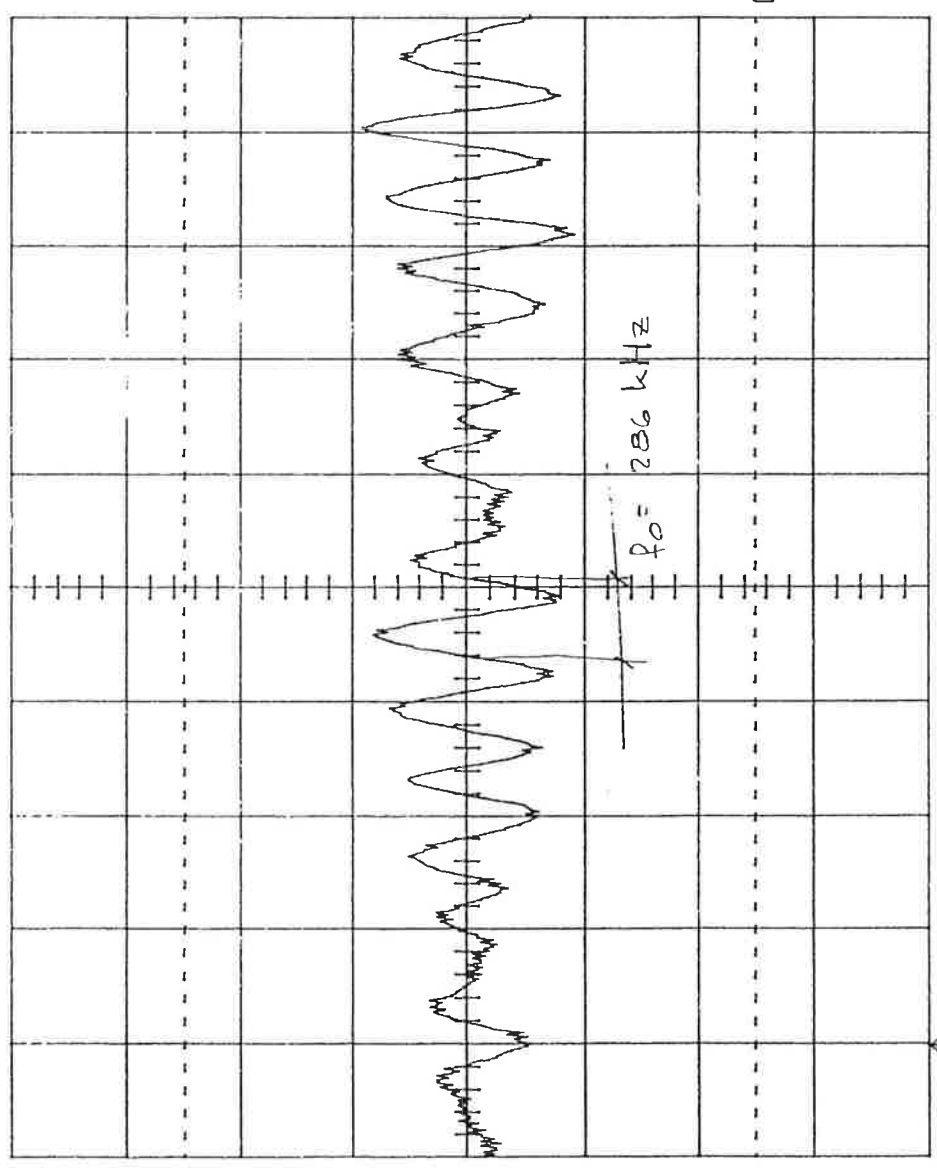
SPT 1002

Fahrplan Fl III 11.6.87 (KT B6)

11.6.1987 19:17.54



Main
Menu



$C_E = 0,5 \text{ V/m / Div}$

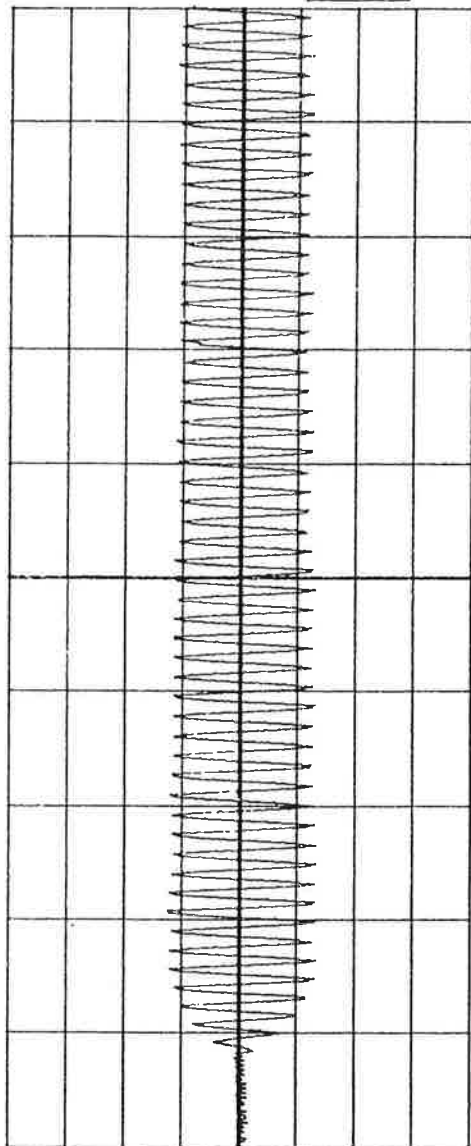
Channel 1
~~5 μ s~~ ~~2V~~

Ch 1 .2 V =
T/div 5 μ s Ch 2 5 mV =
Trig $\pm$.50 div $\pm$ CHAN 1 =

Messung 3130 A (Bügel auf)
Horizontale Polarisation

Main
Menu

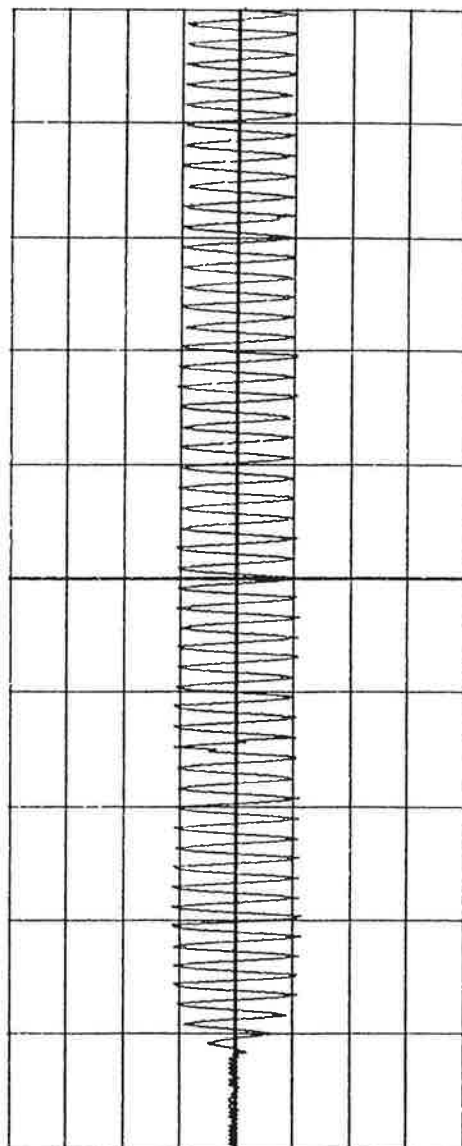
Ch 1
2130 =



$C_E = 0,5 \text{ V/m}$

Memory C
20 μs ~~2A~~

100mC
2130 E



$C_E = 0,5 \text{ V/m}$

Channel 1
20 μs ~~2A~~

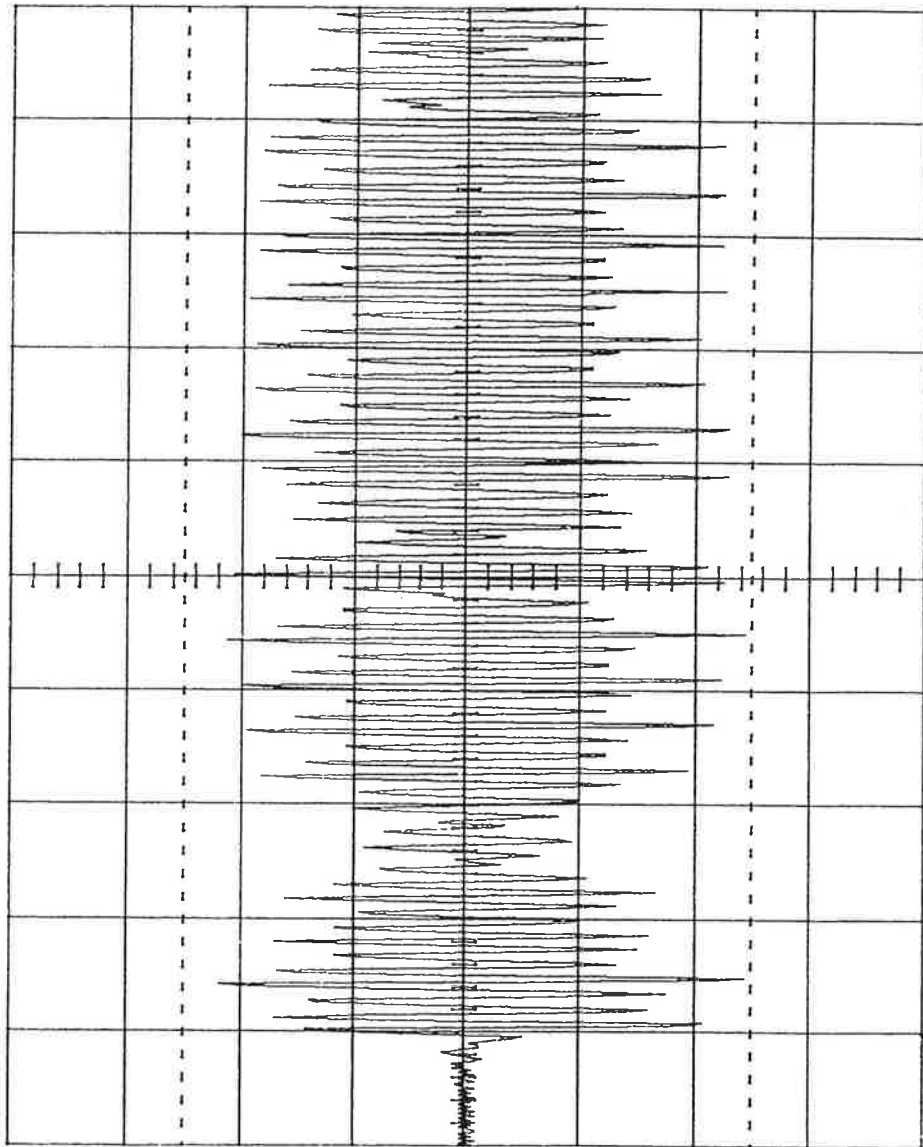
Ch 1 .2 V =
T/div 20 μs Ch 2 5 mV =
Trig $\pm$.50 div $\pm$ CHAN 1 =

Messungen 2130 E und F
(Bügel ob)

Horizontale Polarisation

Main
Menu

2130 K



$f_0 = 416 \text{ kHz}$
 $C_E = 0.5 \text{ V/m}$

Channel 1
20 μs

Ch 1 .2 V =
T/div 50 μs Ch 2 .5 mV =
Trig $\pm$.50 div $\pm$ CHAN 1 =

Messung 2130 K (Hauptschalter an)
Horizontale Polarisation

Main
Menu

2200 A

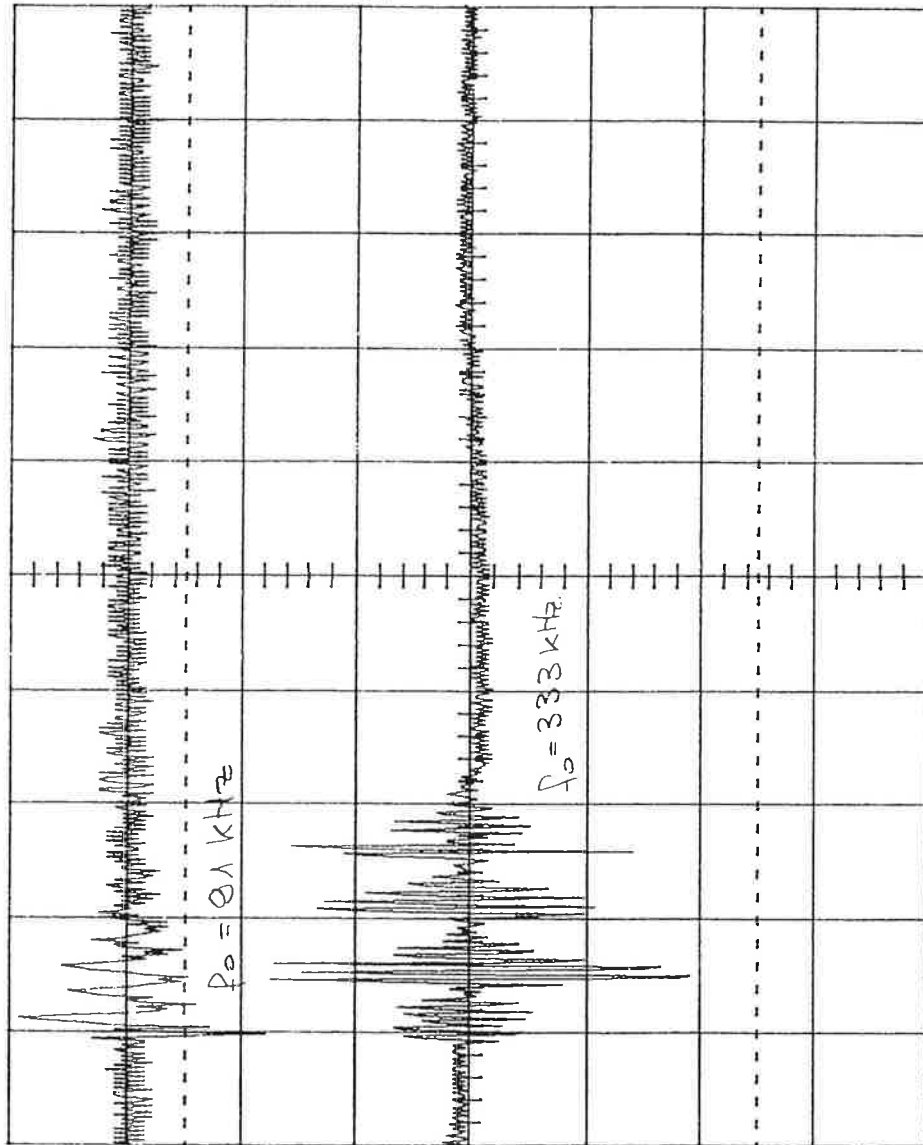
2200 V

$$C_E = 0,25 \text{ V/m}$$

Memory C
50 μ s

$$C_E = 0,5 \text{ V/m}$$

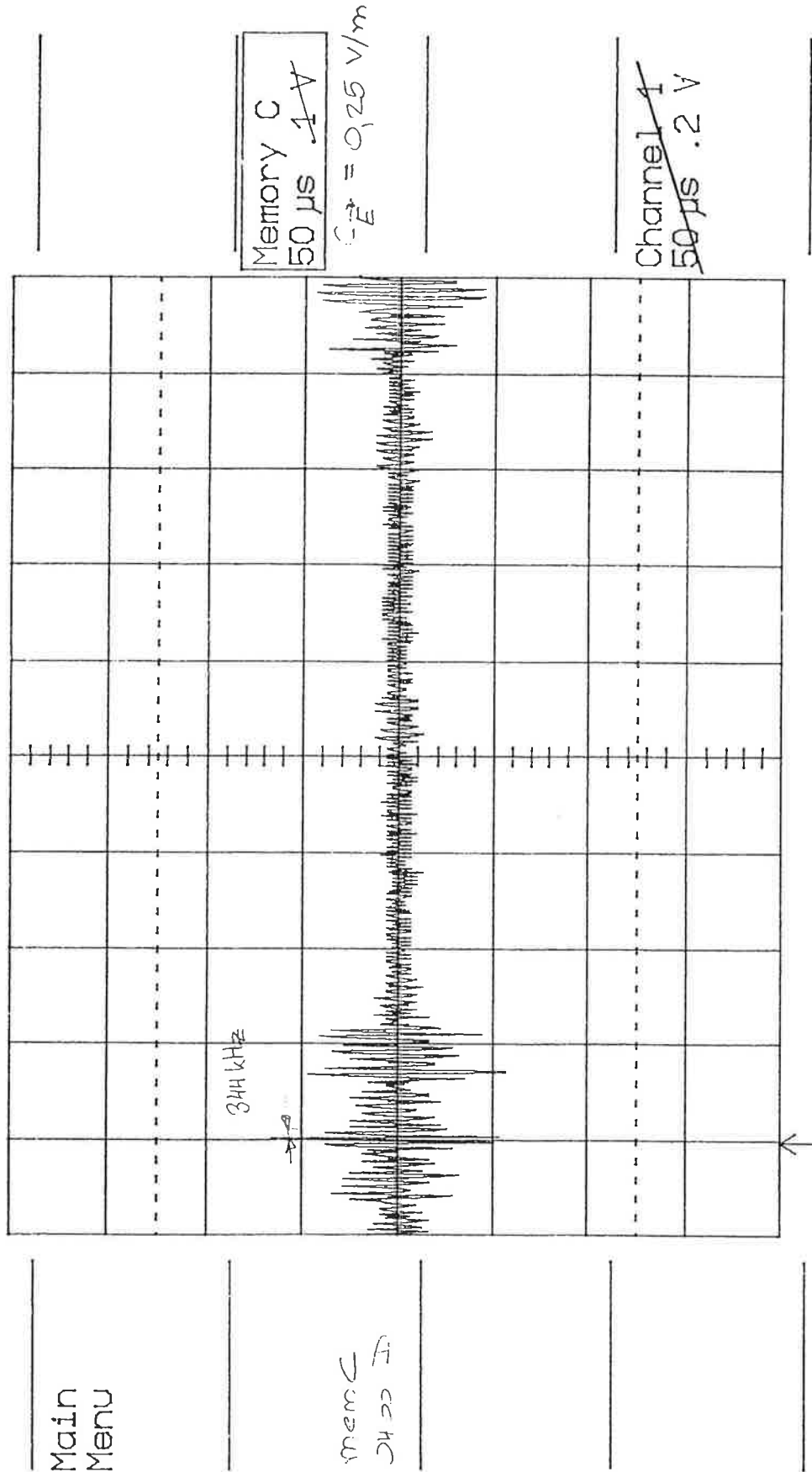
Channel 1
50 μ s



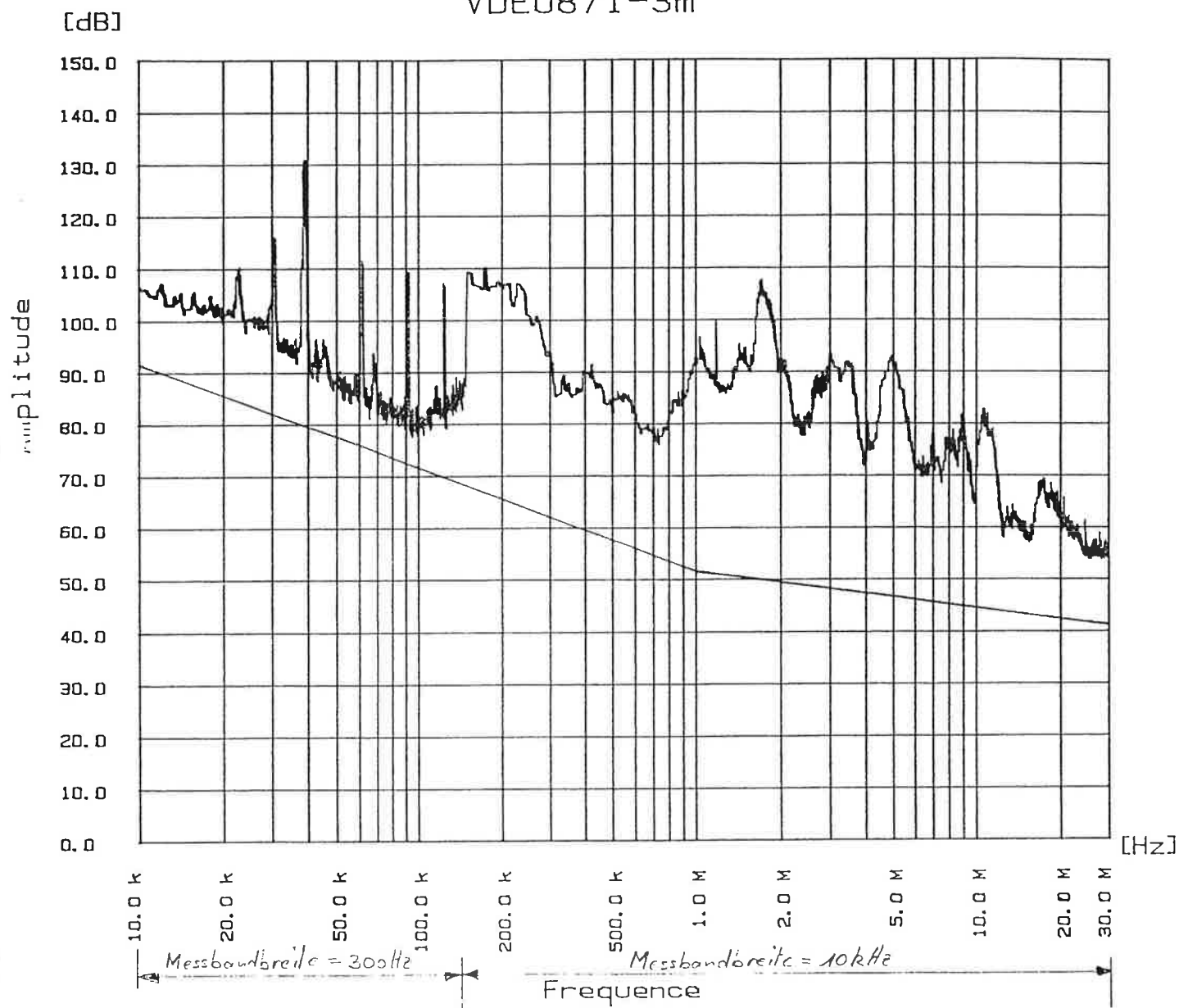
Ch 1 .2 V =
T/div 50 μ s Ch 2 5 mV =
Trig $\pm$.50 div $\pm$ CHAN 1 >

Messungen 2200 A und 2200 K
(Hauptschalter aus und Hauptschalter
ein)

Horizontale Polarisation



VDE0871-3m

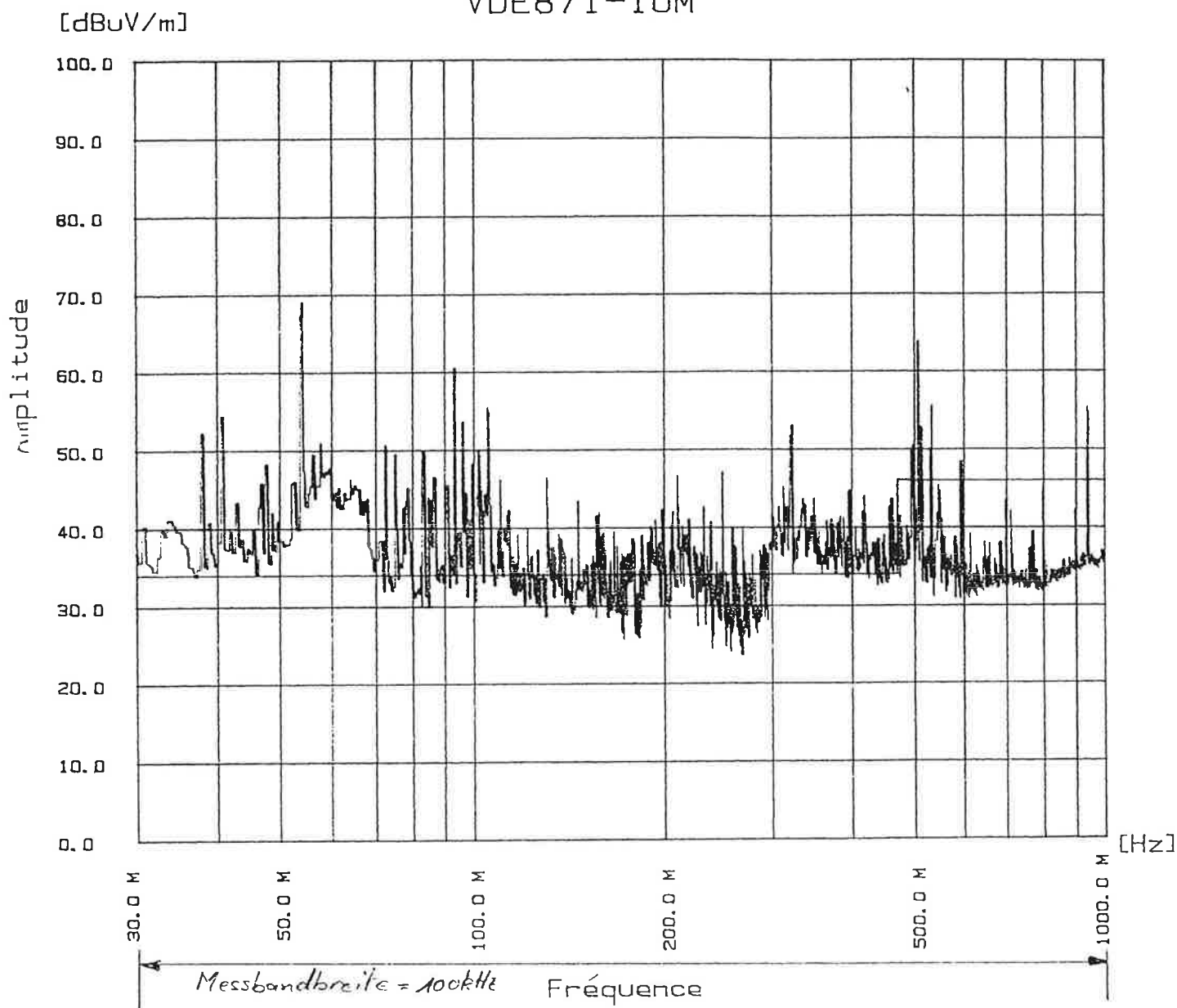
Messung 86000

Standort: 2. OG

- kein Bahnbetrieb (Umgebungsstörungen)

18.1.90

VDE871-10M

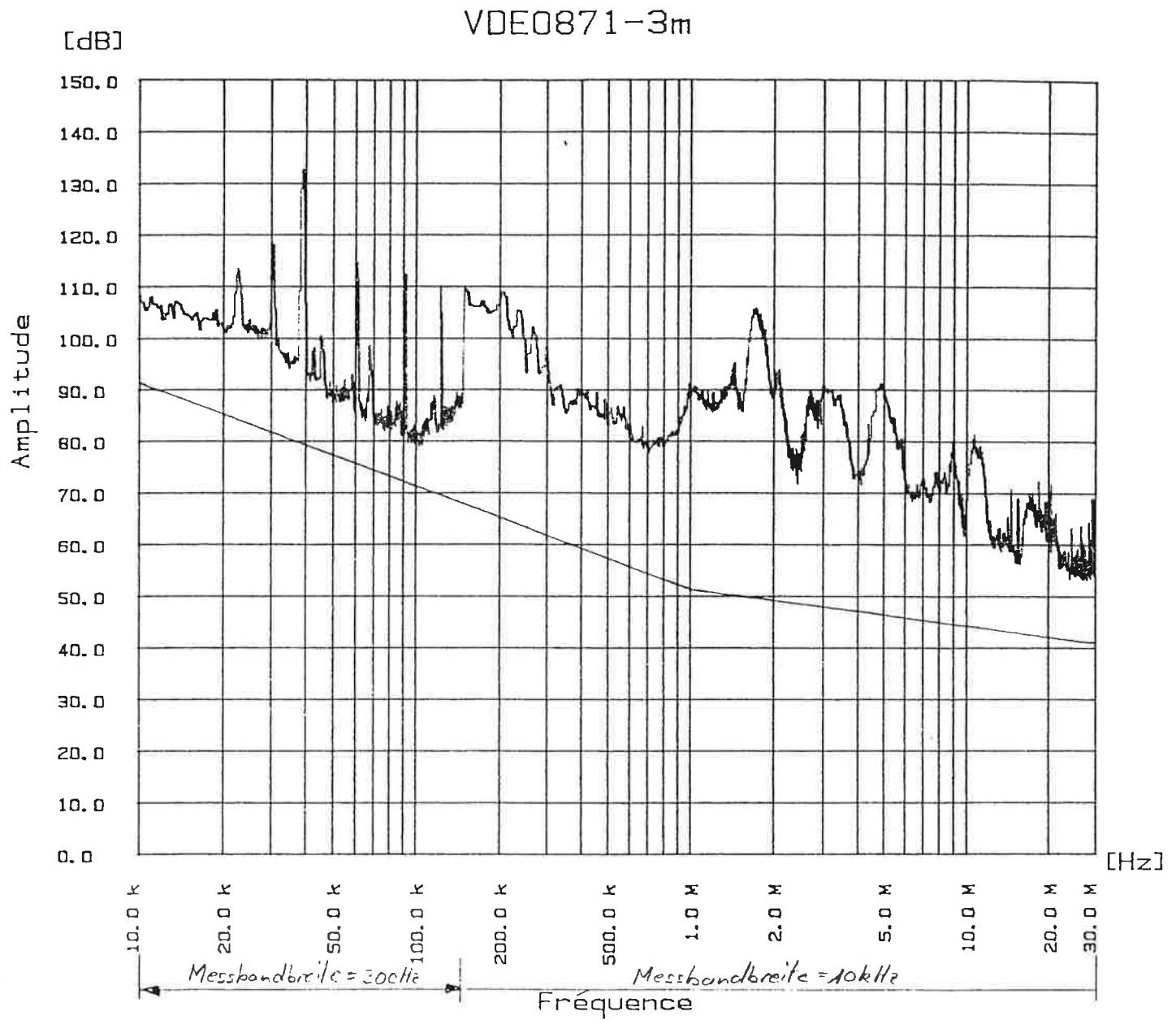


Messung 86000

Standort: 2.06

- kein Bahnbetrieb (Umgebungsstörungen)

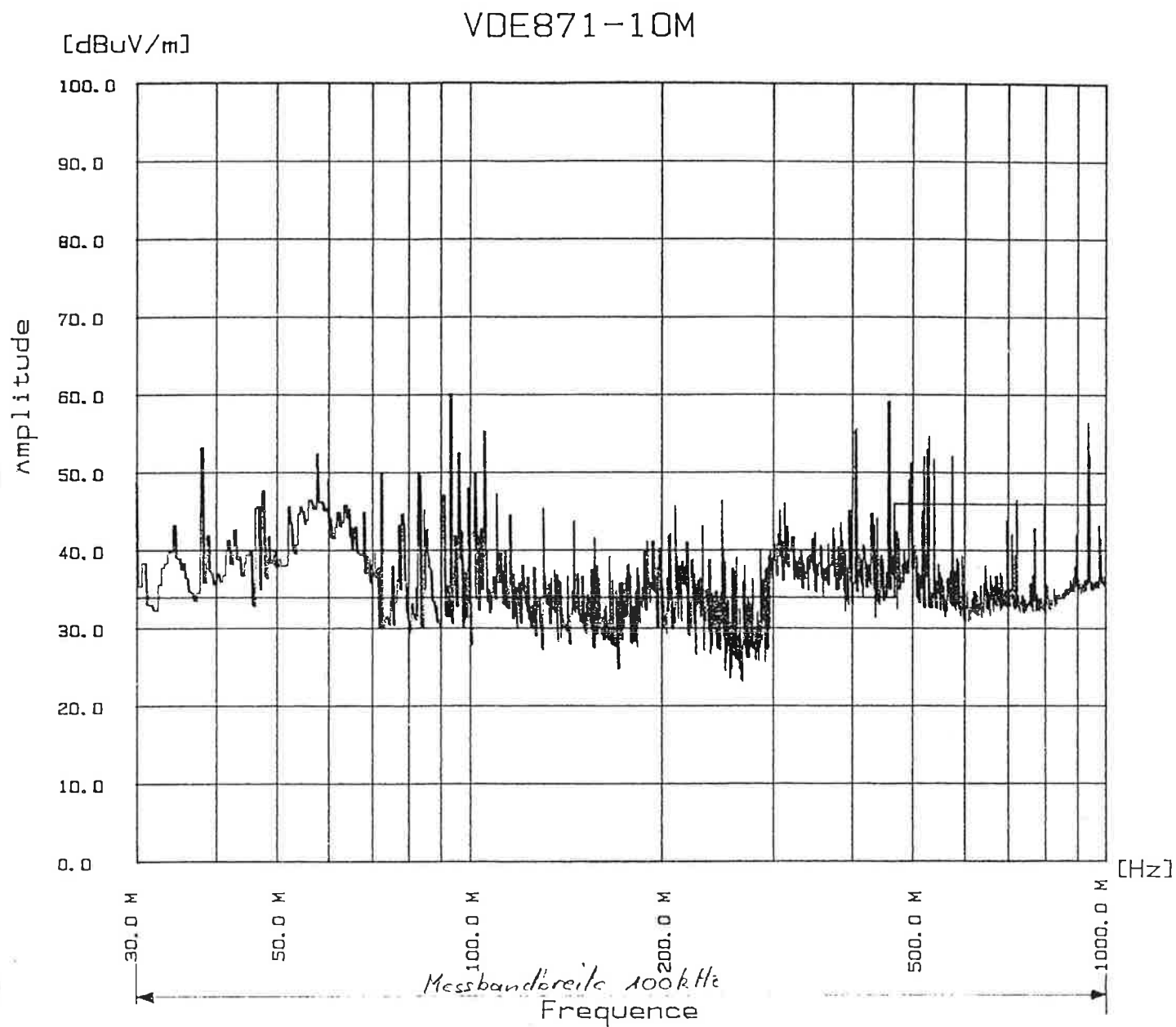
18.1.90



Messungen 86201 und 86202 Standard : 2.0G

- Beschleunigungs- und Bremsphase einer Lokomotive unter der Bank

18.1.90

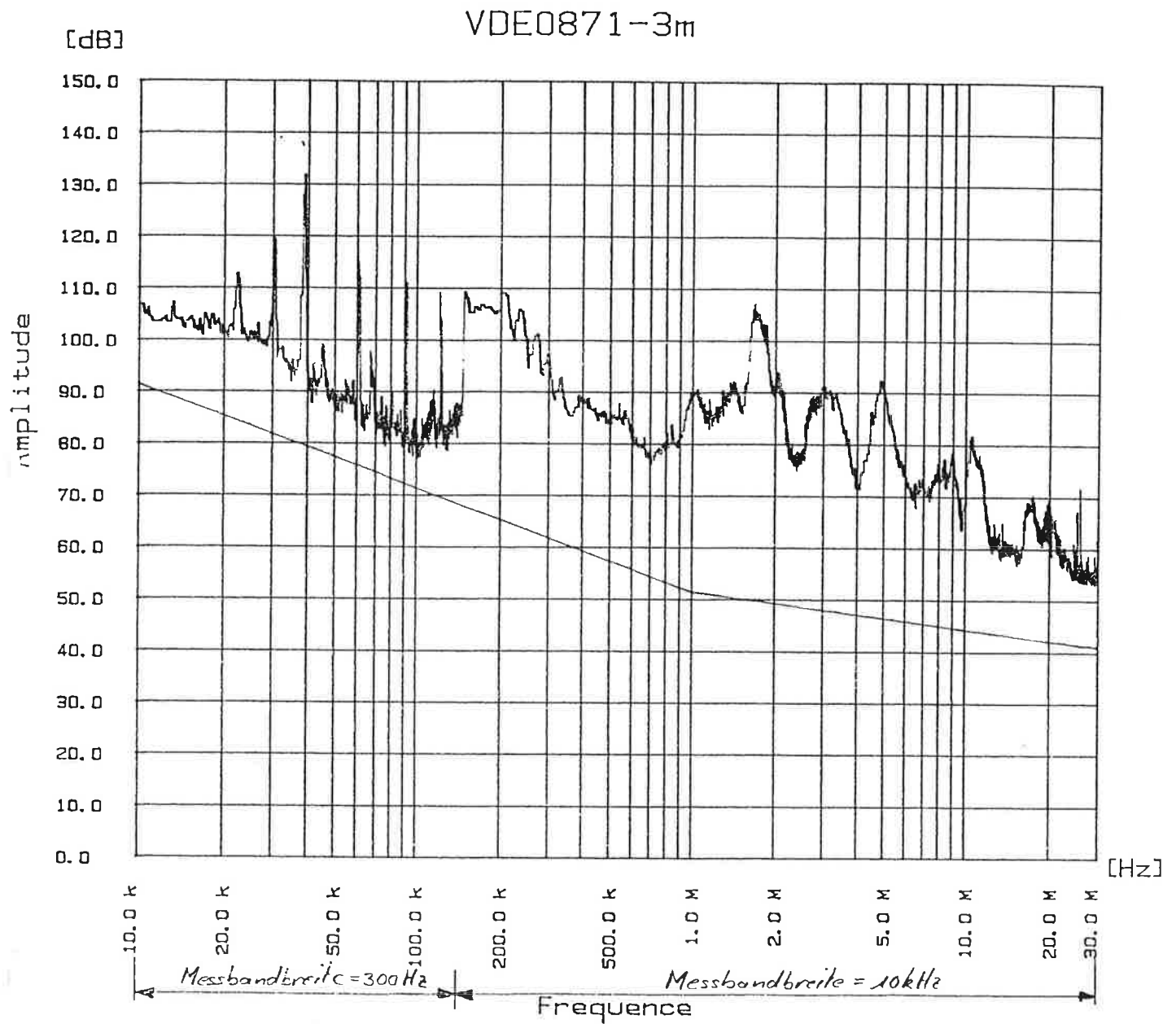


Messung 86201 und 86202 Standard: 2.06

- Beschleunigungs- und Bremsphase einer Lokomotive unter der Bank

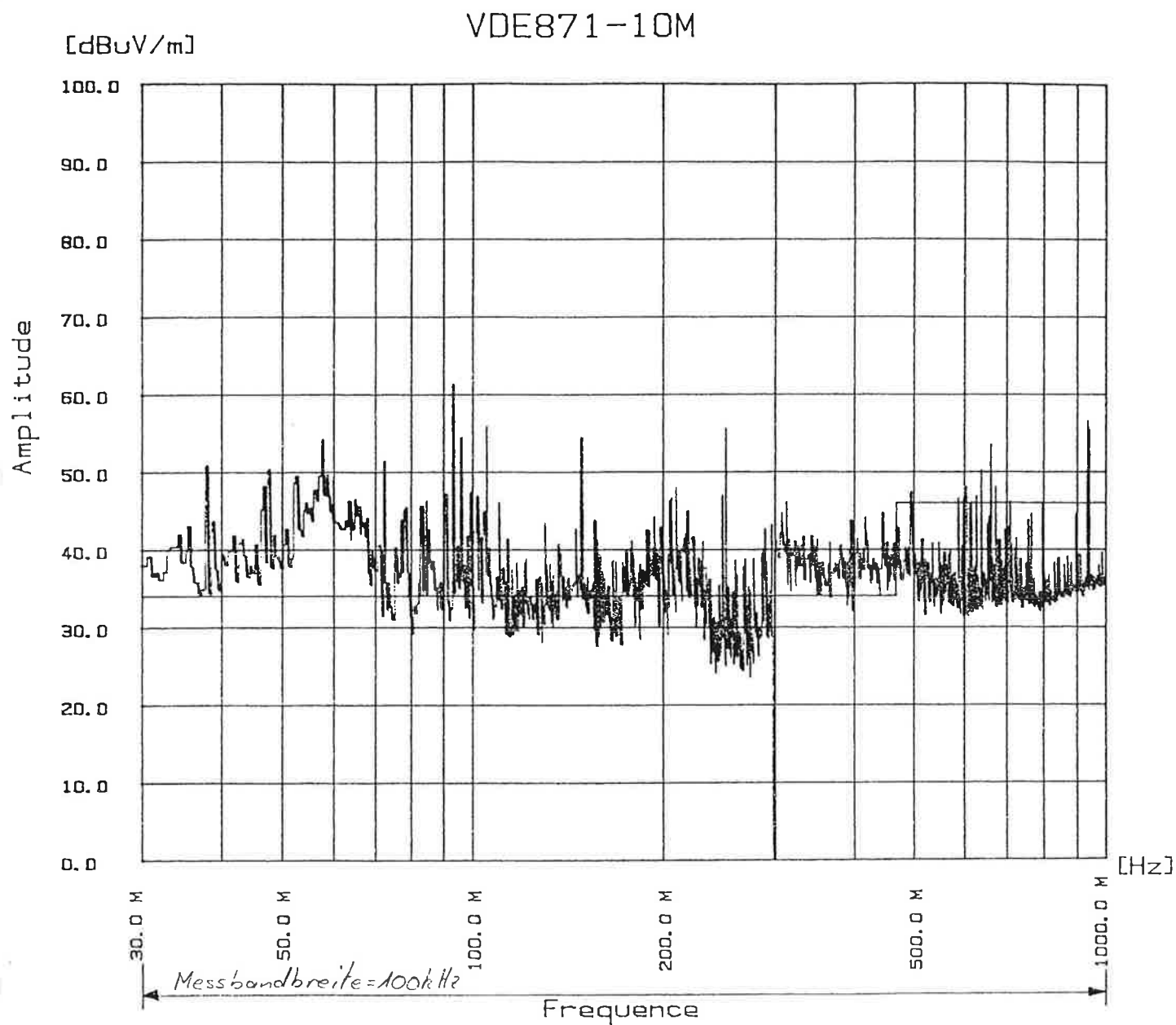
Reilano 200

18.1.90



Messung 86203 Standort: 2. OG
- Bremsvorgang unter der Bank

18.1.90

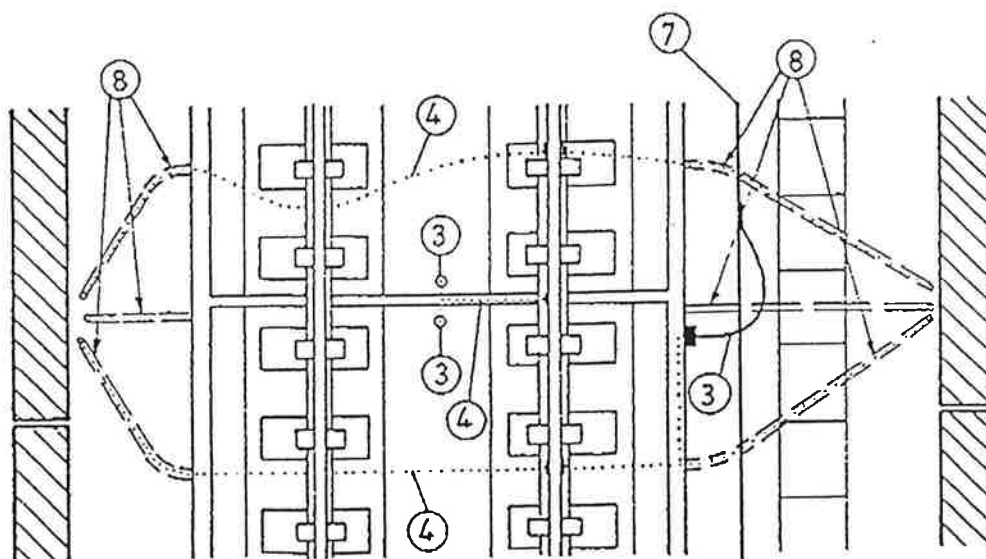


Messung 86204 Standort: 2. OG

- Anfahrt unter der Bahn

三





141-1130
tab 15

Deze norm is niet opgenomen in deze rapportage

141-1130
tab 16

Deze norm is niet opgenomen in deze rapportage

141-1130
tab 17

Deze richtlijn is niet opgenomen in deze rapportage

141-1130
tab 18

Deze norm is niet opgenomen in deze rapportage

Notulen

Datum vergadering 20 januari 2000

Betreft vergadering Overleg ING- KEMA- HSL, mbt EMC problematiek

Aanwezig
ING: Dhr Morren, Dhr. Posthumus, Mevr.Mr. Nubé
KEMA: Dhr Tap, Dhr. Venhuizen
HSL: Dhr De Vet, Dirven, Lobeek

Gasten

Afwezig

Kopie Archief

Datum
20 januari 2000

Ons kenmerk

Uw kenmerk

Contactpersoon
Zuid-Holland Midden

Doorkiesnummer
030- 2641 300

E-mail

1 Inleiding

Allereerst vindt er een inventarisatie plaats van de documenten die HSL-zuid heeft verstuurd en welke in bezit zijn van KEMA en ING. Het betreft hier:

- [1] Rapport 'EMC-analyse HSL-Zuid, ING Rekencentrum Wilgenplas, stand van zaken ten behoeve van overleg met ING en KEMA', ir. H.J.A. de Vet, ir. R.G.C. Dirven, Projectorganisatie HSL-Zuid, 10 december 1999
- [2] Rapport 'Compatibilité électromagnétique en environnement ferroviaire', SNCF (IG.LE), 2 december 1999.
- [3] Vrije vertaling van concept rapport SNCF d.d. 2 december 1999, opgesteld door ir. H.J. Lobeek (HSL-Zuid), kenmerk ZHM/5120018A.
- [4] Rapport 'NL High Speed Line, Radio frequency emissions from the railway at the site of the ING Wilgenplas bank computer centre', Donald S. Armstrong, NL-004, december 1999, 2^e concept
- [5] Rapport 'E & H Veldmetingen; Spanningssluit Halle, Eerste uitwerking', ir. H. Smulders, ir. G. van Alphen, Holland Railconsult, kenmerk AR/HS/99000076 – versie 2.0, 3 januari 2000, definitief
- [6] Rapport "Messung der in der J.H. Schroder-Bank durch die S-Bahn im Hirschengrabentunnel verursachten Elektromagnetische beeinflussungen" EMC Fribourg SA, Januar 1990, Auftrag 89-834.

Projectorganisatie
Hogesnelheidslijn-Zuid
Projectbureau
Zuid-Holland Midden
Tiberdreef 4
3561 GG Utrecht

Tel 030 - 264 12 00
Fax 030 - 264 13 33

2 Nieuwe informatie

Vervolgens wordt nieuwe (reeds eerder aangekondigde) informatie verstrekt. Het betreft een Nota over zwerfstromen en GSM-Rail, en een samenvatting van de meetresultaten van de transiëntmetingen te Luxemburg op 11 december 1999.

- Nota: "Beschouwing 50 Hz zwerfstromen bij ING Rekencentrum Wilgenplas" 14 januari 2000, Bart de Vet
- Compacte samenvatting van de meetresultaten van de emissiemetingen uitgevoerd op 11 december in Wiltz, Luxemburg; utrecht, 19 januari 2000.

3 Zwerfstromen en GSM-Rail

Bovengenoemde Nota wordt behandeld waarbij er discussie ontstaat over het effect van de tunnelbak en de effecten van zwerfstromen die via kabels of wapeningsijzer van het gebouw binnen dringen. Tijdens de vergadering wordt een poging ondernomen om deze effecten te schatten. Als actie kan worden genoteerd:

Als afsluitende conclusie wordt geformuleerd: ING zal geen hinder ondervinden van zwerfstromen, als bevestiging van deze conclusie zal de ervaring van de metingen op de Havenspoorlijn (waarschijnlijk najaar 2000) worden gemeld. Ten aanzien van GSM-R: Omdat het GSM-R netwerk vergelijkbaar is met de overige GSM netwerken worden er op dit gebied geen problemen verwacht.

4 Vragen / opmerkingen n.a.v. eerder verstrekte rapporten

KEMA vraagt verduidelijking over de hoogte van transiënten: Armstrong noemt in zijn rapport dat transiënte verschijnselen hooguit 10 tot 20 dB boven de limiet uit EN 50121 kunnen uitstijgen terwijl SNCF een waarde van 40 dB noemt maar geen referentie. HSL heeft deze vraag voorgelegd aan SNCF waarbij SNCF heeft geantwoord dat zij eens 40 dB piek hadden gemeten ten opzichte van de omgevingsruis. Omdat zij geen absolute waarden aan deze relatieve meting konden verbinden is deze waarde in hun eindrapportage weggelaten. De gevoerde fax-correspondentie met SNCF wordt ter vergadering uitgereikt. Het eindrapport van SNCF is als bijlage aan dit verslag toegevoegd.

Een andere vraag gaat over de geleidbaarheid van de grond om de tunneldemping te berekenen. Is de gebruikte waarde (30 Ohm.m) ter plaatse vastgesteld uit een meting? Dit blijkt niet het geval te zijn. De waarde die Armstrong gebruikt komt uit een CISPR rapport. HSL-Zuid zal nagaan hoe de tunneldemping verandert als functie van de bodemgeleidbaarheid. ING zal gegevens verstrekken van de bliksemafleider installatie van RCWP.

KEMA merkt op dat zij aan de hand van de tot nu verstrekte informatie nog niet kunnen bepalen of apparatuur bij RCWP ongestoord blijft na het in dienst komen van de HSL-Zuid. KEMA stelt dat het meten van spanningspulsen op kabels een beter inzicht geeft dan de weergave van transiënten in het frequentiebereik. Het is ook mogelijk om berekeningen uit te voeren waarbij er dan vanwege een

bepaalde onnauwkeurigheid een iets grotere marge in toelaatbare spanning moet worden genomen.

In de EMC onderzoeken blijkt dit een plotselinge koerswijziging: HSL-Zuid heeft zich met medeweten van KEMA georiënteerd op de spoorwegnorm. KEMA merkt op dat al begin vorig jaar door KEMA samen met HSL is vastgesteld dat transiënten mogelijk problemen kunnen opleveren en dat meer duidelijkheid noodzakelijk is ten aanzien van karakteristieken van deze transiënten. KEMA betreurt het niet eerder te hebben vastgesteld dat de vertaling van transiënten naar geïnduceerde stoorspanningen niet zonder meer mogelijk is indien de transiënten volgens de norm zijn gemeten.

KEMA stelt voor om spanningspulsen ten gevolge van transiënten te meten of berekenen op een kabel die parallel aan het spoor loopt. Als de geïnduceerde spanningen beneden een afgesproken waarde blijven kan KEMA aan ING meedelen dat ook transiënte verschijnselen niet tot verstoring van apparatuur kan leiden.

HSL-Zuid zal zich beraden over bovenstaand gewijzigde aanpak van het onderzoek.

Effecten van de reeds doorgevoerde ontwerpwijzigingen: het verplaatsen van het de spanningssluis en het doortrekken van het tunneldek over 50 meter.

Het verplaatsen van de spanningssluis heeft als effect dat de plaats waar regelmatig wordt geschakeld (in de trein en vanwege het laten zakken en opzetten van de stroomafnemers) niet meer ter hoogte van RCWP ligt. Met deze maatregel neemt de frequentie van de transiënten die ter hoogte van RCWP kunnen ontstaan beduidend af.

Het doortrekken van het tunneldek heeft een dempend effect. Omdat de zichtlijn naar de dichtstbijzijnde gevel van RCWP hiermee toeneemt tot 80 meter kan worden berekend dat de velden die bij RCWP ontstaan met tenminste 6 dB afnemen.

5 Volgende bespreking

Nader te bepalen.

Actielijst

Nr	Omschrijving	Datum	Actor
1	Monitoring zwervstroommeting Havenspoorlijn	Najaar 2000	HSL
2	Beraden over een nieuwe meting *	24 jan.	HSL
3	Tunneldemping als functie van bodemgeleidbaarheid	Febr. 2000	HSL
4	Gegevens verstrekken van de bliksemafleider bij RCWP	Febr. 2000	ING
5			
6			

* HSL-Zuid heeft zich uitgesproken tot het opzetten van een methode om te bepalen hoe groot de spanningen kunnen worden op een kabel die parallel aan het spoor wordt gespannen. Hierbij zal door KEMA aan de hand van metingen (in overleg met en in aanwezigheid van HSL) worden vastgesteld hoe hoog spanningspulsen kunnen worden. Na deze actie wordt verwacht dat KEMA de ING-bank volledig kan adviseren.

141-1130
tab 20

FACILITAIR BEDRIJF NEDERLAND

Memo

Betreft Aarding
Datum 26 september 1997

Referentie
Bladzijde 1

Van E.A. Vrolijk
Onderdeel FBN/FO-GSD/WP/Huisv.
Afdeling Techniek

Telefoon 010-2113123
Fax 010-2113265
Locatiecode B1-80

Aan J.Bijvoet

Het aardingssysteem wat is geïnstalleerd ten behoeve van de aarding-en bliksembeveiligingsinstallatie in de Wilgenplas bestaat uit.

-In de funderingsbalken en de kolommen zijn aardingsplaten aangebracht waaraan het aardnet van het gebouw bevestigd zit.

-In de computer- en werkruimte zijn de verhoogde vloeren geaard door middel van CU-Litze 6mm². Elke steun is zowel in de langsrichting als in de dwarsrichting verbonden. Onder de computer systemen zit een gridnet met maaswijdte van 0,60m. Dit aardnet is verbonden aan de in de (midden) kolommen aangebrachte aardplaten.

-Ten behoeve van de bliksembeveiligingsinstallatie is op de daken een maasvormig net aangebracht wijdte 12.6x10.8m., dat verbonden is met de bewapeningsstaven in de kolommen en hierlangs derhalve naar de grond.

-Elektrische installatie is uitgelegd vlg. NT Systeem veiligheidsaarde + schoneaarde.

-Afscherming van datanet is enkelzijdig verbonden aan de schoneaarde.

-PTT netwerk is enkelzijdig verbonden aan de schoneaarde.

Vertrouwend hiermee voldoende te informeren.

met vriendelijke groet

Evert Vrolijk

EMC-analyse van de gevolgen van vonkvorming in de tractie- energievoorziening voor ING Rekencentrum Wilgenplas

Datum
Ons kenmerk
Versie
Status
Opgesteld door

Getoetst door
Geautoriseerd door
(naam + paraaf)
Vrijgegeven door
(naam + paraaf)

22 mei 2000
RVT0043A
1.0
definitief
ir. R.G.C. Dirven, HSL-Zuid
ir. E.A. van Kleef, HSL-Zuid
ir. H.J.A. de Vet, HSL-Zuid
ing. S. Sijsma

ir. H.J. Lobeek



Projectorganisatie
Hogesnelheidslijn-Zuid
Projectbureau Railsystemen
Postadres:
Postbus 43
3500 AA Utrecht
Bezoekadres:
Catharijnesingel 33
3511 GC Utrecht
Tel 030 - 272 84 00
Fax 030 - 272 84 44

Documenthistorie

Versie	Datum	Gewijzigde hoofdstukken	Beschrijving wijzigingen
0.1 concept	31 maart 2000	-	eerste conceptversie
0.2 concept	14 april 2000	alle	wijzigingen naar aanleiding van overleg HSL-Zuid - KEMA d.d. 5 april 2000
1.0 definitief	22 mei 2000	bijlage 1 4. 5. 6	aanpassing statistische beschouwing uitsluitend wijziging getallen naar aanleiding van wijziging bijlage 1

HSL-Zuid dankt ing. C.F. Post, Lambda Engineering, voor zijn bijdrage aan dit rapport.

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Doel van het rapport	4
3	Uitgangspunten	5
3.1	Input data	5
3.2	Beschouwde apparatuur en bekabeling bij RCWP	5
3.3	Discussie immuniteit RCWP	5
4	Meetresultaten KEMA en statistische beschouwing daarop	7
5	Vertaling meetresultaten naar transiënten in RCWP	8
6	Vertaling transiënten RCWP naar de gevolgen voor de aanwezige installaties	11
6.1	Immuniteit apparatuur	11
6.2	Bekabeling	12
6.3	Gevolgen voor installaties RCWP	15
7	Conclusies	17
8	Referenties	18
Bijlage 1	Statistische bewerking meetresultaten EMC	19
Bijlage 2	CM-immuniteit apparatuur in het kader van de EMC-richtlijn	23
Bijlage 3	Toelichting Common Mode Rejection (CMR)	25
Bijlage 4	Tekening toekomstige situatie HSL-Zuid bij RCWP	27

1 Inleiding

De aan te leggen Hogesnelheidslijn-Zuid (HSL-Zuid) komt dicht bij ING Rekencentrum Wilgenplas (RCWP) te Rotterdam te liggen. De kortste afstand bedraagt 33m; hierbij bevindt de HSL zich in een gesloten tunnel. De afstand tot het zichtbare deel van de spoorweg zal minimaal 80m bedragen. (Voor situatietekening, zie Bijlage 4.)

Door de Projectorganisatie HSL-Zuid wordt een analyse uitgevoerd naar de mogelijke elektromagnetische (EM) beïnvloeding van de (computer-) systemen bij RCWP. Hierbij treedt KEMA op als adviseur voor ING. Doel van de analyse is om vast te stellen of er elektromagnetische compatibiliteit (EMC) bereikt wordt tussen HSL-Zuid en RCWP. Als onderdeel daarvan heeft KEMA aangegeven meer inzicht te wensen in de direct in bekabeling geïnduceerde stoorspanningen, die optreden als gevolg van vonkverschijnselen in de 25 kV tractie-energievoorziening op de HSL-Zuid. Dergelijke vonkvorming kan ontstaan als gevolg van de elektromechanische interactie tussen treinen en bovenleiding.

Om inzicht te krijgen in de verstoring die vonkverschijnselen tussen bovenleiding en stroomafnemers veroorzaken heeft KEMA in maart 2000 metingen uitgevoerd in Nederland (ter verkenning) en in België langs het tracé van de reeds in dienst zijnde hogesnelheidslijn. Hierbij zijn met behulp van een meetlus met 10m² oppervlak stoorspanningen gemeten die veroorzaakt worden door vonkvorming. Op basis van de meetresultaten is in voorliggend rapport een analyse gemaakt van de mogelijke consequenties voor de systemen bij RCWP.

2 Doel van het rapport

Op basis van de meetresultaten van door KEMA uitgevoerde stoorspanningsmetingen dient het stoorpotentieel van transiënte stoorspanningen als gevolg van vonkverschijnselen in de 25 kV tractie-energievoorziening op de computersystemen van RCWP te worden ingeschat. Conclusies dienen te worden getrokken over het ongestoord kunnen functioneren van de elektronische apparatuur van het rekencentrum in de nabijheid van het toekomstige tracé van de HSL-Zuid.

3 Uitgangspunten

Bij het opstellen van dit rapport zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

3.1 Input data

De meetresultaten van KEMA fungeren als input data voor de EMC-analyse. Op basis van de meetresultaten worden de te verwachten CM- en DM-spanningen op de klemmen van apparatuur bepaald en worden EMC-aspecten van de apparatuur beschouwd. De maximaal gemeten waarden en de statistische verdeling worden beschreven in hoofdstuk 4.

3.2 Beschouwde apparatuur en bekabeling bij RCWP

Vanwege de grote verscheidenheid aan elektronische systemen in het rekencentrum is bij de EMC-beoordeling uitgegaan van een aantal 'standaard' configuraties van apparatuur en bekabeling.

Bekabeling

De EMC-analyse is uitgevoerd voor zowel symmetrische als asymmetrische kabels. De UTP ('unshielded twisted pair') kabel wordt beschouwd als de meest kritische kabel voor wat betreft elektromagnetische beïnvloeding, vanwege het ontbreken van afscherming.

Apparatuur

Bij de EMC-beoordeling van elektronische apparatuur wordt ervan uitgegaan dat de apparatuur bij RCWP voldoet aan de Europese EMC-richtlijn [2]. Op basis hiervan geldt een minimale immuniteit van de apparatuur volgens EN 50082-1 [3] (generieke norm voor huishoudelijke, handels- en licht-industriële omgeving).

Voor zover bekend bij HSL-Zuid is van slechts een gedeelte van de apparatuur bij RCWP bekend of voldaan wordt aan de Europese EMC-richtlijn; van de overige apparatuur zijn slechts gedeeltelijk EMC-specificaties bekend, zie [11] (rapport KPMG) en [12] (overleg ING – KEMA – HSL). Omdat niet van alle apparatuur de immuniteit bekend is, wordt voor apparatuur die niet voldoet aan de EMC-richtlijn de immuniteit ingeschat (zie paragraaf 6.1) en wordt bekeken wat de mogelijke gevolgen zijn voor deze apparatuur.

3.3 Discussie immuniteit RCWP

Bij RCWP wordt zowel apparatuur toegepast die voldoet aan de Europese EMC-richtlijn, als apparatuur die daar niet aan voldoet. De Europese EMC-richtlijn is van kracht sinds 1 januari 1992, en is wettelijk verplicht vanaf 1 januari 1996. De datum van indienststelling van het HSL-tracé bij RCWP is 1 januari 2006. Op dat moment is de richtlijn dus reeds 10 jaar wettelijk verplicht. Men zou dus mogen verwachten dat, zeker gezien de doorgaans korte economische levensduur van computerapparatuur, het

grootste gedeelte van de apparatuur aan de EMC-richtlijn voldoet op het moment van indienststelling van de HSL-Zuid.

De generieke norm voor de huishoudelijke, handels- en licht-industriële omgeving EN 50082-1, die de minimale immuniteitseisen weergeeft op basis van de EMC-richtlijn, is een vrij lage eis voor RCWP:

1. de voorgeschreven testniveau's zijn gebaseerd op 'huishoudelijk' gebruik en derhalve relatief laag;
2. voor een aantal tests (zoals bijvoorbeeld voor 'Electrical Fast Transients') wordt performance criterium B gehanteerd, hetgeen betekent dat tijdens de test een verminderde prestatie van het apparaat toegestaan is (voor de definitie van de performance criteria, zie norm).

Voor een cruciaal rekencentrum zoals RCWP zou, in ieder geval voor bedrijfskritische systemen, redelijkerwijs verwacht mogen worden dat er een hogere immuniteit geldt dan volgens EN 50082-1. Dit betekent concreet dat er zwaardere eisen gesteld zouden kunnen worden aan de apparatuur, de bekabeling en de aarding van de systemen.

Ter illustratie:

Apparatuur

Aan apparatuur waarvan het storingsvrij functioneren van groot belang is voor het bedrijfsproces, zouden zwaardere eisen gesteld kunnen worden dan die volgens de algemene immuniteitsnorm voor de huishoudelijke, handels- en licht-industriële omgeving (EN 50082-1). Hierbij kan gedacht worden aan het verzwaren van de testniveaus en de 'performance criteria' (bijvoorbeeld voorschrijven performance criterium A: tijdens de test is geen verminderde prestatie van het apparaat toegestaan).

Bekabeling en aarding

Met betrekking tot de bekabeling en aarding van de systemen kan een betere immuniteit bereikt worden door de systemen aan te leggen zoals omschreven in het document IEC 61000-5-2 [1].

4 Meetresultaten KEMA en statistische beschouwing daarop

De meetopstelling, meetmethode en resultaten van de metingen die uitgevoerd zijn door KEMA aan transiënten als gevolg van vonkverschijnselen, zijn weergegeven in het rapport 'Pulsvormige inductiespanningen ten gevolge van Hogesnelheids treinen, gemeten in het tijdsdomein' [4].

De statistische analyse met betrekking tot de meetresultaten is weergegeven in Bijlage 1.

Op basis van de statistische analyse wordt in de verdere EMC-analyse gerekend met een maximale common-mode spanning in de meetlus van $U_{CM} = 353 \text{ V}_{tt}$ (= 2 x de halve EMK in de meetlus). Dit is de verwachtingswaarde voor de spanning die door 1 : 100 000 treinen overschreden wordt, behorende bij de maatgevende situatie van eenmaal per 100 jaar overschrijding; zie Bijlage 1.

3. voor het gedeelte in de tunnel: de demping van de bodem. Hiervoor wordt een worst case waarde gehanteerd. Op de wijze zoals weergegeven in appendix G van het rapport van Armstrong [5] wordt de demping bepaald¹. De slechtste demping ontstaat bij de hoogst mogelijke waarde van de soortelijke weerstand van de bodem, $500\Omega\text{m}$. Uit het meetrapport kan grafisch bepaald worden dat de dominante frequenties van de gemeten verschijnselen 1MHz en hoger bedragen. Met deze gegevens kan de indringdiepte δ bepaald worden: $\delta \leq 11,3\text{m}$. Op basis hiervan volgt de demping voor een afstand van 33m van minimaal $D_b = 25\text{ dB}$; hiermee wordt in de verdere analyse gerekend. (Ter illustratie: met een meer reële waarde voor de soortelijke weerstand van de bodem, $100\Omega\text{m}$, volgt een demping van minimaal 57dB);

- voor de open bak: om de dempende werking van de verdiepte ligging en de betonnen constructie waarin de spoorlijn zich bevindt in rekening te brengen, wordt een demping aangenomen van $D_o = 3\text{dB}$.

4. demping van de gebouwconstructie (demping D_g). Deze demping bestaat uit een bijdrage van de muren, de (verhoogde) vloeren en het gridnet[6]. De gebouwdemping, die frequentie-afhankelijk is, is op basis van de uitgevoerde nulmetingen[7] niet direct vast te stellen. Voor de relevante frequenties (meetrapport KEMA: dominante frequenties $\geq 1\text{MHz}$) wordt de demping gesteld op minimaal $D_g = 10\text{dB}$. Op basis van literatuur[13] blijkt dat een meer reële waarde voor de gebouwdemping in het betreffende frequentiegebied minimaal 20 – 30dB bedraagt². Op dit moment is de exacte demping van het gebouw bij RCWP niet beschikbaar, deze dient nader vastgesteld te worden, de meest betrouwbare methode hiervoor is het vaststellen door middel van metingen;

5. de oriëntatie van het veld ten opzichte van de kabellus. Vanwege de oriëntatie van het gebouw van RCWP ten opzicht van de HSL-Zuid (voor situatietekening, zie Bijlage 4) is de hoek tussen de lengte/breedterichting van het rekencentrum en de spoorlijn ca. 45° . Op de gehanteerde minimale afstanden van 33m (voor het gesloten gedeelte, doorsnede A-A in Bijlage 4) respectievelijk 80m (voor het open gedeelte, doorsnede C-C in Bijlage 4) kan een kabellus met lengte orde 100m daardoor niet parallel lopen aan de HSL-Zuid, maar alleen onder een hoek van ca. 45° . De demping D_α wordt dus $D_\alpha = 3\text{ dB}$;

6. de grootte van het CM oppervlak A_{CM} ten opzichte van het oppervlak van de meetlus. Het worst case CM-oppervlak van bekabeling wordt gesteld op 10 m^2 , uitgaande van orde 100m kabellengte en enkele cm afstand tot de kabelgoten en het grid van de computervloer [6]. Dit is overeenkomstig het oppervlak van de gehanteerde meetlus; hieruit volgt dus een verschil van 0 dB;

7. de resulterende CM spanning op de klemmen van apparatuur. Deze spanning treedt op ten opzichte van de lokale aarde c.q. de behuizing van de apparatuur;

¹ Opmerking: hierin is alleen de demping van de grond meegenomen; de demping van de tunnelwand is niet in beschouwing genomen.

² Uit referentie [13] volgt voor betonwapening met een maaswijdte van 10cm en een dikte van het wapeningsstaal van 12mm de demping als functie van de frequentie: 1kHz: 27dB, 10kHz: 35dB, 100kHz: 38dB, 1MHz: 41dB. Hierbij wordt er van uitgegaan dat wapeningsmatten onderling doorgelast worden.

8. de resulterende DM spanning op de klemmen van apparatuur. Deze spanning treedt op tussen de (signaal)aders van de apparatuur.

Om vast te stellen welke bijdrage dominant is, de HSL in de tunnel op 33m afstand of in de open bak op 80m afstand, wordt voor beide situaties op basis van bovengenoemde punten 2 t/m 6 de totale minimale demping bepaald:

tunnel 33m:

totale demping: $D = D_d + D_b + D_g + D_a = 4 + 25 + 10 + 3 \text{ dB} = 42 \text{ dB} (= \text{factor } 126)$

open bak 80m:

totale demping: $D = D_d + D_o + D_g + D_a = 16 + 3 + 10 + 3 \text{ dB} = 32 \text{ dB} (= \text{factor } 40)$

Hieruit blijkt dat de bijdrage van de open bak (via de 'vrije zichtlijn') dominant is; in het vervolg van de analyse wordt hiervan uitgegaan.

De maximale spanning vastgesteld op basis van de metingen met de meetlus kan nu vertaald worden naar de maximale CM-spanning U_{cm} in de installatie; deze bedraagt $353V_{tt} / 40 = 8,9V_{tt}$.

In het volgende hoofdstuk wordt verder uitgewerkt wat dit gegeven betekent voor de installaties bij RCWP.

6 Vertaling transiënten RCWP naar de gevolgen voor de aanwezige installaties

In het vorige hoofdstuk is op basis van de meetresultaten van KEMA vastgesteld dat de maximale CM-spanning U_{cm} in de installatie binnen het gebouw van RCWP, met inachtneming van het statistisch bepaald maximum, $8,9V_{tt}$ bedraagt. In dit hoofdstuk wordt verder uitgewerkt wat dit gegeven betekent voor de installaties bij RCWP.

De consequentie voor de installaties bij RCWP is van twee factoren afhankelijk: a) de immuniteit van de apparatuur en b) het type bekabeling van de installaties.

6.1 Immuniteit apparatuur

Voor de apparatuur wordt op basis van de Europese EMC-richtlijn uitgegaan van een minimale immuniteit conform EN 50082-1 [3] (huishoudelijke, handels- en licht-industriële omgeving). Tevens wordt bekeken wat de mogelijke gevolgen zijn voor apparatuur die niet voldoet aan de EMC-richtlijn.

Apparatuur kan verstoord worden door zowel de CM- als de DM-spanning.

CM

In Bijlage 2 is aangegeven welke CM-immuniteit volgt uit EN 50082-1: dit is minimaal $100V_{tt}$ voor een CM-pulsspanning op de klemmen.

DM

Voor de DM-stoorspanning is uit de normering geen eenduidige immuniteit af te leiden³. Er wordt daarom uitgegaan van een immuniteit van 20% van de signaalspanning, bij een signaalspanning van $5V_{tt}$. Dit betekent dus een maximaal toelaatbare DM-stoorspanning van $1V_{tt}$.

De DM-stoorspanning op de klemmen van de apparatuur wordt bepaald door het type bekabeling (zie paragraaf 6.2) en door de omzetting van CM-spanning naar DM-spanning aan de in- en uitgangen van elektronische apparatuur. Signaalpoorten voor UTP en STP ('shielded twisted pair') kabels zijn symmetrisch uitgevoerd. Ten aanzien van de storende invloed is de CMRR (Common-Mode Rejection Ratio) van de veelal toegepaste galvanische scheidingen van belang. Meestal wordt de CMR (= Common Mode Rejection = $20\log_{10}[CMRR]$) van scheidingsversterkers, signaaltransformatoren en optocouplers

³ Een exacte DM-immuniteit is niet te geven. Volgens Goedbloed is de stoormarge voor ECL-techniek 130mV en voor LS-TTL 400mV. Dit betreft de gevoeligheid van de elektronica; hieraan zijn geen kabels met een lengte van orde 100m aangesloten, hooguit verbindingen binnen een apparaat of apparatenrek. Verder is de vraag voor welk type signaal deze immuniteit gedefinieerd is: continue signalen, transiënten, etc. Bij kabellengtes orde 100m worden altijd scheidingstrafo's, optocouplers, line drivers of soortgelijke in- en uitgangen toegepast. In het uitzonderlijke geval dat ECL en LS-TTL toch bij signaalpoorten voor zou komen, wordt verwacht dat de betreffende apparatuur niet zal voldoen aan de eisen volgens de EMC-richtlijn.

gespecificeerd. Omdat het stoorsignaal breedbandig is dient de CMR voor de gehele frequentieband bekend te zijn. Voor de CMR wordt een minimale waarde van 40 dB in het frequentiegebied 0-30 MHz aangehouden; voor de onderbouwing van deze keuze, zie Bijlage 3. In paragraaf 6.3 is een gevoeligheidsanalyse weergegeven voor de grootte van de CMR.

Voorbeeld: Indien de CMR van een signaalingang gespecificeerd is als 40 dB dan zal bij een common-mode spanning van $8,9V_{tt}$ een differential mode stoorspanning ontstaan van $8,9V / 10^{(40/20)} = 89mV_{tt}$.

De keuze voor de DM-immuniteitswaarde van $1V_{tt}$ wordt tevens ondersteund door de CM-pulsspanning op de klemmen van minimaal $100V_{tt}$ in combinatie met een CMR van 40dB: dit levert ook een DM-pulsspanning van $1V_{tt}$, waartegen de apparatuur bestand zou moeten zijn.

Voor de meeste apparatuur die niet voldoet aan de EMC-richtlijn is de immuniteit onbekend. De immuniteit wordt een factor 3 lager geschat dan de immuniteitswaarde van apparatuur die wel voldoet. Dit betekent (afgerond): een maximaal toelaatbare CM-stoorspanning van $30V_{tt}$ en een maximaal toelaatbare DM-spanning van $300mV_{tt}$. Voor deze aanname is in paragraaf 6.3 een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

In tabel 1 zijn de immuniteitswaardes van de apparatuur samengevat:

Tabel 1: immuniteitswaardes van de apparatuur

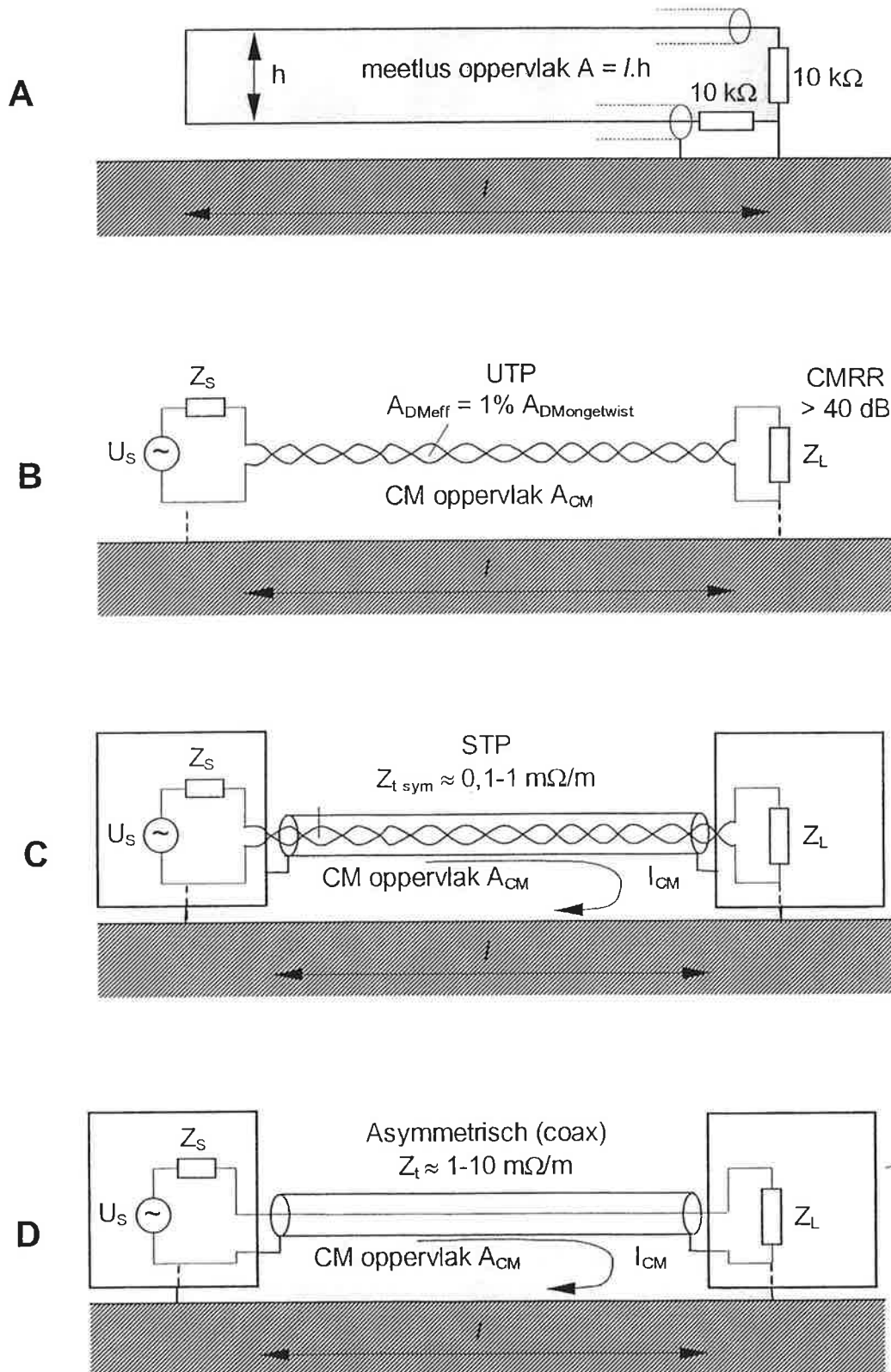
immuniteit apparatuur	conform EMC-richtlijn	niet conform EMC-richtlijn
CM	$100V_{tt}$	$30V_{tt}$
DM	$1V_{tt}$	$300mV_{tt}$

6.2 Bekabeling

De situatie wordt beschouwd voor verschillende types bekabeling. De wijze waarop de bekabeling is uitgevoerd bepaalt de CM- en DM-stoorspanning die de apparatuur aan de klemmen te verwerken krijgt.

In deze beschouwing is gekeken naar een enkele kabel tussen twee apparaten. In werkelijkheid bevinden de kabels zich in bundels met naar schatting tientallen tot honderden kabels. De demping die daardoor veroorzaakt wordt is niet meegenomen in de beschouwing.

De verschillende types bekabeling zijn weergegeven in figuur 2. Ter illustratie is hierin tevens de meetopstelling van KEMA weergegeven.



Figuur 2: verschillende opstellingen met symmetrische en asymmetrische kabels

Hieronder is voor ieder type bekabeling een toelichting gegeven; verder zijn de te verwachten CM- en DM-stoorspanning weergegeven, met tenslotte de marge tussen stoorspanning en immuniteit (de zogenaamde compatibiliteitsmarge).

- A De opstelling waarmee KEMA heeft gemeten. Het oppervlak $A = 10 \text{ m}^2$;
- B Dit is een zogenaamde UTP-verbinding, welke bestaat uit een getwist aderpaar zonder afscherming. Dit type verbinding wordt altijd symmetrisch uitgevoerd. De geïnduceerde spanning in het CM-oppervlak bedraagt $8,9V_{\text{tr}}$. De DM-stoorspanning bestaat dan uit de volgende bijdragen:
- 1 in de kabel: directe inkoppeling van het veld op het differential mode oppervlak van een niet-afgeschermd kabel, de hierdoor opgebouwde spanning wordt U_{DMk} genoemd ($k = \text{kabel}$). Om deze spanning te bepalen wordt een vertaling gemaakt op basis van de verhouding $A_{\text{DM}}/A_{\text{CM}}$, waarbij A_{DM} het DM-oppervlak tussen de aderen is. Het niet-getwiste oppervlak bedraagt maximaal 10% van het CM-oppervlak, uitgaande van ader – aderafstanden van enkele mm en kabellengten van orde 100m. Door het twisten bedraagt het effectieve DM oppervlak 1% van het niet-getwiste oppervlak. Dit betekent dus $U_{\text{DMk}} \leq 9mV_{\text{tr}}$.
 - 2 de omzetting van CM-spanning naar DM-spanning aan de in- en uitgangen van elektronische apparatuur, deze spanning wordt U_{DMd} genoemd ($d = \text{device}$). Uitgaande van een $\text{CMR} \geq 40 \text{ dB}$ $\rightarrow U_{\text{DMd}} \leq 89mV_{\text{tr}}$.

Er wordt uitgegaan van de worst case situatie dat beide bijdragen (van kabel en apparaat) in fase optellen, er wordt geen rekening gehouden met een eventuele spanningsreductie door ongelijke fasekarakteristieken. Hieruit volgt dan een maximale DM-stoorspanning van $U_{\text{DM}} = U_{\text{DMk}} + U_{\text{DMd}} \leq 98mV_{\text{tr}}$.

De marges voor CM en DM bedragen respectievelijk minimaal 21dB ($100V / 8,9V = \text{factor } 11$) en 20dB ($1V / 98mV = \text{factor } 10$). Voor apparatuur die niet aan de EMC-richtlijn voldoet worden de marges voor CM en DM respectievelijk 11dB ($30V / 8,9V = \text{factor } 3,4$) en 10dB ($300mV / 98mV = \text{factor } 3,1$).

- C Dit is een STP-verbinding, waarbij het getwiste aderpaar is afgeschermd door middel van een metalen mantel. Evenals type B wordt deze verbinding altijd symmetrisch uitgevoerd. Vanwege de afscherming kan de directe inkoppeling op het DM-oppervlak worden verwaarloosd. Het CM-circuit wordt kortgesloten door de mantel die aan beide uiteinden verbonden is met de lokale aarde. De CM-impedantie wordt gesteld op $Z_{\text{cm}} = 50 - 150\Omega$ (zie Bijlage 2); hieruit volgt: $I_{\text{cm}} = 59 - 177mA_{\text{tr}}$. De DM-stoorspanning volgt uit $U_{\text{DM}} = I_{\text{cm}} \cdot Z_t \cdot l$, met $Z_t = 0,1 - 1m\Omega/m$ en $l = 100m$: $U_{\text{DM}} = 0,6 - 18mV_{\text{tr}}$. De CM-spanning en dus de CM/DM-omzetting aan de klemmen van de apparatuur zijn hier niet van belang.

De marge voor de DM-stoorspanning bedraagt 35dB ($1V / 18mV = \text{factor } 56$). Voor apparatuur die niet aan de EMC-richtlijn voldoet wordt de marge 25dB ($300mV / 18mV = \text{factor } 17$).

Indien de montage van de mantel op de apparatuur niet correct is uitgevoerd, zal de mantel zijn werking verliezen doordat er minder of geen stroom meer over de mantel kan lopen; in het slechtste

geval (waarbij de mantel geen stroom meer voert), is er in feite sprake van een type B verbinding: UTP.

- D Dit is een verbinding via een coaxkabel, welke per definitie asymmetrisch is. Hiervoor geldt $U_{DM} = I_{cm} \cdot Z_t$. Met $I_{cm} = 59 - 177 \text{ mA}_{\text{eff}}$, $Z_t = 1 - 10 \text{ m}\Omega/\text{m}$ en $l = 100 \text{ m}$ volgt: $U_{DM} = 6 - 177 \text{ mV}_{\text{eff}}$.

De marge voor de DM-stoorspanning bedraagt 15dB ($1 \text{ V} / 177 \text{ mV} = \text{factor } 5,6$). Voor apparatuur die niet aan de EMC-richtlijn voldoet wordt de marge 5dB ($300 \text{ mV} / 177 \text{ mV} = \text{factor } 1,7$).

6.3 Gevolgen voor installaties RCWP

In tabel 2 zijn voor de verschillende situaties de marges tussen stoorspanning en immuniteit samengevat (de compatibiliteitsmarges):

Tabel 2: compatibiliteitsmarges voor de verschillende types bekabeling

MARGE	voldoet aan EMC-richtlijn		voldoet niet aan EMC-richtlijn	
	CM	DM	CM	DM
UTP (B)	21dB	20dB	11dB	10dB
STP (C)	-	35dB	-	25dB
coax (D)	-	15dB	-	5dB

Uit tabel 2 blijkt duidelijk dat het type bekabeling van invloed is op de immuniteit van de systemen.

Bij de maximale stoorspanning is de kans van optreden reeds in rekening gebracht. Derhalve is de vereiste marge om compatibiliteit te bereiken 0dB en hoger.

Uit de analyse blijkt dat er voldoende immuniteit is tussen de stoorspanningen veroorzaakt door het vonkgedrag en de immuniteit van de systemen; dit betekent dat er geen verstoring optreedt in de systemen van RCWP als gevolg van vonkvorming in de tractie-energievoorziening op de HSL-Zuid.

Voor de volgende grootheden wordt hieronder een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd:

1. immuniteit van apparatuur die niet voldoet aan de EMC-richtlijn: indien we uitgaan van een immuniteit die een factor 10 (in plaats van een factor 3) lager ligt dan de immuniteit voor apparatuur die voldoet aan de EMC-richtlijn. Hierdoor wordt de compatibiliteitsmarge gereduceerd met 10dB;
2. CMR: indien we uitgaan van $\text{CMR} = 30\text{dB}$, wordt de compatibiliteitsmarge gereduceerd met 10dB;
3. de verwachtingswaarde voor de spanning die door 1 : 1 000 000 treinen overschreden wordt, in plaats van door 1 : 100 000 (zie Bijlage 1). Dit levert een reductie van de compatibiliteitsmarge met 4dB ($542 \text{ V} / 353 \text{ V} = \text{factor } 1,5$);

Dit levert dus een maximale verlaging van de waardes in tabel 2 met 10dB; het resultaat is weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: compatibiliteitsmarges op basis van de gevoeligheidsanalyse

MARGE	voldoet aan EMC-richtlijn		voldoet niet aan EMC-richtlijn	
	CM	DM	CM	DM
UTP (B)	11dB	10dB	1dB	0dB
STP (C)	-	25dB	-	15dB
coax (D)	-	5dB	-	-5dB

Hieruit blijkt dat er voor coaxbekabeling, in combinatie met apparatuur die niet voldoet aan de EMC-richtlijn, geen garantie voor compatibiliteit meer is. Met andere woorden, in deze gevallen is het niet uitgesloten dat er verstoring optreedt. Voor UTP in combinatie met apparatuur die niet voldoet aan de EMC-richtlijn, geldt de minimale marge waarmee compatibiliteit bereikt wordt (0dB).

Doordat in de voorgaande analyse vele worst case aannames zijn gemaakt, ontstaat een cumulatief effect. Op basis van ervaring in de praktijk worden waardes voor stoorspanning en -stroom verwacht die een factor 10 à 100 lager liggen dan de hier bepaalde waardes (onder andere als gevolg van de demping door de parallelle bekabeling). Voor de duidelijkheid: dit is een verwachting die HSL-Zuid heeft indien later metingen uitgevoerd zouden worden bij RCWP voor en/of na ingebruikname van de HSL-Zuid; de genoemde factor is niet meegenomen in de analyse!

Voor een cruciaal rekencentrum zoals RCWP zou, in ieder geval voor bedrijfskritische systemen, redelijkerwijs verwacht mogen worden dat er zwaardere immuniteitseisen gelden dan volgens EN 50082-1. In dat geval is de compatibiliteitsmarge groter dan hierboven aangegeven.

7 Conclusies

- Op basis van de meetresultaten van KEMA is een EMC-analyse uitgevoerd aan een pulsvormige spanning die eens in de 100 jaar op kan treden. Uit de analyse blijkt dat er voldoende marge is tussen de stoorspanningen veroorzaakt door het vonkgedrag van de tractie-energievoorziening op de HSL-Zuid en de immuniteit van de systemen bij RCWP.
- Het type bekabeling is duidelijk van invloed op de compatibiliteitsmarge tussen stoorspanningen enerzijds en de immuniteit van de apparatuur anderzijds. Bij de STP-bekabeling ('shielded twisted pair') is er de hoogste compatibiliteitsmarge, bij coaxbekabeling de laagste.
- Uit de gevoeligheidsanalyse voor een aantal aannames blijkt dat er voor coaxbekabeling (met lengte orde 100m), in combinatie met apparatuur die niet voldoet aan de EMC-richtlijn, geen garantie voor compatibiliteit meer is voor de situatie die eenmaal per 100 jaar kan optreden. Met andere woorden, in deze gevallen is het niet uitgesloten dat er verstoring optreedt. Voor UTP in combinatie met apparatuur die niet voldoet aan de EMC-richtlijn, geldt de minimale marge waarmee compatibiliteit bereikt wordt (OdB). Naar de mening van de HSL-organisatie zou deze combinatie van bekabeling en apparatuur niet voor mogen komen bij zo vitale systemen als die van RCWP. Daarbij is te bedenken dat de beschreven verschijnselen pas na inbedrijfstelling van de HSL per ongeveer januari 2006 zullen kunnen optreden.
- Voor een cruciaal rekencentrum zoals RCWP zou, in ieder geval voor bedrijfskritische systemen, redelijkerwijs verwacht mogen worden dat er zwaardere immuniteitseisen gelden dan volgens de generieke norm voor de huishoudelijke, handels- en licht-industriële omgeving (EN 50082-1), in combinatie met eisen aan bekabeling en aarding. In dat geval is de compatibiliteitsmarge groter dan in de analyse aangegeven.

8 Referenties

- [1] Technical Report IEC 61000-5-2: 1997; Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 5: Installation and Mitigation Guidelines - section 2: Earthing and Cabling
- [2] Europese EMC-richtlijn 89/336/EEG
- [3] NEN-EN 50082-1, 'Elektromagnetische compatibiliteit – Algemene immuniteitsnorm – Deel 1: Huishoudelijke, handels- en licht-industriële omgeving, 2e druk, november 1997
- [4] Rapport 'Pulsvormige inductiespanningen ten gevolge van Hogesnelheids treinen, gemeten in het tijdsdomein', R. Venhuizen, KEMA TDP / PSC, 23 maart 2000, concept
- [5] Rapport 'NL High Speed Line, Radio frequency emissions from the railway at the site of the ING Wilgenplas bank computer centre', Donald S. Armstrong, NL-009, februari 2000
- [6] Memo 'Aarding', van E.A. Vrolijk aan J. Bijvoet, ING Facilitair Bedrijf Nederland, 26 september 1997
- [7] Rapport 'Electromagnetische veldsterkte metingen in en bij het ING computercentrum Wilgenplas', A.C.A.M. Danen, KEMA TDP, 98410040-TDP 98-1227, 1 oktober 1998, concept
- [8] Goedbloed, J.J.; Elektromagnetische compatibiliteit – Analyse en onderdrukking van stoorproblemen, Kluwer Techniek, Deventer, 1996
- [9] EN 61000-4-6:1996, CENELEC
- [10] Notitie 'Statistische bewerking meetresultaten EMC', E.A. van Kleef, HSL-Zuid, 27 maart 2000, concept
- [11] 'Rapport inzake het onderzoek naar de invloed van de HSL op de apparatuur van het rekencentrum Wilgenplas Tweede, uitgebreide uitgave', KPMG EDP Auditors N.V., RP/CC/JV/gu, 5 augustus 1997
- [12] Notulen overleg ING – KEMA – HSL d.d. 21 december 1999 m.b.t. EMC-problematiek, Jan Lobeek, HSL-Zuid, kenmerk 5380061A, 28 december 1999.
- [13] VG 96907, deel 2/12 - 1986, 'Schutz gegen Nuklear-Elektromagnetischen Impuls (NEMP) und Blitzschlag, Konstruktionsmassnahmen und Schutzeinrichtungen, Besonderheiten für verschiedene Anwendungen'
- [14] Artikel 'Some EMC Aspects of Cables', Dr. Jasper J. Goedbloed, Philips Research Laboratories, Eindhoven, The Netherlands; CEM 95 / Lisboa / Portugal

Bijlage 1

Statistische bewerking meetresultaten EMC

Voor het berekenen van de spanning die met een bepaalde kans overschreden wordt, is het nodig a priori een kansverdeling voor de gemeten grootte aan te nemen. Overwogen hierbij zijn de Gumbel-verdeling en een lognormale verdeling [10]. De lognormale verdeling blijkt van deze twee verdelingen het beste bij de meetresultaten aan te sluiten.

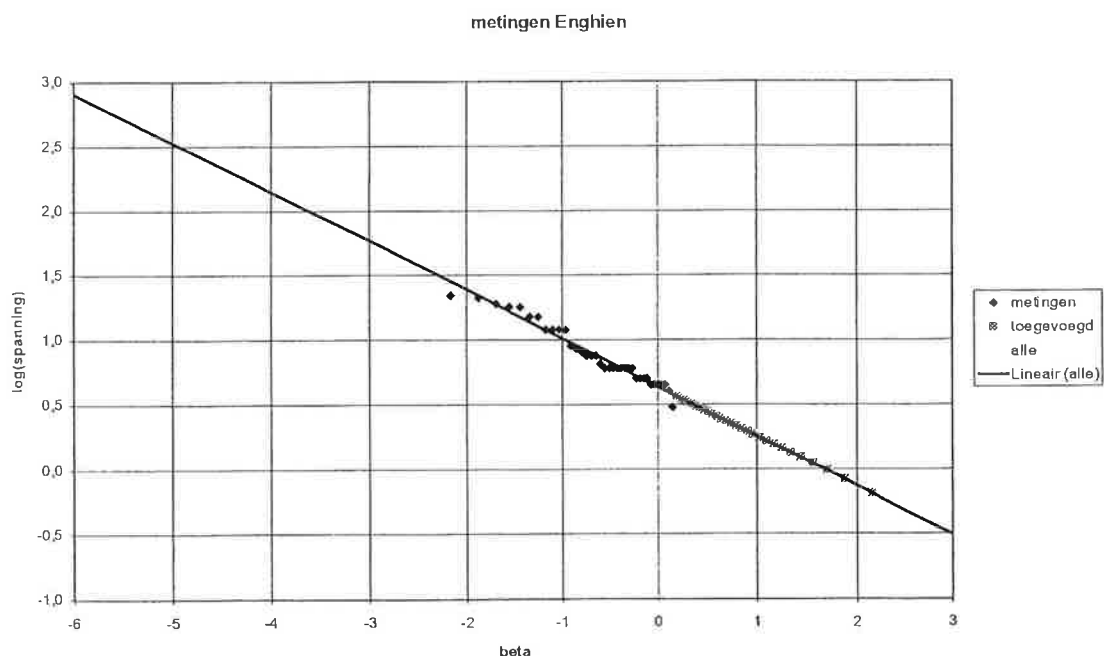
De maximale spanning die bij iedere treinpassage gemeten is, wordt hierbij als een onafhankelijke waarneming beschouwd. Het aantal waarnemingen dat bij Enghien op 14, 15 en 16 maart is gedaan, bedraagt 65. Hiervan hebben 37 een meetbaar signaal opgeleverd. Bij de overige 28 treinpassages bleef de piekspanning onder het triggerlevel. Van deze treinen is dus slechts bekend dat zij een kleine spanning hebben gegenereerd, maar niet hoe groot deze spanning was.

Aangenomen is, dat de gemeten spanningen een lognormale verdeling hadden. De logarithmen van de gemeten waarden hebben dus een normale verdeling. Zij x het aantal malen de standaardafwijking waarbij de overschrijdingskans behoort, die overeenkomt met de meting, en y de logarithme van de gemeten spanning, dan liggen de punten (x, y) volgens de hypothese op een rechte lijn.

Noem deze lijn: $y = a + b x$.

Eerst zijn de parameters van deze lijn geschat uit de 37 meetpunten. Dit leverde op:
 $a = 0,6328$ en $b = -0,3789$.

Vervolgens zijn de ontbrekende meetpunten aangevuld door 28 punten toe te voegen. Deze punten zijn zodanig toegevoegd, dat zij op de hierboven bepaalde lijn liggen. In figuur 1 zijn de meetwaarden en de toegevoegde punten getekend.



Figuur 1

Op het baanvak ten noorden van Rotterdam rijden per jaar maximaal ongeveer 100.000 treinen. Gedurende een periode van 100 jaar passeren over beide sporen tezamen $100 \times 100.000 = 10.000.000$ treinen. De metingen aan de HSL in Enghien in België zijn uitgevoerd tegenover een spaninrichting in de bovenleiding. In een spaninrichting wisselt de stroomafnemer van een trein van de rijdraad van de ene sectie naar de rijdraad van een andere sectie. Op een relatief korte afstand hangen twee bovenleidingnetten naast elkaar. Het is bekend dat de constructie van een spaninrichting kritisch is ten aanzien van stroomafname en dus ook ten aanzien van vonkvorming. Volgens het vigerende ontwerp is de positionering van spaninrichtingen op de HSL-Zuid zodanig dat het midden tussen twee spaninrichtingen zich in de tunnelbak ter hoogte van RCWP bevindt zodat de nadelige eigenschappen van spaninrichtingen geen effect op RCWP zullen hebben.

Een ander belangrijk aspect voor de kwaliteit van de stroomafname is de snelheid. Bij snelheden lager dan het maximum zal de vonkvorming afnemen. De stroomafnemers kunnen de bovenleiding volgen en er treden geen contactonderbrekingen op. Dit gunstige effect treedt zeker op bij RCWP want de snelheid van de remmende treinen (komend van Amsterdam) is maximaal 240 km/uur en de snelheid van de treinen die van Rotterdam naar Amsterdam rijden is maximaal 170 km/uur.

Onder deze omstandigheden is het reëel om aan te nemen dat slechts één op de 100 treinen zal vonken. De spanning die dan eenmaal per 100 jaar overschreden wordt is de spanning die bij 1 op de 100 000 vonkende treinen overschreden wordt. Omdat gegevens ontbreken om de reductie van één op de 100 te onderbouwen zal in een gevoeligheidsanalyse worden bepaald wat het effect is van het verlagen van deze reductie tot één op 10. In dat geval wordt de spanning bepaald die eenmaal per 100 jaar wordt overschreden bij 1 op de 1 000 000 treinen.

Een op de 100 000 treinen komt overeen met een punt $x = -4,26$.

De schatting van de spanning die met een frequentie van 1x per 100 000 treinen overschreden wordt is dan

$$y = 0,6328 + 0,3789 \times 4,26 = 2,2469.$$

$$\log(V) = 2,2469$$

$$V = 176 \text{ Volt} \quad (\text{N.B. dit betreft de halve EMK in de meetlus, de totale spanning zal 353 Volt bedragen})$$

Deze waarde van 353 Volt is het uitgangspunt voor de berekeningen in dit rapport.

GEVOELIGHEIDSANALYSE

In onderstaande tabel is berekend welke spanning overeenkomt met een bepaalde frequentie van vonkende treinen.

Frequentie	x	log V	2V
1:100.000	-4,26	2,2471	353 V
1:500.000	-4,61	2,3798	480 V
1:1.000.000	-4,75	2,4329	542 V
1:5.000.000	-5,07	2,5542	716 V

VARIANTIE

De variantie wordt berekend op de waarde die als uitgangspunt voor het rapport is gegeven, dat wil zeggen op de waarde die is gevonden bij 1:100.000 treinen (spanning 353 V).

De variantie kan nu geschat worden als ⁴

$$\sigma^2 = \{\sum(y - \bar{y})^2 - b^2 \sum(x - \bar{x})^2\} / (n - 2).$$

$$\sum y = 41,1327 \quad \bar{y} = 0,6328$$

$$\sum y^2 = 34,4362$$

$$\sum x = 0 \quad \bar{x} = 0$$

$$\sum x^2 = 58,0482$$

$$\sum xy = -21,9983$$

De schatting voor $\sigma^2 = 0,001116$.

De variantie in de schatting behorend bij een bepaalde frequentie wordt bepaald met⁵

$$s_y^2 = [1 + 1/n + (x - \bar{x})^2 / \sum(x - \bar{x})^2] \sigma^2.$$

Bij een frequentie van 1:100.000 treinen is de variantie:

$$s_y^2 = [1 + 1/65 + 4,26^2 / 58,0482] 0,001116 = 0,0015. \text{ De standaardafwijking is } 0,0385.$$

Bij een frequentie van 1:5.000.000 treinen is de variantie:

$$s_y^2 = [1 + 1/65 + 5,07^2 / 58,0482] 0,001116 = 0,001627. \text{ De standaardafwijking is } 0,0403.$$

De waarde van y heeft een Student-t verdeling met $n-2$ vrijheidsgraden. De waarde die een overschrijdingskans α heeft is dus te berekenen als:

$$y_\alpha = \bar{y} + s_y \cdot t_{63,\alpha}$$

De resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel.

frequentie	95%	99%	99,9%
1:100.000	410 V	437 V	471 V
1:500.000	558 V	595 V	642 V
1:1.000.000	631 V	674 V	727 V
1:5.000.000	837 V	894 V	967 V

⁴ R.M. Bethea, B.S. Duran, T.L. Bouillon: *Statistical methods for engineers and scientists*; New York, Basel, Hong Kong: Marcel Dekker, Inc.; 1988; pag. 291.

⁵ o.c., pag. 296.

SAMENVATTING / CONCLUSIE

Resumerend worden de volgende spanningen gevonden:

- De verwachtingswaarde voor de spanning in een meetlus zoals bij Enghien toegepast werd bedraagt 353 V.
- Uit de variantieberekening volgt dat de 99,9% bovengrens voor de spanning die door 1:100.000 treinen overschreden wordt, is 471 V.
- Bij een gevoeligheidsanalyse waarbij wordt gerekend met overschrijding door 1:1.000.000 treinen (1 op de 10 treinen vonkt) bedraagt de verwachtingswaarde voor de spanning 542 V.

In het rapport zal worden gerekend met de hier bepaalde verwachtingswaarde van 353 V. Tevens zal bij de gevoeligheidsanalyse een spanning van 542 V worden ingevoerd.

Bijlage 2

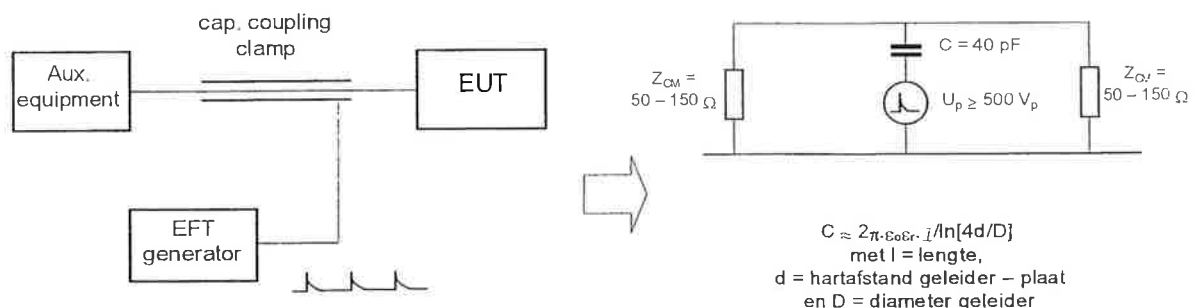
CM-immuniteit apparatuur in het kader van de EMC-richtlijn

Bij de EMC-beoordeling van elektronische apparatuur wordt uitgegaan van een minimale immuniteit van de apparatuur volgens EN 50082-1 [3] (huishoudelijke, handels- en licht-industriële omgeving). Op basis hiervan dient de apparatuur te voldoen aan de EFT-test ('Electrical Fast Transients') conform EN 61000-4-4, testniveau 500V. Op basis van deze test heeft de apparatuur een bepaalde immuniteit voor CM-stoorsignalen. Hieronder wordt het niveau van deze CM-immuniteit ingeschat.

De CM-impedantie van zowel het EUT (Equipment Under Test) circuit als het auxiliary equipment circuit wordt gesteld op 50 – 150Ω. De onderbouwing hiervoor is als volgt:

1. In de norm EN 61000-4-6 [9] zijn immuniteitstesten gedefinieerd voor draadgebonden storingen. Hierin worden tests uitgevoerd met behulp van 'coupling decoupling networks' (CDN), met korte bekabeling naar het apparaat (tussen 10cm en 30cm). Deze CDN's hebben een impedantie van 150Ω, waarmee de CM-impedantie van lange bekabeling gesimuleerd wordt.
2. Laagfrequent benadering: 1m kabel vertegenwoordigt 1μH zelfinductie (vuistregel). Deze benadering mag toegepast worden zolang $l \leq \frac{1}{10}\lambda$. Voor 1MHz: $\frac{1}{10}\lambda = 30\text{m}$. Een kabel van 30m lengte heeft daarmee een zelfinductie van ca. 30μH. De impedantie bij 1MHz bedraagt derhalve: $Z = \omega L = 2\pi \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 10^{-6} = 188\Omega$.
3. Hoogfrequent benadering: voor hoge frequenties (lengte van kabels in de orde van $\lambda/4$ of langer) gedragen kabels zich als min of meer effectieve antennes. Uit het artikel [14] van Goedbloed blijkt dat kabels van een telefooncentrale statistisch een CM-impedantie hebben van 160Ω (50%-waarde). Tevens is de spreiding hierin aangegeven: slechts 1% van de gemeten waarden ligt beneden de 25Ω.

Met behulp van de CM-impedantie en de impedantie van de 'capacitive coupling clamp' kan de CM-stoorspanning op de klemmen van de apparatuur als gevolg van de EFT-test bepaald worden.



Figuur 3: blokschema immuniteitsbeproeving volgens EN 61000-4-4 en vervangingscircuit CM-circuit

De capaciteit van een geleider boven een vlak is enkele tientallen pF (volgens de formule in figuur 3). Met een $C = 40\text{pF}$ een 5/50ns puls van 500V * (volgens EN 61000-4-4) wordt een piekstroom van enkele ampères verkregen, waarbij de CM pulsspanning op de klemmen van de apparatuur minimaal 100V_{tt} bedraagt.

In de verdere analyse gaan we uit van een CM-immuniteit aan de klemmen van het apparaat van minimaal 100V_{tt}.

* Naar aanleiding van overleg tussen HSL-Zuid en KEMA d.d. 5 april 2000 met betrekking tot de calibratie van de EFT-generator en de hoogte van de spanningspuls tijdens de test: in EN 61000-4-4:1995 (= IEC 1000-4-4:1995) wordt het volgende gemeld over de calibratie van de EFT-generator:

A.1: de generator dient gecalibreerd te worden door de uitgang aan te sluiten op een 50Ω resistieve belasting ('platte' frequentierespons tot 400MHz). Hierbij dient de generator te voldoen aan de karakteristieken beschreven in 6.1.2.

6.1.2: aansluiting EFT-generator op oscilloscoop via 50Ω coaxiale afsluiting. Bandbreedte minimaal 400MHz. De spanningsniveaus (o.a. de 500V die hier van belang is), stijgtijd etc. dienen te voldoen aan de in de norm gedefinieerde waarden.

Met een minimale CM-impedantie van de bekabeling van 50Ω is de testspanning van de generator daarmee dus minimaal 500V.

Bijlage 3

Toelichting Common Mode Rejection (CMR)

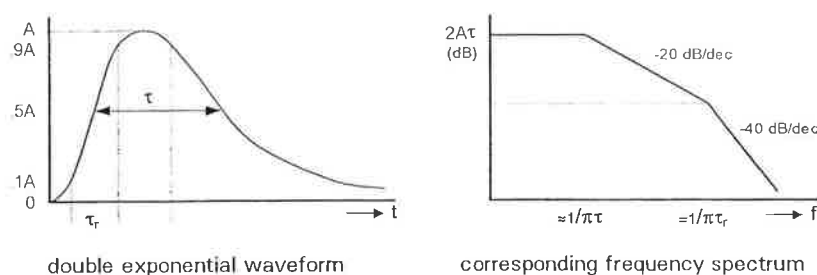
(Naar aanleiding van kritiekpunt KEMA overleg d.d. 5 april 2000: CMR in de praktijk is zelden 40dB tot 30MHz.)

In het gehele rapport is het frequentiespectrum niet nader beschouwd. Voor een complete benadering zou de stoorspanning in het frequentiedomein moeten worden omgezet. Vervolgens wordt de frequentieafhankelijke CM/DM-omzetting van verschillende typen galvanische scheidingen gehanteerd om de uiteindelijke DM-spanning te bepalen.

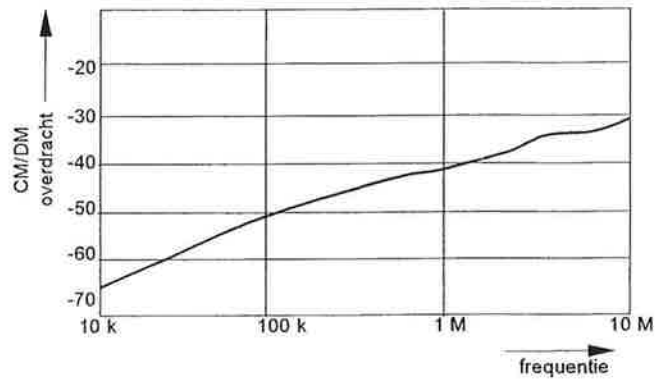
De CMR geeft de verhouding weer van de DM/DM-overdracht ten opzichte van de CM/DM-overdracht. Goedbloed [8] beveelt aan de afzonderlijke overdracht CM/DM te hanteren.

Voor een scheidingsversterker bedraagt de CM/DM-overdracht in het frequentiegebied van 1 – 10MHz -40 à -30 dB. Het gaat hierbij om een 'gewone' scheidingstransformator. Verwacht wordt dat voor specifieke signaaltransformatoren met aardscherm een hogere CM/DM-onderdrukking wordt bereikt. Voor optocouplers geldt een CM/DM-overdracht van -80 à -20 dB, afhankelijk van het type optocoupler. Van de apparatuur bij RCWP wordt redelijkerwijs verwacht dat voor lange signaalverbindingen betere CM/DM-onderdrukking van toepassing is dan bij een 'gewone' scheidingstransformator.

Frequentiespectra van de gemeten stoorspanningen zijn niet voorhanden. Voor exponentieel gedempte pulsvormige signalen is het frequentiespectrum schematisch weergegeven in onderstaande figuur. Verwacht wordt dat de maximale energie zich in het frequentiegebied van enkele honderden kHz – enkele MHz bevindt.



De verslechtering van de CM/DM-omzetting van een scheidingstransformator bedraagt ca. 10dB/dec (zie onderstaande grafiek, afkomstig uit Goedbloed) terwijl het stoorspectrum bij hogere frequenties met minimaal 20dB/dec afvalt.



CM/DM overdracht van een scheidingstransformator volgens Goedbloed

Op basis hiervan wordt voor de CMR een minimale waarde van 40dB in het frequentiegebied 0 - 30MHz aangehouden. Hierin is tevens de afval in frequentie karakteristiek van het stoorsignaal verrekend.

Bijlage 4**Tekening toekomstige situatie HSL-Zuid bij RCWP**

Tekening 'Tunnel Rotterdam Noordrand, Afstand tunnel tot ING-gebouw, Doorsneden A-A T/M C-C', tekeningnummer B 3Z1 300 006 A, vrijgegeven Bleeker d.d. 9 februari 2000.

40010262-TDP 00-12287A

Pulsvormige inductiespanningen ten gevolge van
Hogesnelheidstreinen, gemeten in het tijdsdomein

Arnhem, 5 juni 2000

Auteur R. Venhuizen

KEMA T&D Power

In opdracht van Projectorganisatie Hogesnelheidslijn - Zuid

auteur : R. Venhuizen 

B 25 blz.

1 bijl.

MC

goedgekeurd : G.E. Tap 

beoordeeld : T.J. Ploeg

KEMA 

Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem.
Telefoon (026) 3 56 91 11. Telefax (026) 3 51 56 06.

© KEMA Nederland B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

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

KEMA Nederland 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.

INHOUD

		blz.
1	Algemene gegevens	4
1.1	Gegevens opdrachtgever	4
1.2	Meetlocatie	4
1.3	Test setup	4
2	Inleiding	5
3	Locatie van metingen	6
3.1	Hierden	6
3.2	Beilen	6
3.3	Spanningssluis te Halle	6
3.4	Enghien	6
4	Testopstelling	7
4.1	Te meten fenomeen	7
4.2	Meetlus	8
4.3	Balun	8
4.4	Oscilloscoop	9
4.5	Afstandseffekten	10
5	Vorbereidende metingen Nederland	10
5.1	Hierden, 7 maart	11
5.2	Beilen, 9 maart	11
5.3	Hierden, 10 maart	14
5.4	Opmerkingen en conclusies voorbereidende metingen	16
6	Resultaten metingen HSL te België	17
6.1	Enghien, 14 maart	17
6.2	Enghien, 15 maart	18
6.3	Afstandseffekten	19
Bijlage A	Meetplots Enghien, België	22

1 ALGEMENE GEGEVENS

1.1 Gegevens opdrachtgever

Opdrachtgever	:	Projectorganisatie Hogesnelheidslijn-Zuid		
Postadres	:	Postbus 43		
		3500 AA Utrecht		
Bezoekadres	:	Catharijnesingel 33		
		3511 GC Utrecht		
Contactpersonen	:	ir. R.G.C. Dirven	tel :	030 272 8694
		ir. H.J.A. de Vet	tel. :	030 272 8653
		ir. H.J. Lobeek	tel. :	030 264 1329

1.2 Meetlocatie

Locatie	:	Nieuwstraat, Enghien, België (code E25)		
GPS coördinaten	:	N 50 grad 40 min 26,9 sec		
		O 04 grad 04 min 27,0 sec		
Afstand tot spoor op				
positie 1	:	24 meter		
positie 2	:	13 meter		
positie 3	:	22 meter		
Meetdata	:	14, 15 en 16 maart 2000		
Uitgevoerd door	:	ing. H.T. Jonker	tel :	026 3563725
		ir. R. Venhuizen	tel :	026 3563724

1.3 Test setup

Oppervlak meetlus	:	10 x 1 meter		
Kabeltype	:	shielded untwisted pair (positie 1)		
		installatiedraad (positie 2 en 3)		
Koppeling scoop	:	via balun netwerk van 2 x 10 k Ω (positie 1)		
		direct (positie 2 en 3)		
Spanningsmeting	:	in tijddomein, m.b.v. oscilloscoop		
Meettijdbasis	:	50 ns/div		
Aantal metingen	:	sequentieel, met ingesteld maximum van 8 of 10 per passerende trein		

2 INLEIDING

De norm EN 50121 legt de eisen vast waaraan treinen moeten voldoen met betrekking tot hun stralende emissie in het frequentiedomein. Op dit gebied is inmiddels ruime kennis opgebouwd en ook in het kader van het ING Wilgenplas project zijn metingen in het frequentiedomein aan de HSL trein uitgevoerd.

Ten gevolge van mechanisch optredende effecten (het rijden veroorzaakt het 'denderen' van de stroomafnemer of pantograaf) of klimatologische omstandigheden (ijzel) kan het contact tussen de pantograaf en de voedende bovenleiding fysiek worden verbroken. Dit uit zich in het vonken van de pantograaf.

In het kader van het ING Wilgenplas project is het gewenst te onderzoeken in hoeverre optredende H-velden pulsvormige stoorspanningen induceren in kabels die in het rekencentrum liggen teneinde een uitspraak te kunnen doen over de eventuele ongewenste beïnvloeding van apparatuur in het rekencentrum ten gevolge van het vonken van een HSL trein.

Zowel in Nederland als in België zijn metingen verricht. Dit rapport presenteert de resultaten en behandelt en motiveert de toegepaste meetmethodiek.

3 LOCATIE VAN METINGEN

Om inzicht te verkrijgen in het effect van snelheid en stroomopname op de in de meetlus geïnduceerde spanning, is oriënterend, voor de metingen in België, gemeten op twee locaties in Nederland. Hierbij is gekozen voor een locatie waar de stroomopname relatief hoog is vanwege het optrekken van de trein, en voor een locatie waar de snelheid van de trein relatief hoog is.

3.1 Hierden

Aan het spoor op het traject Amersfoort – Zwolle is ter hoogte van Hierden een locatie gevonden waar relatief veel vonken optreden bij het passeren van het treinverkeer. Op een afstand van 17 meter tot het spoor is gemeten met een meetlus van koperdraad. De EMK in de meetlus is zonder balun gemeten met een oscilloscoop.

3.2 Beilen

Naast de locatie te Hierden waar vonkverschijnselen werden waargenomen, is gezocht naar een locatie waar de trein een relatief hoge snelheid heeft. Hiervoor is een locatie in de buurt van Beilen gevonden, waar vonkvorming optreedt bij hogere snelheid. De gehanteerde meetmethode is gelijk aan die gedurende de metingen te Hierden.

Tijdens de metingen werd vastgesteld dat de pulsvormige verschijnselen relatief snel zijn. Het is noodzakelijk gebleken om te meten met een snelle tijdsbasis. 50 ns per divisie bleek hierbij een optimale waarde te zijn. Hierbij worden zowel de zeer snelle (ordegrootte resonantiefrequentie 50 MHz) pulsvormige verschijnselen vastgelegd, als ook de laagfrequentere pulsen (resonantiefrequentie rond de 1 MHz).

3.3 Spanningssluis te Halle

De spanningssluis te Halle is door KEMA bezocht. Op deze locatie zijn reeds eerder metingen verricht zoals beschreven in het meetrapport van Holland Railconsult. KEMA heeft vastgesteld dat de metingen zijn verricht op een plaats in de sluis waar de pantograaf van de passerende treinen neergelaten is. De trein is op dit traject dus spanningsloos, waardoor vonkverschijnselen hier dus niet kunnen optreden. Op grond hiervan zijn geen metingen verricht op deze locatie. Geconcludeerd wordt dat de aangegeven plek te Halle ongeschikt is om vonkverschijnselen te meten.

3.4 Enghien

Meetlocatie te Nieuwstraat, Enghien, België (code E25).

4 TESTOPSTELLING

4.1 Te meten fenomeen

Het verbreken van het fysieke contact tussen een pantograaf en de bovenleiding kan gemodelleerd worden als het openen en sluiten van een schakelaar. Als deze schakelaar geopend wordt, zal door inductie in de onderbroken stroomkring (de trein is de belasting), een hoge spanning optreden over de (geopende) contacten van de schakelaar (bovenleidingpantograaf). Indien deze spanning een waarde bereikt die gelijk is aan de doorslagspanning, zal overslag plaatsvinden waardoor de stroomkring weer hersteld wordt (door de vonk).

Omdat hierbij de spanning over de contacten weer daalt, zal deze vonk uitdoven, waarna het proces zich herhaalt. Dit kan zich voordoen met een hoge herhalingsfrequentie en met stijg- en daaltijden in de ordegrootte van enige nanoseconden (ns).

Praktisch ontstaan EMC problemen vaak door optredende common modelussen. Twee systemen of apparaten zijn middels een kabel met elkaar verbonden en zijn al dan niet geaard of zijn met aarde gekoppeld via parasitaire capaciteiten. De common modelus wordt dan gevormd door de kabel, de twee systemen en een (al dan niet capacitief gekoppelde) aardlus.

In dergelijke common modelussen induceren H-velden common modespanningen die weer in een systeem of apparaat common modestromen laten lopen die verstorend kunnen werken.

Onder meer omdat de waarde van de common modespanningen evenredig is met de frequentie van de H-velden, kunnen pulsvormige (transiënte) H-velden aanleiding geven tot relatief hoge geïnduceerde common modespanningen.

Teneinde de mogelijkheid op verstoring van een apparaat of systeem te kunnen bepalen, dient de invloed van de transiënte H-velden te worden bepaald. Metingen in het frequentiedomein (waar ook de spoorweg normen op zijn gebaseerd) zijn hiervoor ongeschikt omdat transiënte 'events' maar 'eenmalig' optreden (in tegenstelling tot continue velden die wel in het frequentiedomein kunnen worden gemeten). Voor dergelijke stoorsignalen of velden zijn daarom slechts metingen in het tijddomein zinvol.

Derhalve is een meetconfiguratie ontwikkeld waarmee:

- 1 praktisch optredende common mode lussen worden gesimuleerd
- 2 goed in het tijddomein gemeten kan worden (met een oscilloscoop)

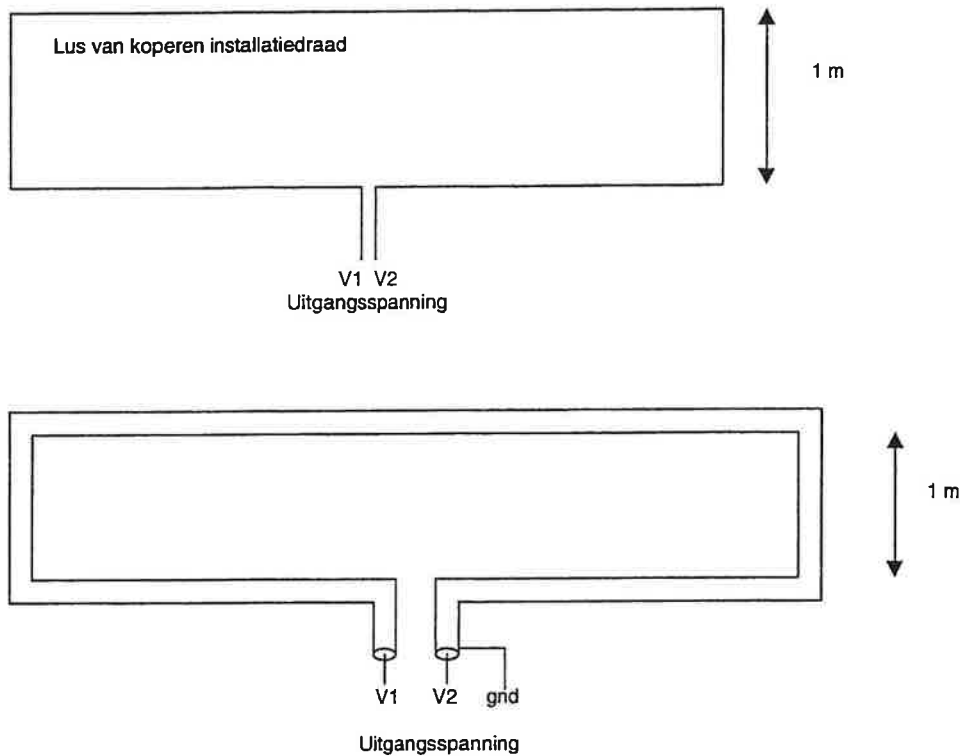
Het doel van de metingen is vast te stellen wat het verstorende effect is van vonkverschijnselen veroorzaakt door het pantograaf – bovenleiding contact van een hogesnelheidstrein.

Dit is uitgevoerd door de geïnduceerde spanning te meten in een lus van 10 x 1 meter, opgespannen parallel aan het spoor.

De testopstelling bestaat uit een meetlus, optioneel een balun netwerk en een oscilloscoop.

4.2 Meetlus

De metingen zijn uitgevoerd met een gesloten lusopstelling. Hierbij zijn twee verschillende configuraties gebruikt. Deze worden hieronder schematisch weergegeven.



Bij de opstelling volgens de onderste figuur kan de mantel van de afgeschermd kabel verbonden worden met het referentievlak. Hierdoor wordt de magnetische lus, die gevormd wordt door de binnengeleider, afgeschermd voor het elektrische veld. De buitenmantel is slechts aan één zijde “geaard” (de andere zijde hangt open) waardoor de buitenmantel geen afscherming vormt voor het magnetische veld. De gevoeligheid van beide configuraties voor magnetische velden is gelijk.

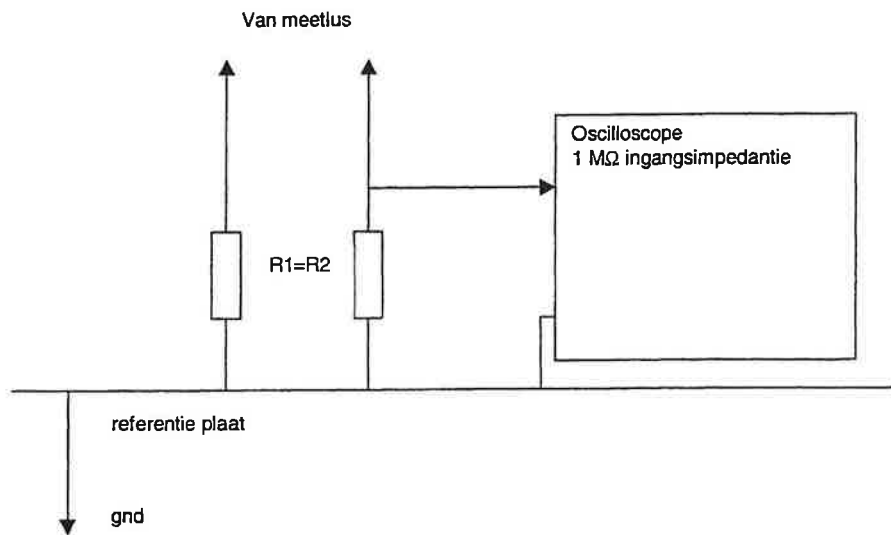
4.3 Balun

De uitgangsspanning van de meetlussen zoals hierboven gegeven is in het ideale geval volledig symmetrisch. Dit houdt in dat potentiaal V1 qua amplitude gelijk is en qua polariteit tegengesteld aan potentiaal V2.

De gebruikte oscilloscoop heeft een onsymmetrische spanningsingang (een spanningsingang en een ground, die met de veiligheidsaarde is verbonden).

Om de symmetrische spanning correct te meten met een onsymmetrisch meetinstrument kan een balanced-unbalanced (balun) netwerk gebruikt worden.

Bij de metingen is het volgende balun netwerk gebruikt.



De helft van de spanning van de meetlus wordt op deze wijze uitgemeten.

De weerstanden hebben invloed op de meetgevoeligheid van de lus. Met name hoge frequenties (snelle flanken) worden gedempt als de weerstandswaarde te laag wordt gekozen.

De belastingsimpedantie van de meetlus door het balun netwerk wordt gevormd door $R1 + (R2 // Z_i)$ met Z_i = ingangsimpedantie van de oscilloscopen. Deze belastingsimpedantie dient dermate hoog te zijn dat de uitgangsspanning niet significant wordt verminderd.

Experimenteel is bepaald bij welke afsluitimpedantie de amplitude rond de 3 dB gedempt wordt. Dit treedt op bij $2 \times 10 \text{ k}\Omega$. Deze waarden zijn gekozen als meetimpedantie.

4.4 Oscilloscoop

De oscilloscoop die voor de metingen is gebruikt kan sequentieel triggeren. Dit houdt in dat een bepaald aantal snelle pulsen per stuk gemeten en opgeslagen kan worden. Een passerende trein kan een aantal malen vonken, en genereert dus in de tijd gezien een pulstrein van transiënte stoorvelden. De gebruikte scoop kan deze pulstrein van transiënte stoorsignalen (geïnduceerd in de lus), registreren door de hoogste (qua amplitude) pulsen op te slaan.

Vanwege een beperkt aantal meetslots is het triggerlevel zodanig ingesteld dat:

- voldoende pulsen gemeten worden
- de hoogste pulsen in ieder geval gemeten worden.

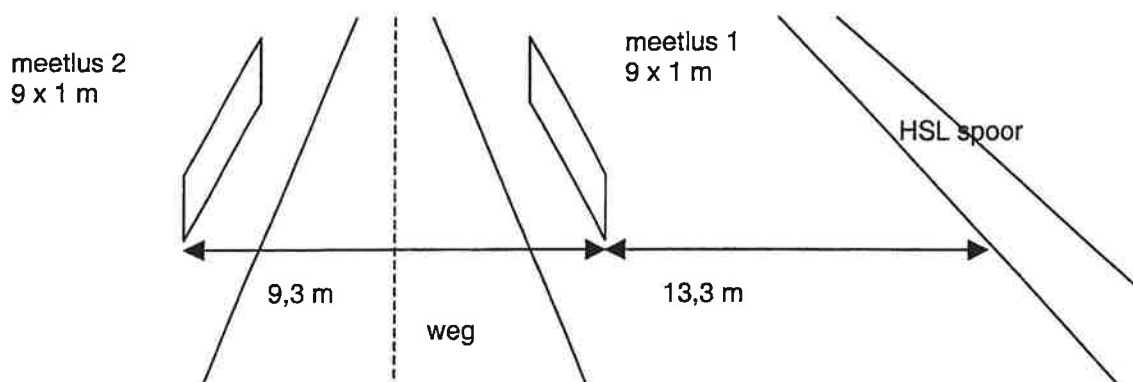
Als het triggerlevel te laag staat, bestaat de kans dat een aantal pulsen met een relatief lage amplitude de 8 of 10 slots volschrijven, waarbij daarna komende hoge pulsen niet meer geregistreerd kunnen worden. Bij een te hoog triggerlevel wordt niet getriggerd.

Tijdens de metingen is het triggerlevel experimenteel telkens zodanig bijgesteld dat aan beide voorwaarden voldaan wordt (zekerheid hieromtrent bestaat indien tijdens een passage meetslots volgeschreven worden en tenminste één meetslot niet gebruikt wordt).

Bijstellen van het triggerlevel was nodig aangezien de pulshoogte sterk beïnvloed wordt door omgevingseffecten zoals bijvoorbeeld luchtvochtigheid.

4.5 Afstandseffecten

De gebruikte testopstelling om afstandseffecten te meten wordt hieronder gegeven.



Tijdens treinpassage over het HSL spoor is de spanning opgewekt in de meetlussen 1 en 2 gemeten. De meetlussen bestaan uit opgespannen installatiedraad, op een hoogte van 2 meter boven de grond, gerekend vanuit het hart van de lus.

Beide lussen zijn volledig identiek uitgemeten. De spanning in de lussen is gemeten met een oscilloscoop, zonder toegevoegde belastingsweerstand en zonder balun netwerk.

De absolute gemeten waarden van de pulsen zijn bij deze meting niet van belang, maar wel het relatieve verschil tussen de meetwaarden in meetlus 1 en meetlus 2.

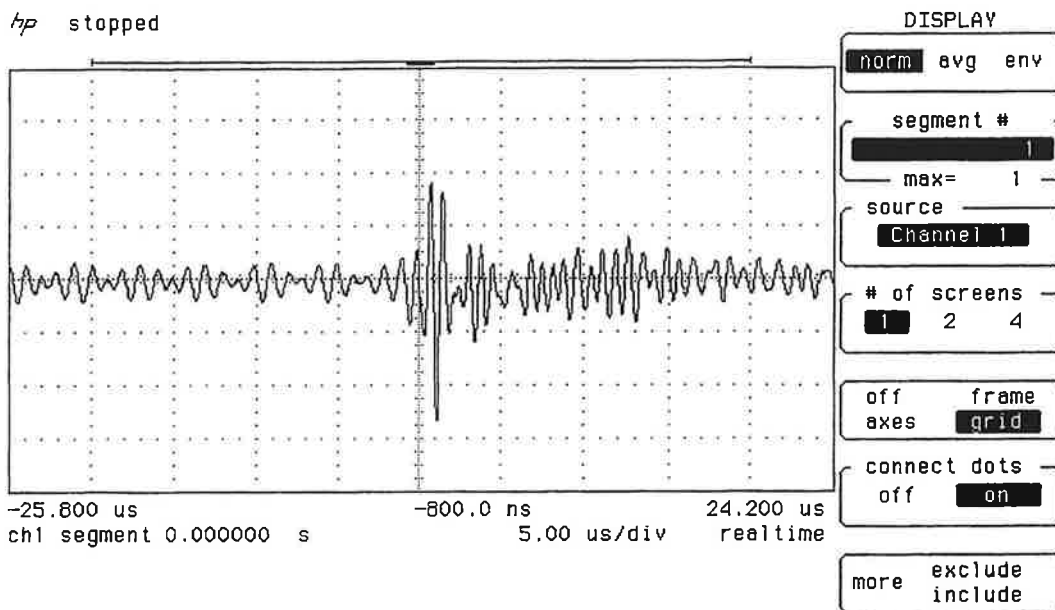
5 VOORBEREIDENDE METINGEN NEDERLAND

Hieronder volgt een overzicht van de resultaten van de oriënterende metingen in Nederland. Hierbij worden de metingen in Hierden en Beilen beschouwd als voorbereiding op de metingen in Enghien (België).

5.1 Hierden, 7 maart

Afstand tot de rails	17 meter
Lusoppervlak	10 x 1 meter
Lus	installatiedraad
Meetmethode	gebalanceerd, meetimpedantie scope (> 100 kΩ, < 10 pF)

De plot van de hoogste gemeten waarde wordt hieronder gegeven.



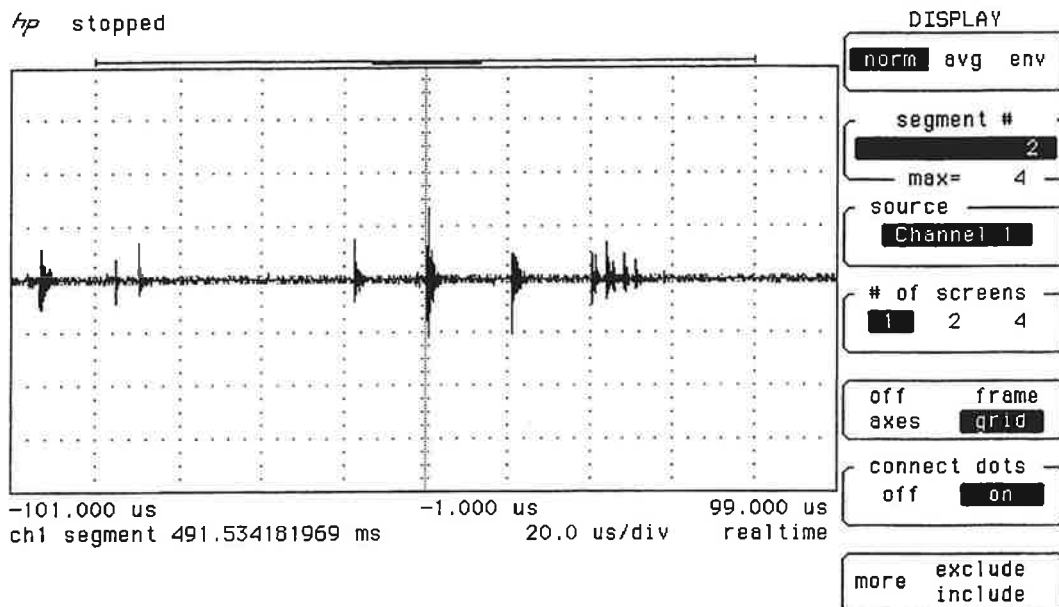
De schaalverdeling is 1 V/div. De hoogste gemeten waarde is 4,5 Vpp. Hierbij is relatief “langzaam” gemeten (let op de tijdschaal van 5 μS/div)!

5.2 Beilen, 9 maart

Locatie	op weg parallelweg spoor, aan gemeentegrens Hooghalen
Afstand tot de rails	8 meter
Lusoppervlak	7 x 1 meter
Lus	installatiedraad
Meetmethode	gebalanceerd, meetimpedantie scope
Vertikale weergave	1 V/div

B1

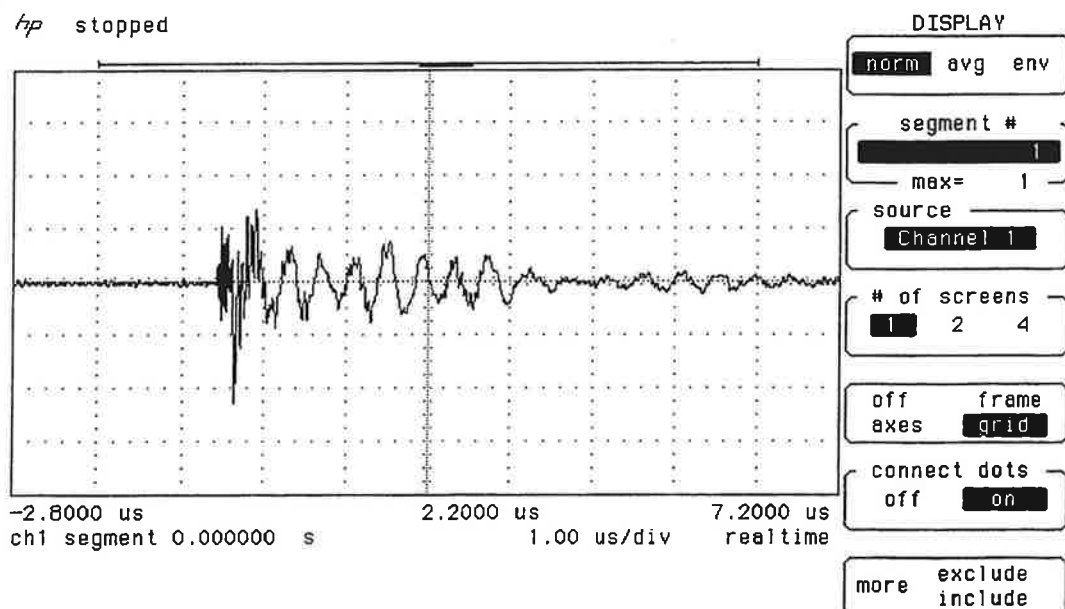
hp stopped



Deze meting laat zien dat de tijdsduur van de pieken erg kort is. Op grond hiervan is besloten te meten met een kortere tijdsbasis. Dit resulteerde onder andere in de volgende meting.

D1

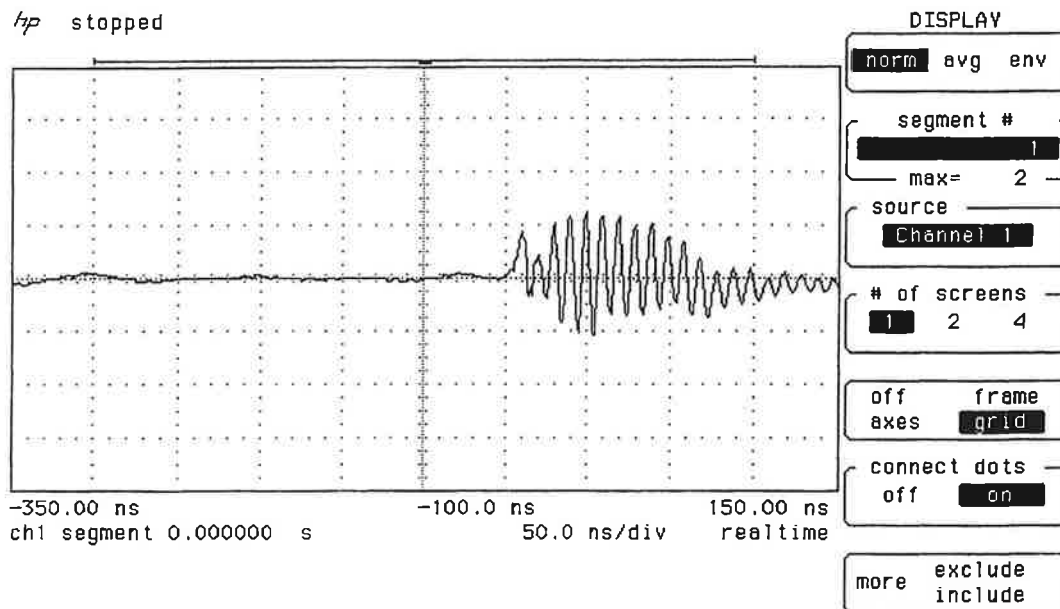
hp stopped



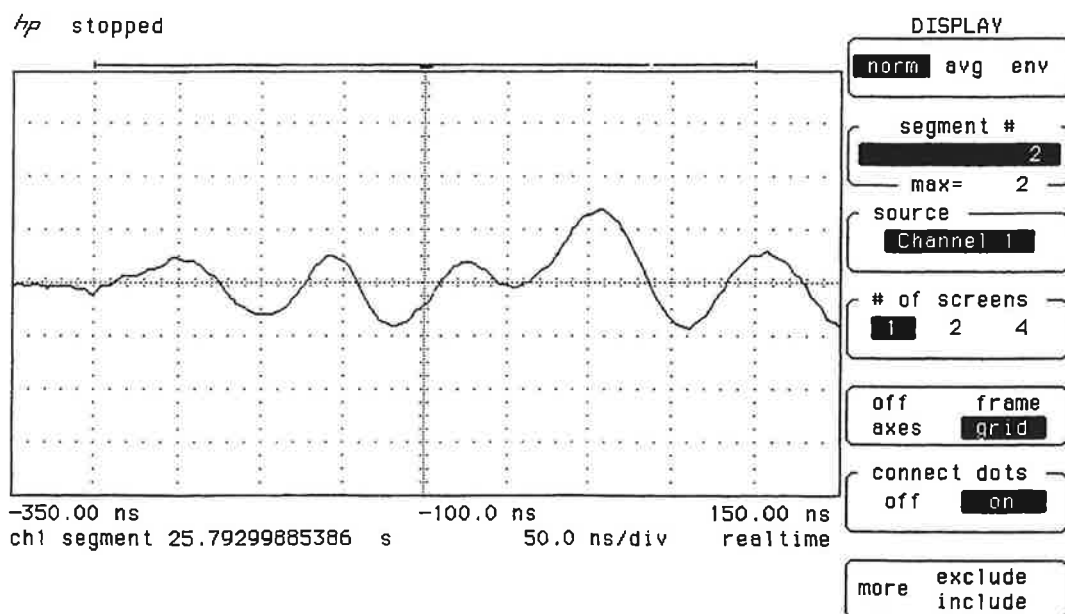
Ook deze meting laat een snel verschijnsel zien. Bovengegeven plot geeft tevens de hoogst gemeten piek-piek spanning in Beilen weer.

Twee plots, gemaakt op dezelfde positie, geven weer hoe verschillend de frequentie-inhoud van de puls kan zijn. E1 is de puls gegenereerd door een trein (van Zwolle naar Groningen), E2 is gegenereerd door een andere trein (van Groningen naar Zwolle). Of de rijrichting iets te maken heeft met het verschil tussen de pulsen is niet vastgesteld.

E1deze zijde



E2andere zijde



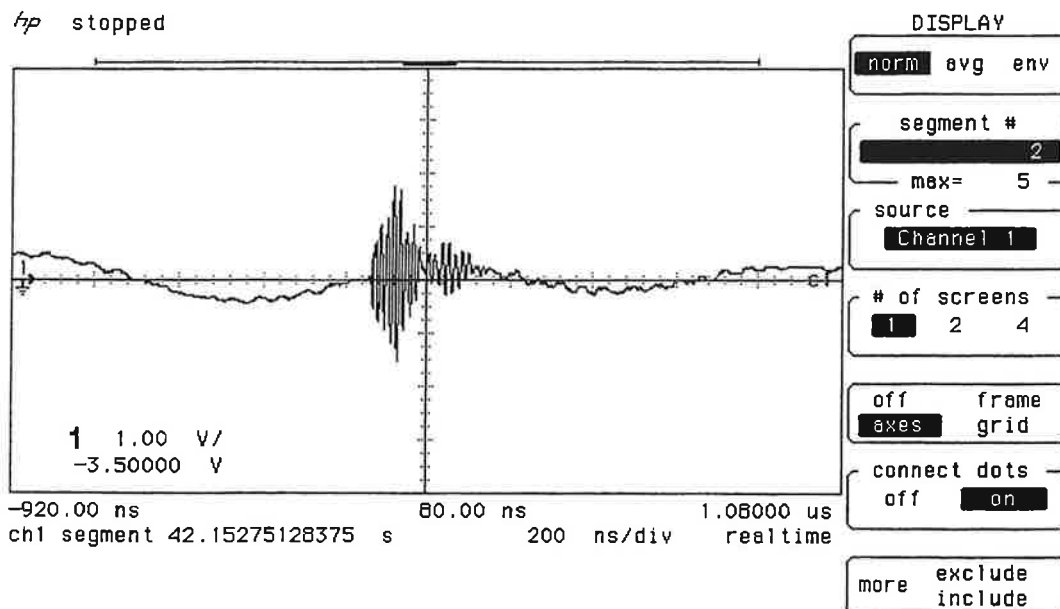
5.3 Hierden, 10 maart

Verschillende treinen zijn gemeten op dezelfde locatie als op 7 maart. De tijdbasis is hierbij echter aangepast, gebaseerd op de resultaten van de metingen te Beilen.

Afstand tot de rails	17 meter
Lusoppervlak	10 x 1 meter
Lus	installatiedraad
Meetmethode	gebalanceerd, meetimpedantie scope
Tijd	12:20
Rit	Harderwijk - Zwolle
Treinstel	Loc 17
Weersgesteldheid	zon / droog
Verticale weergave	1 V/div
Tijdbasis	50 ns
Tijdslots	8
Resultaat	fig. H1 tot H5, H6 = totaal 5 gemeten

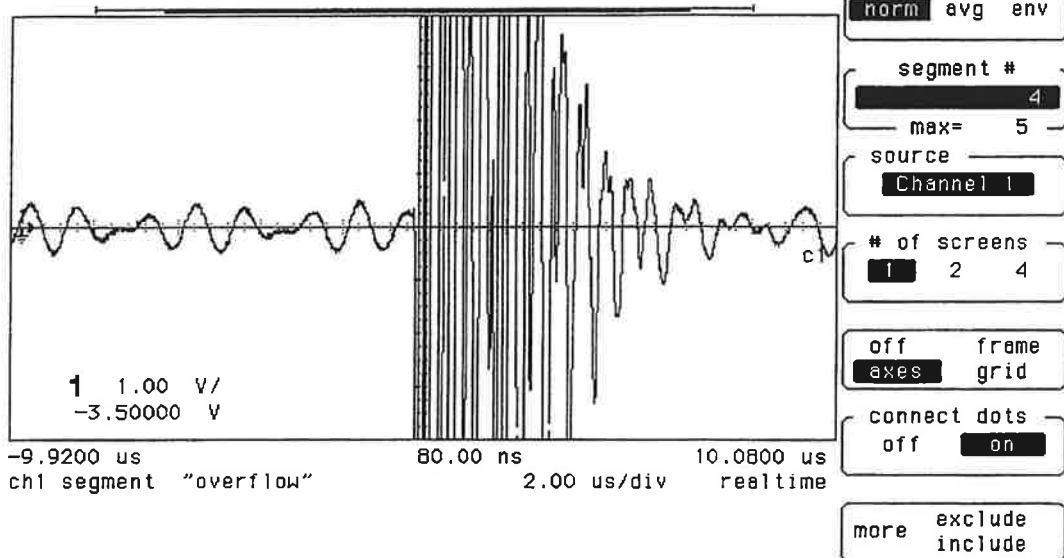
De volgende plots zijn met name van belang.

H2



H4b

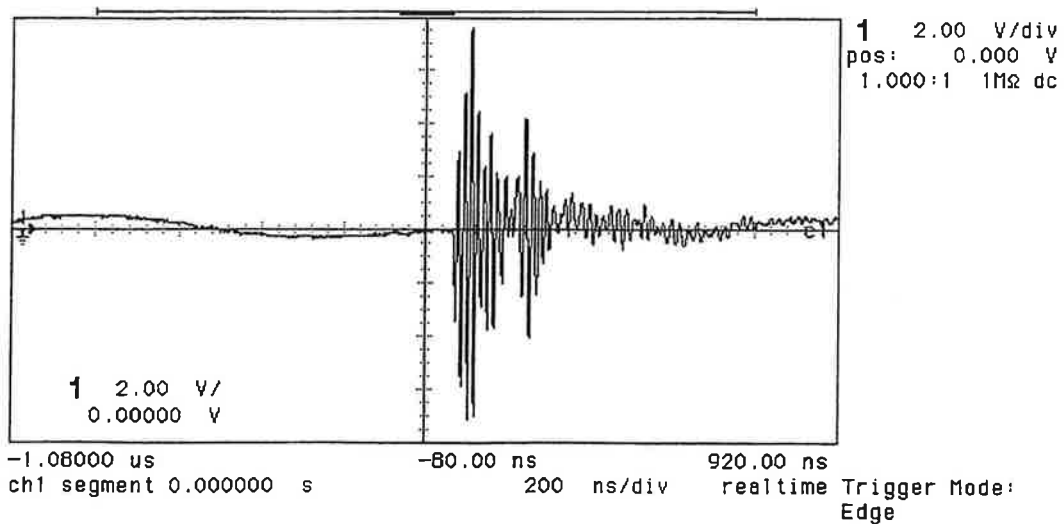
hp stopped



Tijd 14:10
Rit Zwolle - Harderwijk
Verticale weergave 2 V/div
Tijdbasis 50 ns
Resultaat fig. H14 en H15

H14

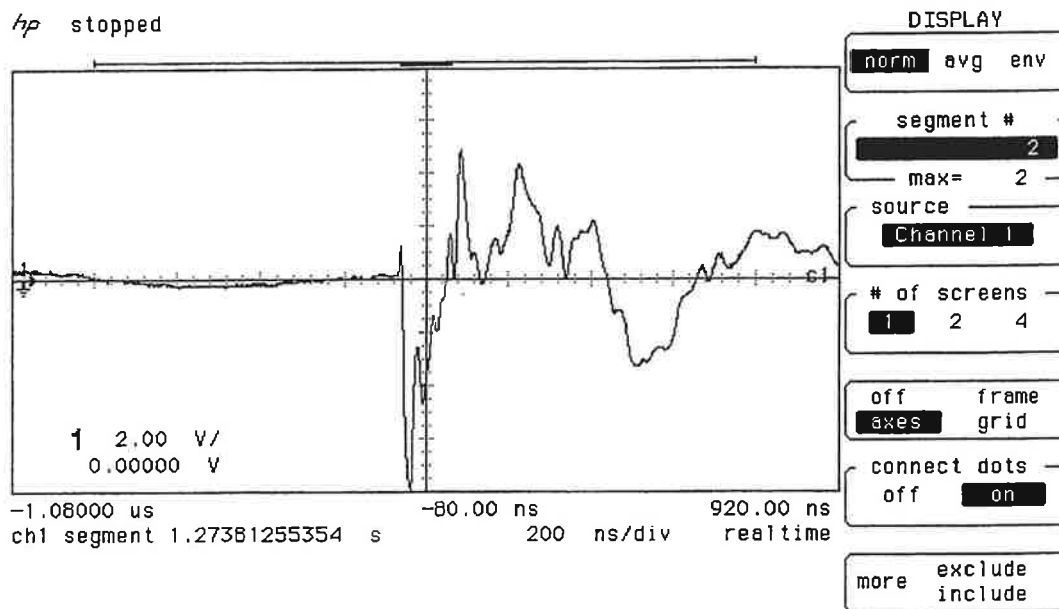
hp stopped



1 1.500 V

De frequentie van bovenstaande signaal ligt rond de 60 MHz. Onderstaand signaal heeft een veel lagere frequentie.

H15



Uit de metingen blijkt dat zowel hoogfrequente als laagfrequente pulsen met een relatief hoge amplitude voorkomen.

Er is geruime tijd besteed aan het vinden van een optimale waarde voor de tijdsbasis. Gekozen is om voor de metingen te België een meettijdbasis van 50 ns/div in te stellen. De figuren zijn hierbij geplotted op 200 ns/div.

5.4 Opmerkingen en conclusies voorbereidende metingen

Betreffende de voorbereidende metingen valt het volgende op te merken en kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- 1 weersinvloeden zijn significant: tijdens en tot geruime tijd na een regenbui is geen enkele puls gemeten
- 2 als er meerdere pantografen zijn "dempen" de andere pantografen het effect van een vonk
- 3 de maximale gemeten spanning bedraagt rond de 20 V piek-piek
- 4 optimale meettijdbasis is 50 ns/div, met een instelling van 200 ns/div voor de plot.

6 RESULTATEN METINGEN HSL TE BELGIE

6.1 Enghien, 14 maart

Locatie Nieuwstraat, Enghien, België (code E25)
 GPS locatie N 50 grad 40 min 26,9 sec
 O 04 grad 04 min 27,0 sec
 Datum dinsdag 14 maart 2000
 Afstand tot de rails 24 meter
 Lusoppervlak 10 x 1 meter
 Lus shielded dubble
 Meetmethode ongebalanceerd uitgemeten over 10 k Ω
 Tijdbasis 50 ns/div
 Tijdslots 8

tijd	richting	aantal treinstel- len	aantal pan- tografen neer	weer	trig.lvl	plotnr. E25_	aantal triggers	hoogste waarde Vpp=EMK/2
11:59	B-P	1	?	HB	1		0	-
12:07	P-B	2	?	HB	1	1	8	8,5
12:54	P-B	1	?	HB	4	2	1	12
13:01	B-P	2	?	HB	4		0	-
13:09	P-B	2	?	HB	2	3	1	4
13:39	P-B	1	?	Regen	?		0	-
13:54	P-B	1	?	Regen	?		0	-
14:07	P-B	1	?	Regen	?		0	-
14:16	P-B	1	1	ZB	?		0	-
17:57	P-B			HB	0,75	zie 4		-
17:57	B-P	2	?	HB	0,75	4	8	3
18:12	B-P	2	2	HB	1,5	5	2	4,5
18:14	P-B	?	?	HB	1,5	6-14	8	7,5
18:27	B-P	1	1	HB	1,5	15	7	6,5
18:32	P-B	1	2	HB	1,5	16-18	8	12
18:37	P-B	1	1	LB	2,0	19	1	5
18:56	B-P	2	2	LB	2,0	20	1	4,5
19:13	B-P	1	2	OB	2,0	21	1	-
19:14	P-B	?	?	OB	2,0	22-26	4	7,5
19:40	P-B	1	2	OB	2,0		0	
19:57	B-P	1	2	OB	2,0		0	
19:58	P-B	2	4	OB	2,0		0	
20:40	P-B	1	2	LR	1,5	27	1	5
20:44	P-B	1	?	Regen	1,5		0	

HB = half bewolkt

ZB = zwaar bewolkt

LB = Licht bewolkt

OB = Onbewolkt

LR = Lichte regen

6.2 Enghien, 15 maart

Locatie Nieuwstraat, Enghien, België (code E25)
 Datum woensdag 15 maart 2000
 Afstand tot de rails 24 meter
 Lusoppervlak 10 x 1 meter
 Lus shielded dubble
 Meetmethode ongebalanceerd uitgemeten over 10 kΩ
 Tijdbasis 50 ns/div
 Tijdslots 8 (behalve voor meting op 10:26)

tijd	richting	Trein	aantal trein- stellen	aantal pan- tografen neer	weer	trig.lvl	plotnr. E25_	aantal triggers	hoogste waar- de Vpp=EMK/2
10:07	P-B	Thal	1	1	zon	1,5	28	2	4,5
10:15	P-B	TGV	1	1	zon	1,5		0	
10:26	P-B	Eur	1	2	zon	1,5	29-41	10	6
11:02	B-P	Thal	1	1	LR	1,5		0	
11:08	P-B	TGV	1	1	ZB	2,0		0	
11:17	B-P	Eur	1	2	zon	2,0		0	
11:19	B-P	Thal	1	1	zon	2,0		0	
11:58	B-P	Thal	1	1	zon	1,5	42	1	4,5
11:59	P-B	Eur	1	2	zon	1,5		0	
12:07	P-B	Thal	2	2	zon	1,5	43-51	8	6
12:54	P-B	TGV	1	1	HB	1,5	52-53	1	6
12:59	B-P	Thal	1	2	zon	1,5		0	
13:16	P-B	Thal	?	?	zon	1,5	zie 13:18		
13:18	B-P	Eur	?	?	zon	1,5	54-59	5	6
13:40	P-B	Thal	1	1	HB	1,5	60	8	6
14:01	P-B	?	?	?	zon	2,0	61-69	8	18
15:01	B-P	Thal	2	2	HB	3,0		0	
15:14	B-P	Eur	1	2	HB	3,0		0	
15:23	B-P	TGV	1	2	HB	3,0	70-72	2	
15:57	B-P	Thal	1	2	zon	2,5	73-74	1	7,5
15:58	P-B	?	?	?	zon	2,5		?	?
16:14	B-P	Euro	1	2	zon	2,5	75	1	9
16:37	P-B	Thal	1	1	HB	2,5	76	1	6
16:37	B-P	Thal	?	?	HB	2,5		?	?
17:02	P-B	Thal	1	1	zon	2,5		0	
17:18	B-P	TGV	1	1	HB	2,5		0	
17:23	B-P	Eur	1	2	HB	2,0		0	
17:25	P-B	Thal	2	4	HB	2,0	77-85	9	8
17:27	B-P	Thal	?	?	HB	?	?	?	?
18:04	B-P	Thal	1	2	HB	2,0	86	1	5
18:08	P-B	Eur	1	2	HB	2,0		0	
18:13	B-P	Eur	1	2	HB	2,0	87-89	2	6
18:19	P-B	Thal	2	4	HB	2,0	90-100	10	15
18:36	P-B	Thal	?	?	HB	2,0	101-103	2	18
19:03	B-P	Thal	1	2	HB	2,0	104-107	3	19
19:11	P-B	Thal	2	4	HB	2,0	108	1	4,5
19:25	B-P	Eur	2	4	HB	2,0	109-115	6	21
19:57	B-P	?	?	?	HB	2,0	116-117	2	12
20:07	P-B	Eur	2	4	HB	2,0	118-123	5	12
20:17	P-B	?	2	?	HB	2,0	124-131	7	22
20:35	P-B	?	?	?	HB	2,0	132	1	6
20:44	P-B	Eur	1	1	HB	2,0	133-137	5	15

HB = half bewolkt

ZB = zwaar bewolkt

LB = Licht bewolkt

OB = Onbewolkt

LR = Lichte regen

Thal = Thalys (bordeaux rood)

TGV = TGV Atlantique grijs met blauwe band / groene deur

Eur = Eurostar (geel/grijs)

6.3 Afstandseffecten

Het effect van afstand op de meetwaarde is gemeten op de meetlocatie in België. Hieronder volgen de meetgegevens.

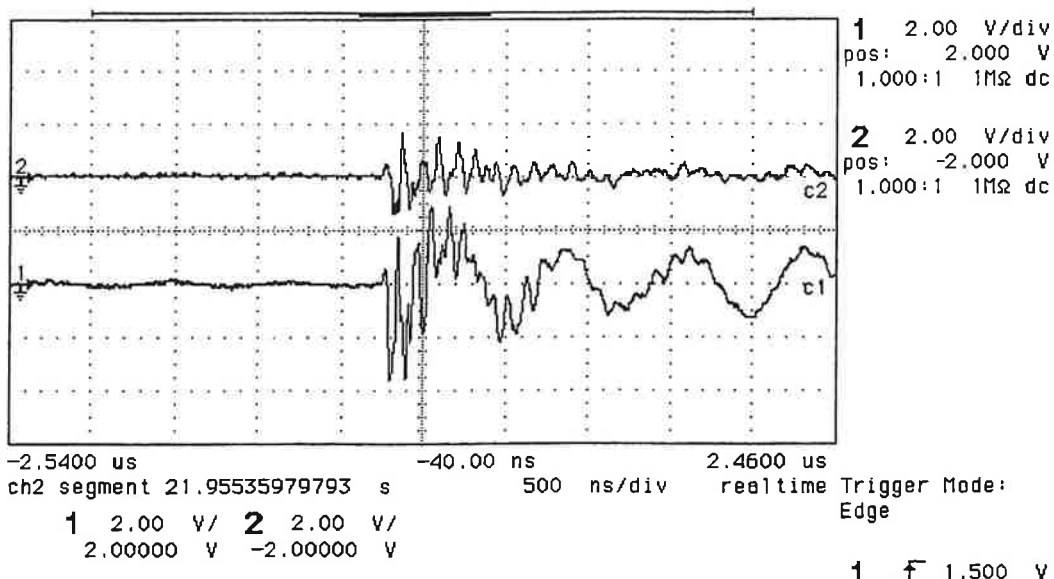
Locatie	Nieuwstraat, Enghien, België (code E25)
Datum	donderdag 16 maart 2000
Afstand tot de rails	24 meter
Lusoppervlak	10 x 1 meter
Lus	shielded dubble
Meetmethode	ongebalanceerd uitgemeten over 10 k Ω
Tijdbasis	50 ns/div
Tijdslots	8 (behalve voor meting op 10:26)

De afstand tussen het spoor en meetlus 1 bedraagt 13,30 meter. De afstand tussen het spoor en meetlus 2 bedraagt 22,70 meter.

De plots van de metingen zijn de volgende.

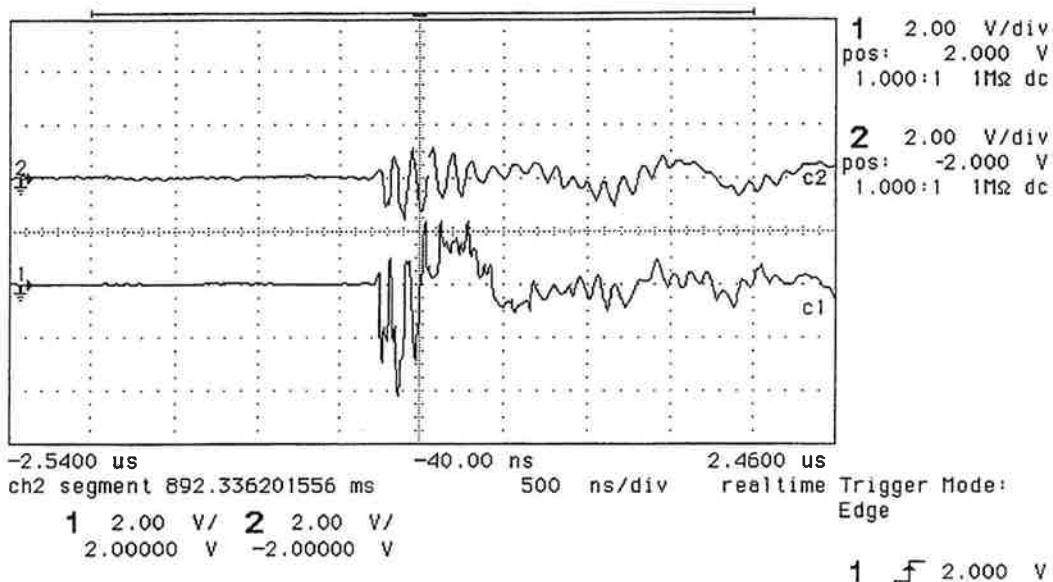
E25_140

hp stopped



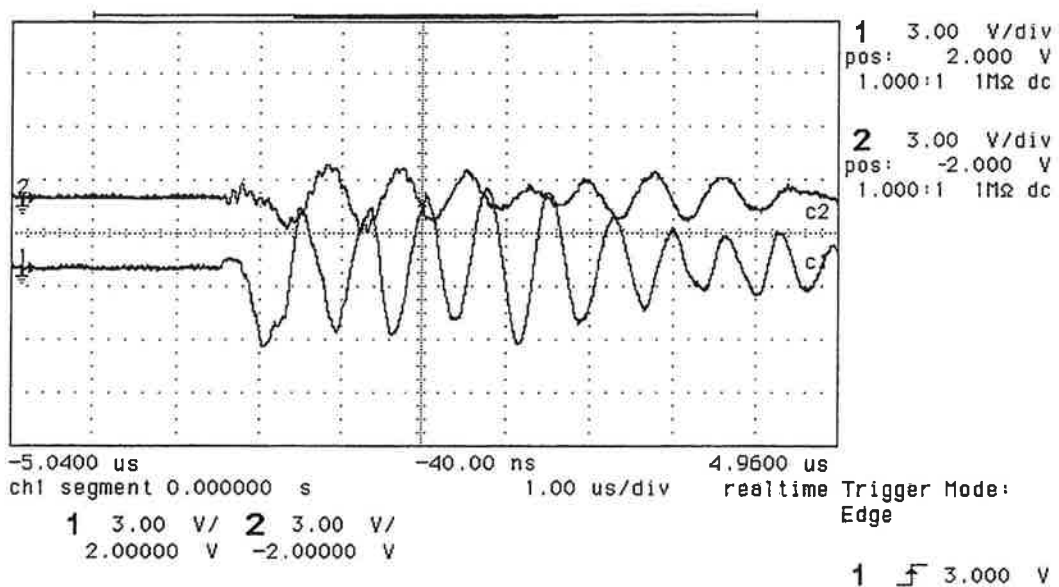
E25_146

hp stopped



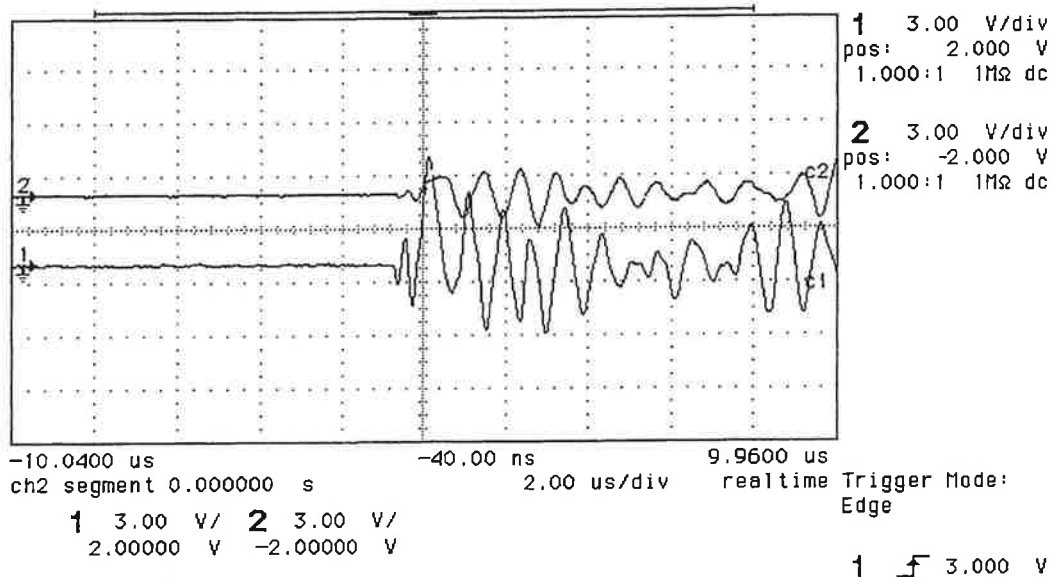
E25_148

hp stopped



E25_149

hp stopped



Op de eerste twee plots is een signaal te zien met een frequentie van rond de 8 MHz. Het signaal van de tweede plot heeft een frequentie van rond de 1,3 MHz.

Van beide signalen kan de verhouding tussen de hoogste gemeten piek-piek waarde gemeten worden. Dit geeft de volgende waarden.

De verhouding tussen de afstanden van meetlus 1 en meetlus 2 tot het spoor is 1,7.

	Lus 1 Vpp	Lus 2 Vpp	Lus 2 / Lus 1	Exponent van r
E25_140	6,2	3,0	2,1	1,4
E25_146	6,5	2,8	2,3	1,6
E25_148	6,0	2,4	2,5	1,7
E25_149	6,4	2,1	3,1	2,1

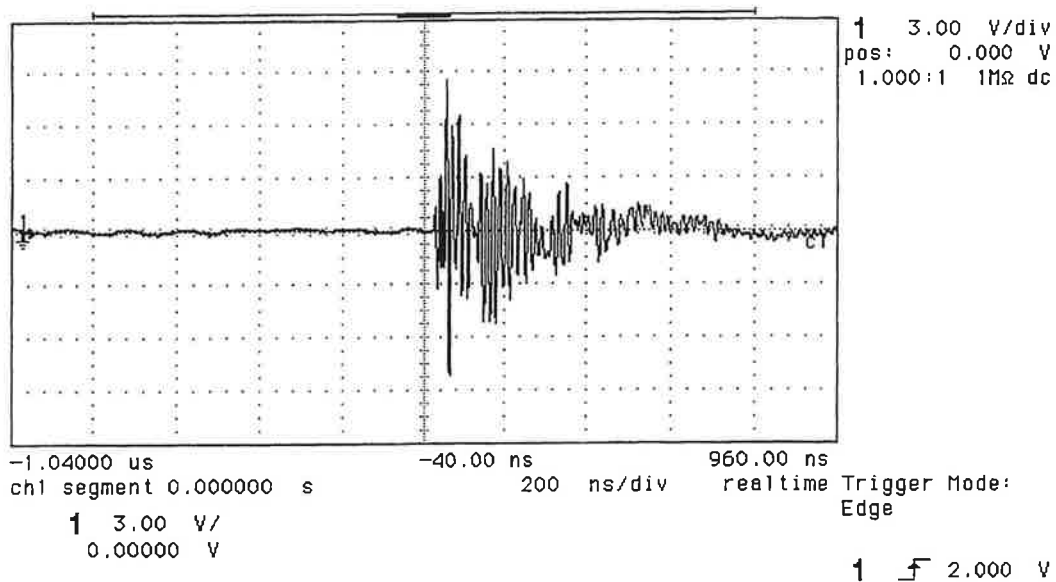
Als de afname van de veldsterkte beschouwd wordt als omgekeerd evenredig met R^x kan x berekend worden met $x = \log(V_{lus1} / V_{lus2}) / \log 1,7$. Deze waarde is weergegeven in de kolom Exponent van r .

Bijlage A blad 1

Bijlage meetplots Engchien, België.

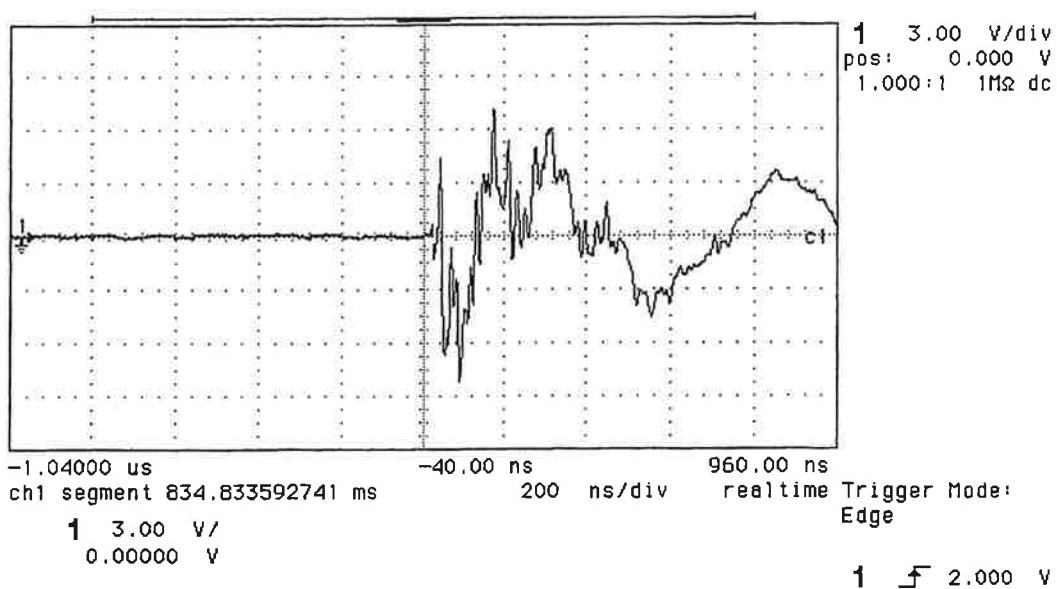
E25_101

hp stopped



E25_102

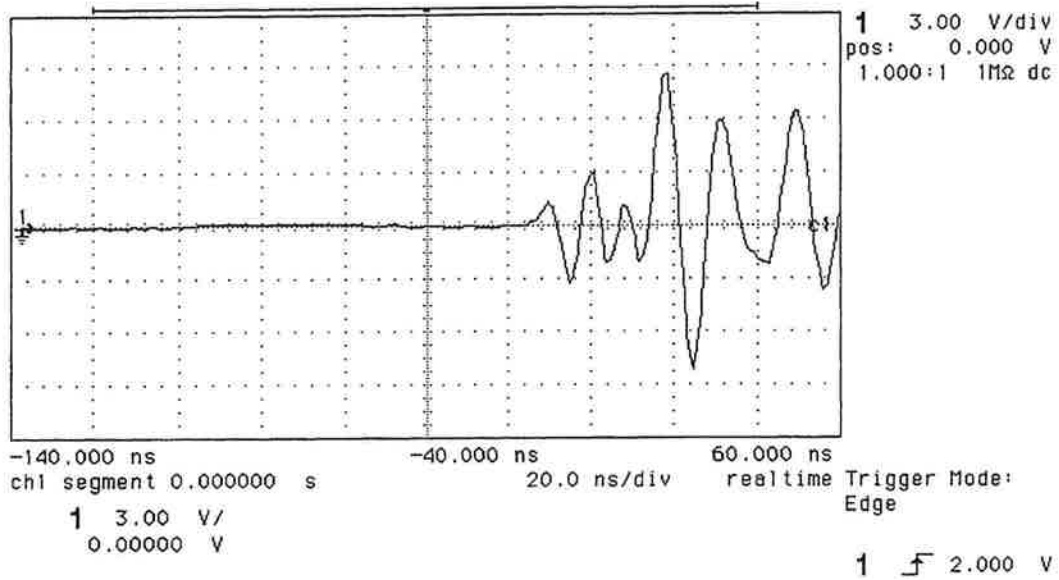
hp stopped



Bijlage A blad 2

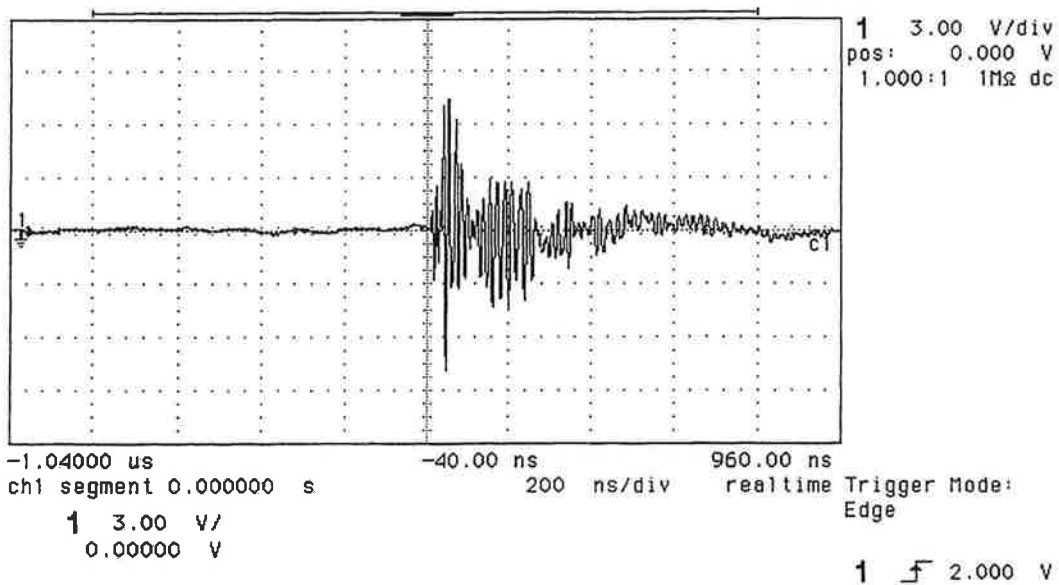
E25_103

hp stopped



E25_104

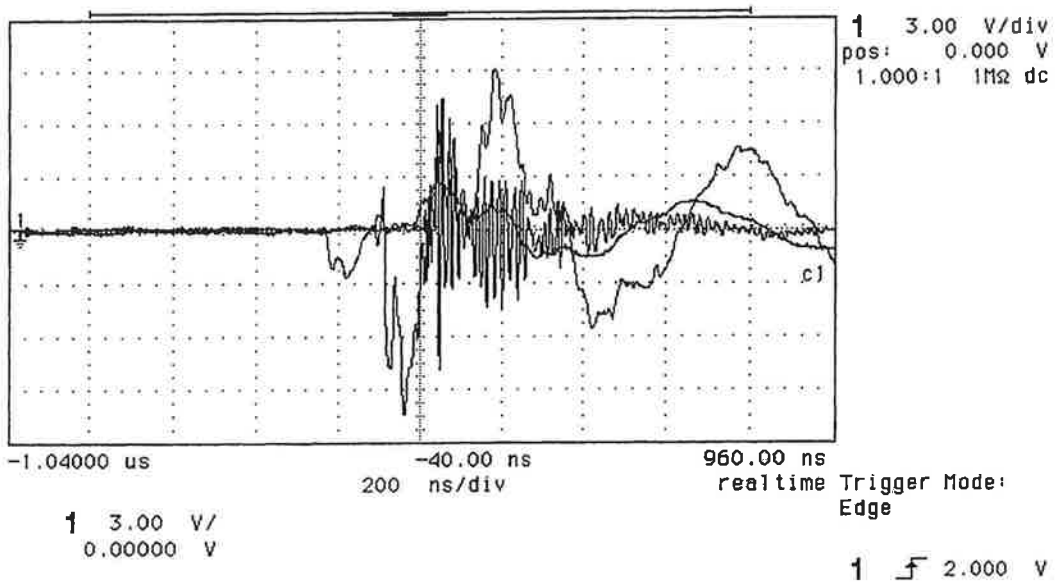
hp stopped



Bijlage A blad 3

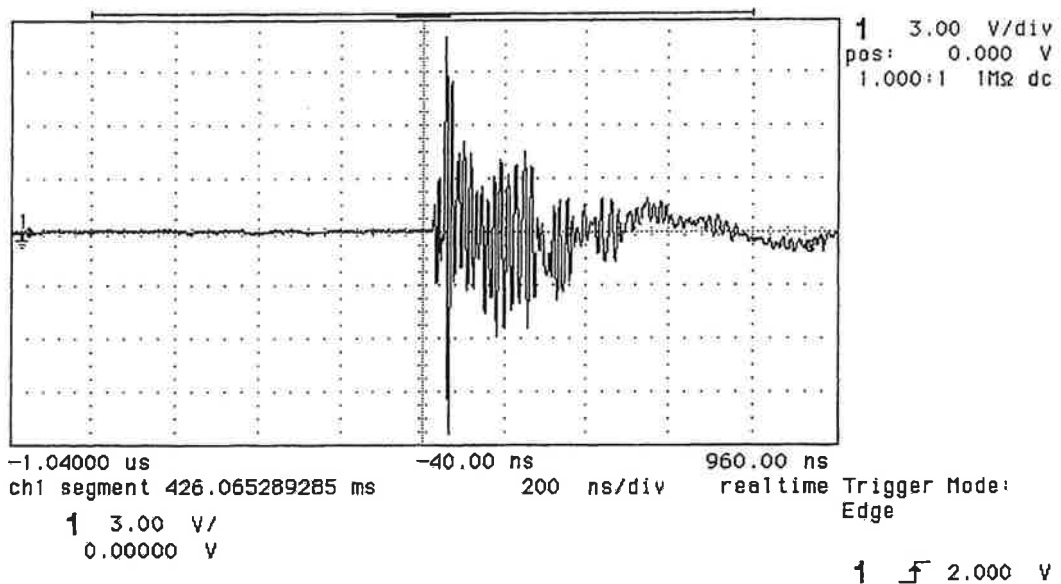
E25_107

hp stopped



E25_111

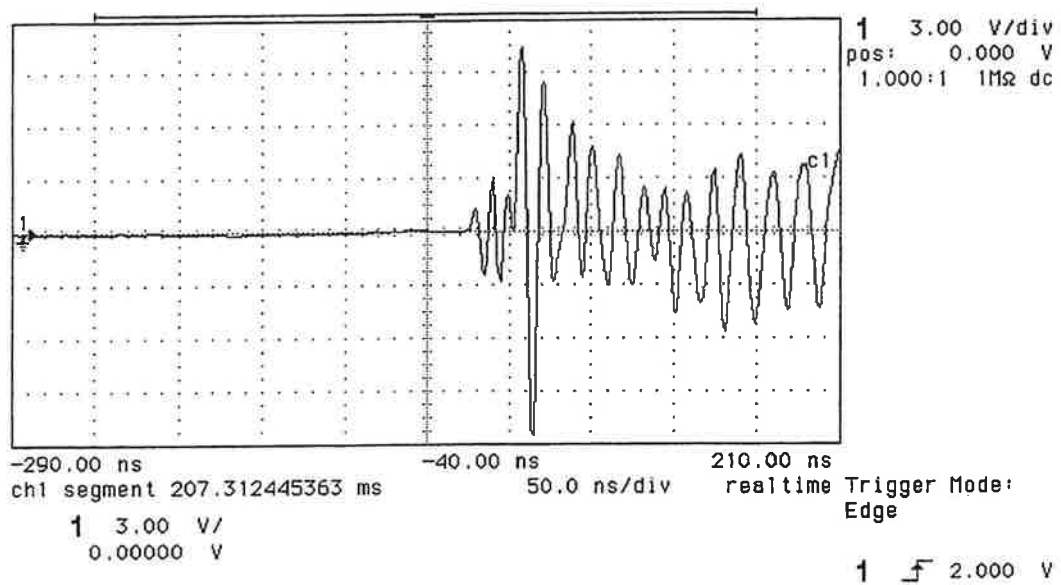
hp stopped



Bijlage A blad 4

E25_127

hp stopped



40010305-TDP 00-12907A

Bepaling kans op verstoring RCWP ten gevolge van HSL-
Zuid

Arnhem, 12 juli 2000

Auteur G.E. Tap

KEMA T&D Power

In opdracht van Projectorganisatie Hogesnelheidslijn - Zuid

auteur : G.E. Tap 

B 15 blz. - bijl.

PSK

beoordeeld : H.T. Jonker

goedgekeurd : T.J. Ploeg 

13/7/2000 

KEMA 

Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem.
Telefoon (026) 3 56 91 11. Telefax (026) 3 51 56 06.

© KEMA Nederland B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

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

KEMA Nederland B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, toekomstige 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.

INHOUD

	blz.
SAMENVATTING	4
1 Inleiding	5
2 Uitgangspunten	5
3 Opmerkingen met betrekking tot de immuniteit van RCWP	6
4 Gevolgde werkwijze	8
5 Vaststelling van mogelijke common mode stoorspanning	9
5.1 Vaststellen toelaatbare kans op verstoring	9
5.2 Vaststellen hoeveel treinen een kans op verstoring mogen geven	9
5.3 Vaststellen geïnduceerde spanning in de meetlus	10
5.4 Bepaling van de totale demping voor elektromagnetische velden	10
6 Bepaling te verwachten maximale common mode spanning	11
7 Bepaling van de kans op verstoring	11
8 Kanttekeningen	12
9 Conclusies en aanbevelingen	13
10 Referenties	14

SAMENVATTING

Op basis van een aantal aannames en met de aantekening dat EMC een dermate complex geheel is dat 100% zekerheid nooit geboden kan worden, kan worden geconcludeerd dat in het RCWP naar verwachting minder dan één maal per 100 jaar een verstoring van het functioneren kan optreden ten gevolge van door de HSL geïnduceerde transiënte stoorspanningen.

De in dit rapport toegepaste dempingwaarden zijn bepaald op de locatie van het RCWP (demping gebouw) of op een vergelijkbare locatie (demping tunnelbak).

Teneinde de bovengenoemde verwachting verder te onderbouwen dient de dempingwaarde van de tunnelbak te worden geverifieerd nadat deze op de locatie RCWP beschikbaar is.

1 INLEIDING

De Hogesnelheidslijn-Zuid zal per 1-1-2006 op geringe afstand van Rekencentrum Wilgenplas lopen. Ten gevolge van de bedrijfsvoering van de HSL-Zuid zullen elektromagnetische velden optreden.

Naast schakeltransiënten als gevolg van schakelen (in de tractie-energievoorziening en/of in het rijdend materieel) moeten met name de pulsvormige velden die ontstaan ten gevolge van vonkende stroomafnemers (bijvoorbeeld bij het op- en afzetten van de pantograaf maar vooral bij het passeren van leidingonderbrekers en ten gevolge van het bewegend contact pantograaf-rijdraad) in staat worden geacht de systemen in RCWP te kunnen verstoren. Of inderdaad verstoring van het functioneren van het RCWP zal optreden wordt bepaald door een aantal zaken welke in dit document aan de orde zullen komen.

ING is van mening dat de komst van de HSL de kans op verstoring van het RCWP niet substantieel mag verhogen.

In dit rapport wordt het onderzoek beschreven dat is uitgevoerd teneinde de kans te bepalen dat een verstoring van RCWP zal optreden.

N.B. Reeds in een eerder stadium van het project is vastgesteld dat monitoren gebaseerd op een kathodestraalbuis, mogelijk gestoord zouden kunnen worden door het magnetisch veld van de HSL. Een dergelijke verstoring kan zich uiten in vertekening, verkleuring of trillen van het beeld. Dit wordt veroorzaakt door een fysisch verschijnsel (beïnvloeding van het magnetische afbuigvelden van de elektronenstraal); er treedt geen verstoring op van de werking van elektronische schakelingen.

Omdat deze vorm van verstoring niet zal leiden tot gegevenscorruptie en relatief eenvoudig is te verhelpen, wordt het verschijnsel in dit rapport wel genoemd maar wordt er verder niet op ingegaan.

2 UITGANGSPUNTEN

In dit document zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. De meetwaarden van de KEMA-metingen (zie KEMA-rapport 'Pulsvormige inductiespanningen ten gevolge van Hogesnelheidstreinen, gemeten in het tijdsdomein', d.d. 5 juni 2000).
2. De statistische verwerking van de meetwaarden (zie HSL-rapport 'EMC-analyse van de gevolgen van vonkvorming in de tractie-energievoorziening voor ING Rekencentrum Wilgenplas, versie 1.0', d.d. 22 mei 2000).

3. De aanname van het aantal HSL-treinen in de komende jaren (zie bovengenoemd HSL-rapport).
4. Vonkende stroomafnemers van rijdende treinen zijn de hoofdoorzaak van elektromagnetische velden die een potentiële bedreiging vormen voor de in het RCWP opgestelde apparatuur.
5. Gezien de demping van elektromagnetische velden door de tunnelbak en de grond veel groter is dan de demping door de lucht, zal de bijdrage van velden door de lucht dominant zijn ten opzichte van de bijdrage van velden die zich via de grond voortplanten.
6. De dempingswaarden van de gevel van het RCWP en van de verzonken tunnelbak (zie KEMA-rapport 'Meetrapport demping elektromagnetisch veld van de gevel van het RCWP en van de verzonken open tunnelbak', d.d. 10 juli 2000').
7. Het tracé van de HSL-Zuid zoals dat nu bekend is (zie bovengenoemd HSL-rapport).

Er wordt daarnaast aangenomen dat het RCWP op dit moment zonder problemen functioneert bij het huidige niveau van elektromagnetische velden en de ten gevolge daarvan optredende geïnduceerde spanningen op kabels. Deze aanname is door RCWP bevestigd.

3 OPMERKINGEN MET BETREKKING TOT DE IMMUNITEIT VAN RCWP

Op dit moment bezit het RCWP een zekere immuniteit (= ongevoeligheid) voor storende velden. De exacte waarden daarvan voor de verschillende apparaten en systemen en voor het totale rekencentrum als geheel, zijn echter niet bekend.

Omdat het RCWP op dit moment goed functioneert kan worden geconcludeerd dat het RCWP klaarblijkelijk ongevoelig is (voldoende immuniteit bezit) voor de op dit moment aanwezige elektromagnetische velden en de ten gevolge daarvan optredende geïnduceerde spanningen op kabelmantels en signaaladers.

Na inbedrijfname van de HSL zal de elektromagnetische omgeving van het RCWP wijzigen door de bijdrage van de elektromagnetische velden afkomstig van de HSL. Met betrekking tot deze velden kan worden opgemerkt dat:

- a De bijdrage van de HSL-Zuid aan de nu reeds bij RCWP aanwezige elektromagnetische velden zal bestaan uit een continue deel en een transiënt (pulsvormig) deel.
- b De sterkte van de continue elektromagnetische velden (continue breedband storing) veroorzaakt door de HSL in het algemeen lager zal zijn dan die van de reeds in het RCWP aanwezige continue elektromagnetische velden. Mogelijke uitzondering zijn de laagfrequente magnetische velden (zie N.B. in de inleiding).
- c De sterkte van de transiënte elektromagnetische velden (veroorzaakt door bijvoorbeeld vonken tussen pantograaf en rijdraad) onbekend is.

Ten aanzien van de immuniteit van de systemen en apparatuur in RCWP kan het volgende worden opgemerkt:

1. Volgens de EMC-richtlijn dienen aan de in RCWP geïnstalleerde systemen, voor zover geïnstalleerd na van kracht worden van genoemde richtlijn (1-1-96), EMC-eisen te worden gesteld.
2. Het computercentrum is een omgeving waarvoor met betrekking tot immuniteit de norm NEN-EN 50082-1 (generieke immuniteitstandaard voor huishoudelijke, commerciële en lichtindustriële omgevingen) geldig is.
3. Niet alle systemen dateren van na het van kracht worden van de EMC-richtlijn. In het algemeen zal dit betekenen dat van deze systemen en apparatuur niet bekend is welke maximale elektromagnetische velden en stoorspanningen verdragen kunnen worden. Niet duidelijk is of deze situatie ook nog na 2005 zal bestaan.
4. Systemen en apparatuur die dateren van na het van kracht worden van de EMC-richtlijn, zullen niet verstoord worden door de continue EM-velden (continue breedband storing) veroorzaakt door de HSL. Ook voor apparatuur die dateert van vóór de EMC-richtlijn wordt verwacht dat continue velden geen problemen zullen geven. Uitzondering vormen monitoren met een kathodestraalbuis (zie N.B. in de inleiding).
5. Op bekabeling zullen spanningen worden geïnduceerd door de transiënte elektromagnetische velden afkomstig van de HSL. De hoogte van een spanning op een kabel wordt bepaald door de transiënte elektromagnetische velden (sterkte en frequentie-inhoud), de optredende dempingen (tussen bron en kabel en ten gevolge van nabijgelegen parallelle bekabeling), de kabel zelf (demping, afwerking, constructie) alsmede de oriëntatie van de kabel ten opzichte van geaarde metalen (constructie)delen en ten opzichte van de HSL.
6. Bij bovengenoemde geïnduceerde spanningen dient onderscheid te worden gemaakt tussen common mode stoorspanningen en differential mode stoorspanningen. De common mode stoorspanningen worden geïnduceerd op bekabeling in het RCWP. Deze common mode stoorspanningen resulteren in differential mode stoorspanningen op de ingangspoorten van apparatuur. Aanwezigheid van te hoge common mode of differential mode spanningen op een communicatieverbinding zal een verstoring van communicatie signalen tot gevolg hebben hetgeen verstoring van het functioneren van het RCWP tot gevolg kan hebben.

In principe geldt voor het RCWP met betrekking tot immuniteit voor elektromagnetische velden de norm NEN-EN 50082-1 (Elektromagnetische compatibiliteit. Algemene immuniteitsnorm. Deel 1: huishoudelijke, handels- en lichtindustriële omgeving).

Met betrekking tot het mogelijk optreden van verstoring van het functioneren van het RCWP in relatie met het toepassen van norm NEN-EN 50082-1 kan het volgende worden opgemerkt:

1. In de norm NEN-EN 50082-1 staat omschreven dat een communicatiepoort bestand moet zijn tegen een test met een common mode electrical fast transient (EFT) spanning van 0,5 kV (een EFT-spanning is een spanning die – als het een communicatieverbinding betreft - veroorzaakt wordt door pulsvormige elektromagnetische velden en die vergelijkbaar is met de door de HSL veroorzaakte stoorspanning ten gevolge van vonken). Voor deze test geldt het performance criterium B hetgeen betekent dat tijdens de test het apparaat qua performance mag degraderen, het apparaat moet na afloop van de test echter zelf herstellen. Status veranderingen en verlies van data binnen het apparaat zijn niet toegestaan.
2. De norm NEN-EN 50082-1 doet geen uitspraak over de toelaatbare hoogte van de differential mode stoorspanning. Er wordt vanuit gegaan dat, indien voldaan is aan de eis uit de

norm, er geen problemen (binnen criterium B!) zullen optreden met differential mode spanningen.

3. Er wordt geen uitspraak gedaan ten aanzien van de toegelaten verstoring van data op communicatieverbindingen tussen apparaten.

Uit het voorgaande moet worden geconcludeerd:

1. Niet voor alle aanwezige apparatuur kunnen EMC-normen zoals bedoeld in de EMC-richtlijn, van toepassing worden verklaard.
2. Ook al zou van alle apparatuur bekend zijn dat voldaan wordt aan de norm NEN-EN 50082-1, dan nog is dit geen garantie voor een ongestoord functioneren van het apparaat.
3. Op basis van de geldende norm kan geen uitspraak worden gedaan ten aanzien van de nog toelaatbare differential mode stoorspanning op een communicatie poort waarbij het apparaat nog ongestoord blijft functioneren.
4. Ook als apparatuur ongestoord blijft functioneren kan toch verstoring van datacommunicatie optreden. De norm doet geen uitspraak over de toelaatbare verstoring van datacommunicatie.

4 GEVOLGDE WERKWIJZE

Omdat de op RCWP van toepassing zijnde normen niet voldoende houvast bieden bij de bepaling welke stoorspanningen nog toelaatbaar zouden zijn c.q. wanneer het rekencentrum als systeem gestoord zou kunnen raken, stelt KEMA de volgende werkwijze voor om een indruk te kunnen krijgen van de kans op verstoring van het RCWP:

1. Bepaling (via berekening) van de hoogte van een mogelijke common mode stoorspanning op de communicatieverbindingen van RCWP ten gevolge van de HSL.
2. Bepaling (door meting) van de op dit moment op de communicatieverbindingen van RCWP aanwezige common mode stoorspanningen (waarbij geen verstoring optreedt!).
3. Vergelijking van beide waarden.

De voorgestelde werkwijze vergelijkt een berekende waarde (die met een redelijke, en 'controleerbare' nauwkeurigheid bepaald kan worden) met een gemeten waarde van een goed werkend systeem. Impliciet wordt de gemeten waarde in RCWP als normwaarde genomen omdat in de praktijk bij deze waarde geen problemen blijken te bestaan; de immuniteit van RCWP wordt in minimale vorm vastgesteld.

Bij berekening van de mogelijk optredende common mode stoorspanning in de communicatieverbindingen in het RCWP wordt gebruik gemaakt van metingen van geïnduceerde spanningen in een meetlus welke op een bekende afstand van een HSL-spoor was opgesteld (zie hiervoor de in opdracht van HSL uitgevoerde meet sessie, samengevat in conceptrapport 'Pulsvormige inductiespanningen ten gevolge van Hogesnelheidstreinen, gemeten in het tijdsdomein, d.d. 5 juni 2000).

Statistische verwerking van deze meetwaarden en de aanname van een bepaald aantal treinpassages in een beschouwde periode levert als resultaat op het aantal keren dat een in de meetlus geïnduceerde spanning een bepaalde waarde zal overschrijden in die periode. Met andere woorden: de statistische bewerking levert de kans op overschrijding van een bepaald stoorspanningsniveau op.

Tussen een geïnduceerde spanning in de meetlus en de in het RCWP geïnduceerde common mode stoorspanning op de communicatieverbindingen bestaat een vaste relatie via de aanwezige dempingen (bepaald door afstand tussen meetlus en bedoelde communicatieverbindingen, de gebouwgevel, de demping van de tunnelbak etc.) en de wijze waarop de installatie in het RCWP is uitgevoerd (qua oppervlakte van bekabelingslussen, soort bekabeling e.d.). Aldus kan ook voor de grootte van de in het RCWP geïnduceerde common mode stoorspanning worden bepaald hoe vaak deze een bepaald niveau zal overschrijden in een te beschouwen periode.

Indien de door de HSL bij het RCWP veroorzaakte common mode stoorspanning, die slechts eens in de 100 jaar kan worden overschreden, een lage waarde heeft (bij voorkeur onder de waarde die optreedt bij een reeds aanwezig elektromagnetisch veld), mag worden aangenomen dat de HSL geen significante bijdrage zal leveren aan de foutkans van het RCWP.

5 VASTSTELLING VAN MOGELIJKE COMMON MODE STOORSPANNING

Voordat het niveau van de common mode stoorspanning op de communicatieverbindingen in het RCWP, die met een bepaalde toelaatbare kans mag worden overschreden, kan worden vastgesteld, dienen de volgende stappen te worden doorlopen:

1. Vaststellen van het toelaatbare aantal verstoringen in een nader aan te geven periode.
2. Vaststellen hoeveel treinen in de onder punt 1 bedoelde periode zullen passeren en op basis van het onder punt 1 bedoelde toelaatbare aantal verstoringen vaststellen hoeveel treinpassages tot verstoring mogen leiden.
3. Bepalen van de geïnduceerde stoorspanning in de meetlus die met een zekere waarschijnlijkheid niet zal worden overschreden.
4. Bepaling van de mate van demping voor elektromagnetische velden (via de lucht) tussen het HSL-tracé en de communicatieverbindingen in het RCWP.

5.1 Vaststellen toelaatbare kans op verstoring

Aanname te bepalen door ING.

Aanname in dit rapport: De toelaatbare kans op verstoring van het functioneren van het RCWP ten gevolge van de elektromagnetische velden van de HSL-Zuid: 1 maal per 100 jaar.

5.2 Vaststellen hoeveel treinen een kans op verstoring mogen geven

Gegevens afkomstig van HSL-Zuid.

Per jaar 100.000 treinen >> voor 100 jaar 10.000.000 treinen

Er wordt aangenomen dat 1 op iedere 2 treinen een significante vonk produceert.

Aanname in dit rapport: Het aantal treinen dat potentieel in staat is RCWP te verstoren is: 5.000.000.

5.3 Vaststellen geïnduceerde spanning in de meetlus

Bij een totaal aantal potentieel storende treinen in 100 jaar van 5.000.000 mag er één zijn die een storing in het RCWP oplevert. Deze ene trein levert dus een spanning op in de meetlus die, omgerekend naar RCWP, hoog genoeg zou kunnen zijn om storing te veroorzaken.

Uit de statistische verwerking van de meetwaarden kan de hoogste in de meetlus geïnduceerde spanning worden bepaald die mag worden verwacht bij één van de 5.000.000 vonkende treinen. De verwachtingswaarde van deze spanning bedraagt 716V.

Aanname in dit rapport: Uitgaande van de gehanteerde aannames en bij 10.000.000 treinpasages waarbij van iedere twee treinen er één vonkt, zal de verwachtingswaarde van de maximaal geïnduceerde spanning ca. 716 V bedragen.

N.B. "Verwachtingswaarde" betekent hier dat mag worden verwacht (op grond van de steekproefresultaten), dat dit de meest waarschijnlijke spanning is. Met een betrouwbaarheid van 50% zal de waarde lager zijn, met een betrouwbaarheid van 50% zal de waarde hoger zijn.

Voor andere betrouwbaarheidswaarden zijn uit de statistische verwerking de volgende waarden bepaald (bij 5.000.000 vonkende treinen):

- Met een betrouwbaarheid van 95% zal de maximaal geïnduceerde spanning een waarde van 837 V niet overschrijden.
- Met een betrouwbaarheid van 99% zal de maximaal geïnduceerde spanning een waarde van 894 V niet overschrijden
- Met een betrouwbaarheid van 99,9% zal de maximaal geïnduceerde spanning een waarde van 967 V niet overschrijden

5.4 Bepaling van de totale demping voor elektromagnetische velden

Teneinde de demping van de gebouwgevel en van de open tunnelbak te bepalen zijn metingen uitgevoerd welke zijn vastgelegd in rapport 'Meetrapport demping elektromagnetisch veld van de gevel van het RCWP en van de verzonken open tunnelbak', d.d. 10 juli 2000. De dempingen zijn gemeten in het bereik van 1 MHz tot 100 MHz.

De vastgestelde waarden (worst-case) zijn:

Geveldeмпing van het RCWP: beter dan 7 dB
Demping verzonken open tunnelbak: beter dan 19 dB.

De dempingen van de gebouwgevel is bepaald op de locatie RCWP.

Voor de demping van de tunnelbak geldt dat deze is vastgesteld op een (practisch haalbare) locatie die zoveel mogelijk representatief is voor de situatie zoals die in 2005 zal bestaan bij het RCWP. Deze dempingswaarde dient geverifieerd te worden indien de tunnelbak op de bewuste locatie beschikbaar is.

De afstand van de communicatiekabels ten opzichte van de afstand van de meetantenne tot de spoorbaan (80 m. respectievelijk 24 m.) levert een demping op van 16 dB.

Er is aangenomen dat het oppervlak van het meetlus en het oppervlak van de lus gevormd door de communicatiekabel en een aardvlak beide 10 m² bedragen.

De totale demping tussen het HSL-tracé en de communicatieverbindingen in het RCWP bedraagt derhalve:

Afstanddemping	: 16 dB
Gebouwgeveldeмпing	: 7 dB
Demping tunnelbak	: 19 dB

Aanname in dit rapport: De totale demping bedraagt tenminste 42 dB (factor 126).

6 BEPALING TE VERWACHTEN MAXIMALE COMMON MODE SPANNING

Uitgaande van de gehanteerde aannames en bij 10.000.000 treinpassages waarbij van iedere twee treinen er één vonkt, zal de verwachtingswaarde van de maximaal geïnduceerde common mode spanning op de communicatieverbindingen in het RCWP $716 / 126 = \text{ca. } 5,7$ Volt bedragen.

Met een betrouwbaarheid van 50% zal de waarde lager zijn, met een betrouwbaarheid van 50% zal de waarde hoger zijn.

Met een betrouwbaarheid van 95% zal de maximaal geïnduceerde common mode spanning een waarde van ca. 6,6 V niet overschrijden.

Met een betrouwbaarheid van 99% zal de maximaal geïnduceerde common mode spanning een waarde van 7,1 V niet overschrijden

Met een betrouwbaarheid van 99,9% zal de maximaal geïnduceerde spanning een waarde van ca. 7,7 V niet overschrijden

7 BEPALING VAN DE KANS OP VERSTORING

Uit het voorgaande blijkt dat bij één trein in de 100 jaar de verwachtingswaarde van de maximaal geïnduceerde common mode spanning op de communicatieverbindingen in het RCWP $716 / 126 = \text{ca. } 5,7$ Volt zal bedragen. Met een betrouwbaarheid van 50% zal de waarde lager zijn, met een betrouwbaarheid van 50% zal de waarde hoger zijn.

Bij vergelijkbare systemen geeft een common mode spanning van rond de 6 V in het algemeen geen problemen. Dit betekent dat het onwaarschijnlijk is dat die ene trein in 100 jaar die de hoogste stoorspanning geeft ook daadwerkelijk een verstoring van het RCWP oplevert.

Uit metingen in RCWP (11 mei 2000) is gebleken dat een stoorniveau van 1,2 V common mode spanning op de kabels door het systeem kan worden verdragen. Als stoorbron is de TL-verlichting genomen; in- en uitschakelen daarvan staat bekend als een (weliswaar lokale) stoorbron. Er kon geen hogere stoorspanning worden geïnduceerd met behulp van een aanwezige en toegelaten stoorbron.

De gemeten relatief lage waarde van 1,2 V top-top ligt beneden de hierboven genoemde 6 V common mode spanning zodat er nog geen 'hard' bewijs is dat de mogelijk door HSL geïnduceerde common mode spanning geen problemen zullen opleveren.

Echter, het betekent ook geenszins dat een geïnduceerde common mode spanning met deze waarde problematisch zou kunnen zijn. Het is in tegendeel eerder een bewijs dat het RCWP goed doordacht en uitgevoerd is met betrekking tot EMC.

8 KANTTEKENINGEN

Bij de hiervoor gevolgde redeneringen is een aantal zaken niet meegenomen die wel degelijk de kans op een verstoring verkleinen. Het betreft dan zaken als:

- Mocht genoemde stoorspanning toch zo hoog zijn dat een verstoring mogelijk is, dan zal deze verstoring bestaan uit een aantasting van de data-stroom tussen 2 computers. Verwacht mag worden dat deze verstoring wordt opgevangen door het communicatieprotocol.
- De HSL zal pas in 2005 rijden. Verwacht mag worden dat dan veel van de apparatuur die is aangeschaft op het moment dat de EMC-richtlijn nog niet van kracht was, vervangen zal zijn door apparatuur die wel onder genoemde richtlijn valt.
- Er is gerekend met een lusoppervlak van 10 m^2 evenwijdig aan het spoor. Een dergelijke lusoppervlak in de bekabeling kan in het RCWP voorkomen. Het overgrote deel van de bekabeling echter zal zich naar verwachting over de grootste lengte in de directe nabijheid bevinden van een aardvlak (aardnet, betonwapening, kabelgoten etc.). Dit zal waarschijnlijk resulteren in een kleiner lusoppervlak hetgeen een lagere common mode stoorspanning tot gevolg zal hebben.

- Er is uitgegaan van een niet afgeschermd kabel. Bij afgeschermd kabels wordt de geïnduceerde (storende) spanning op de signaaladers nog beter gedempt. Het is op dit moment echter niet duidelijk in welke mate niet-afgeschermd kabels zijn toegepast bij RCWP.
- In de toekomst zal datacommunicatie in het rekencentrum vrijwel volledig via glasvezels lopen. Verstoring hiervan door elektromagnetische velden is niet mogelijk zodat de immuniteit van het RCWP belangrijk zal worden vergroot.

9 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uitgaande van de gedane aannames kan worden geconcludeerd dat de kans dat in het RCWP een verstoring van het functioneren kan optreden ten gevolge van door de HSL geïnduceerde stoorspanningen, kleiner is dan één maal per 100 jaar.

De passieve stoorspanningsmetingen in RCWP hebben geen 'hard' bewijs geleverd die deze verwachting bevestigt. Indirect is echter wel gebleken dat bij de installaties in het RCWP EMC-regels zijn toegepast waardoor de gevoeligheid voor storende velden in gunstige zin wordt beïnvloed.

De dempingwaarde van de tunnelbak dient nog te worden geverifieerd wanneer de tunnelbak op de locatie RCWP beschikbaar is.

REFERENTIES

Pulsvormige inductiespanningen ten gevolge van Hogesnelheidstreinen, gemeten in het tijds-domein, d.d. 5 juni 2000. KEMA rapport, referentie 40010262-TDP 00-12287A.

EMC-analyse van de gevolgen van vonkvorming in de tractie-energievoorziening voor ING Rekencentrum Wilgenplas, versie 1.0, d.d. 22 mei 2000. HSL rapport

NEN-EN 50082-1, Elektromagnetische compatibiliteit. Algemene immuniteitsnorm. Deel 1: huishoudelijke, handels- en lichtindustriële omgeving.

Meetrapport demping elektromagnetisch veld van de gevel van het RCWP en van de verzonken open tunnelbak, d.d. 10 juli 2000. KEMA rapport, referentie 40010300-TDP 00-12924A.

40010300-TDP 00-12924A

Meetrapport demping elektromagnetische veld van de gevel
van het RWCP en van de verzonken open tunnelbak

Arnhem, 14 juli 2000

Auteurs H.T. Jonker, R. Venhuizen

KEMA T&D Power

In opdracht van de Projectorganisatie Hogesnelheidslijn-Zuid

auteurs: R. Venhuizen
B

13 blz.

- bijl. PSK

beoordeeld : H.T. Jonker
goedgekeurd : T.J. Ploeg

14/7/2000 

KEMA 

Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem.
Telefoon (026) 3 56 91 11. Telefax (026) 3 51 56 06.

© KEMA Nederland B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

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

KEMA Nederland B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, toekomstige 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.

INHOUD

	blz.
SAMENVATTING	4
1 Inleiding	5
2 Algemene gegevens	6
2.1 Informatie opdrachtgever	6
2.2 Onderzoek gegevens	6
3 Meetresultaten geveldemping	7
3.1 Testopstelling	7
3.2 Meetresultaten	8
3.3 Samenvatting meetresultaten	9
4 Metingen tunnelbakdemping	10
4.1 Methodiek	10
4.2 Testopstelling	10
4.3 Meetresultaten kalibratie	11
4.3.1 Afname van de veldsterkte op de hoofdas, maximum meting	11
4.4 Meetresultaten tunnelbakdemping	12
4.4.1 Resultaten tunnel Planken Wambuis meetplek 1	12
4.4.2 Resultaten tunnel Planken Wambuis meetplek 2	13
4.4.3 Resultaten tunnel Overberg	13
4.4.4 Samenvatting meetresultaten	13

SAMENVATTING

De minimale geveldemping van het RCWP in het frequentie gebied van 0,7 MHz – 100 MHz bedraagt 7,3 dB.

Voor de open tunnelbak demping is een minimale demping van 19,0 dB vastgesteld in het frequentie gebied van 1-100 MHz.

1 INLEIDING

De aan te leggen hogesnelheidslijn passeert het ING rekencentrum Wilgenplas te Rotterdam op een afstand van circa 30 meter. De ING bank heeft KEMA ingeschakeld bij de beoordeling van de risico's die dit kan opleveren inzake elektromagnetische compatibiliteit (EMC).

Een treinpassage is op elektromagnetisch gebied een complexe elektromagnetische bron. Naast de (continue) elektromagnetische velden die de elektronica van de trein in combinatie met de bovenleiding produceert, is het vonken van de pantograaf in combinatie met de bovenleiding een tweede niet te verwaarlozen interferentie bron. Om te kunnen beoordelen of de opgewekte velden tot verstoring van de elektronische apparatuur binnen het rekencentrum kunnen leiden is het nodig de volgende zaken te analyseren:

- 1 de elektromagnetische velden opgewekt door een passerende trein
- 2 de ongevoeligheid van de elektronische apparatuur in het rekencentrum voor deze velden
- 3 de afname van de veldsterkte van het spoor tot in het rekencentrum. Deze laatste is op te splitsen in de volgende drie afzonderlijke dempende factoren:
 - het afstandseffect: de veldsterkte neemt af met de afstand
 - demping van de verzonken tunnel: het spoor ligt nog onder het maaiveld ter hoogte van het rekencentrum, ten aanzien van het rekencentrum wordt hierdoor het veld gedempt
 - demping door de gevel van het rekencentrum: het betonijzer in de gevel heeft een afschermende werking.

De demping door de verzonken tunnel en de demping door de gevel van het rekencentrum (3b en 3c) worden in dit rapport behandeld. Om deze te kunnen kwantificeren zijn een aantal metingen uitgevoerd.

Voor het bepalen van de demping van de gevel zijn op een aantal frequenties metingen uitgevoerd in en buiten het gebouw. Het verschil van de veldsterkte binnen en buiten het gebouw is een maat voor de demping door de gevel.

Voor de bepaling van de demping van de verzonken spoorbaan zijn een aantal metingen uitgevoerd rond bestaande en representatief geachte tunnels.

De resultaten van beide metingen worden in dit rapport gepresenteerd.

2 ALGEMENE GEGEVENS**2.1 Informatie opdrachtgever**

Opdrachtgever : Projectorganisatie Hogesnelheidslijn-Zuid
Contact persoon : ir. R.G.C. Dirven
Adres : Catharijnesingel 33
Postcode : 3511 GC
Plaats : Utrecht
Land : Nederland

2.2 Onderzoek gegevens

Metingen geveldeмпing

Data : 18, 23 mei 2000
Locatie : ING rekencentrum Wilgenplas

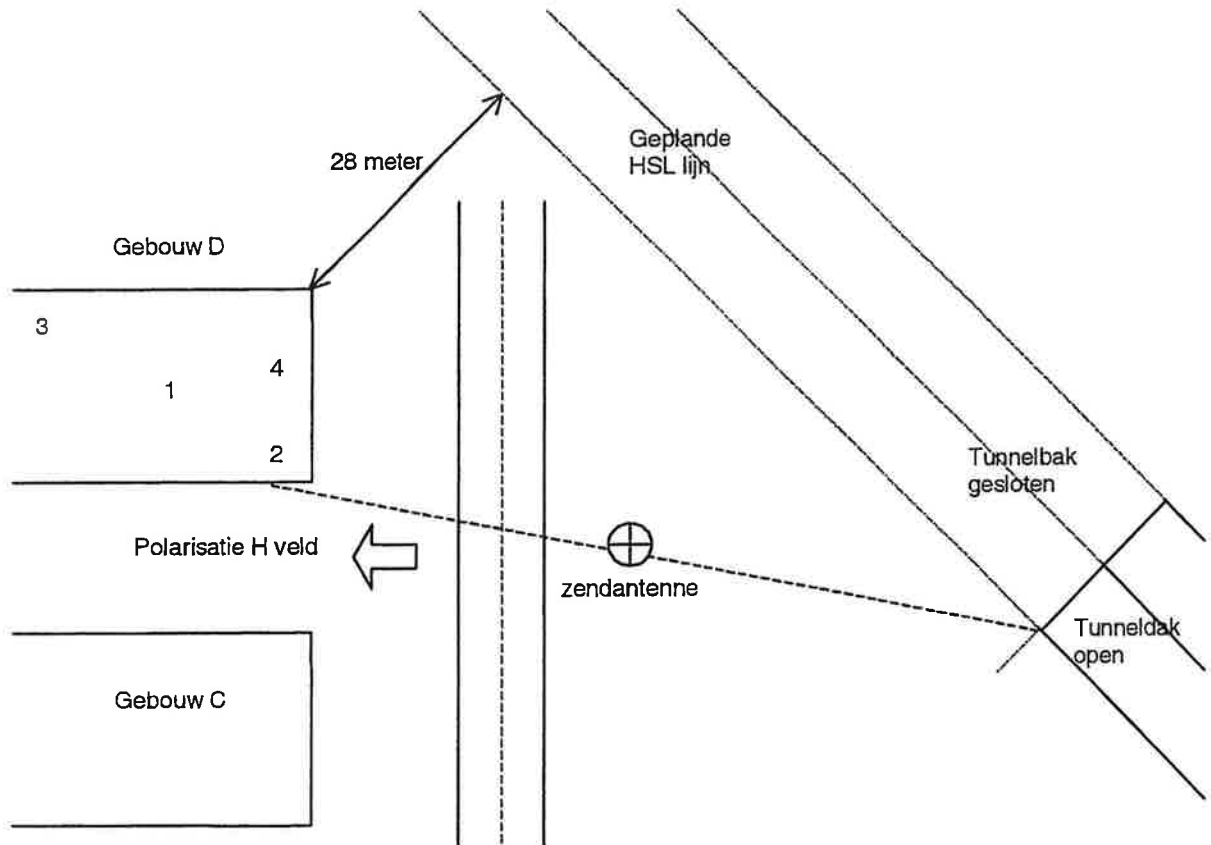
Metingen tunneldemping

Data : 14-16 en 21 juni 2000
Locaties : vluchttunnel plankenwambuis onder A12 nabij Arnhem
tunnel onder A12 nabij Overberg

Uitgevoerd door : ir. R. Venhuizen tel. 026 - 3 56 3724
ing. H.T. Jonker tel 026 - 3 56 3725

3 MEETRESULTATEN GEVELDEMPING

3.1 Testopstelling



De zendantenne is zodanig opgesteld dat deze zich in dezelfde richting bevindt als de opening van het tunneldak, gezien vanuit het dichtstbijzijnde raam in gebouw D (positie 2). De antenne van de zendinstallatie betrof een gesloten raamantenne. De polarisatie van het opgewekte magneetveld is aangegeven in de tekening door een pijl.

Tevens is gebruik gemaakt van een drietal bestaande AM dan wel FM zenders waarvan is vastgesteld dat ze in de juiste oriëntatie staan. Gebruikt zijn de middengolf zenders 747 kHz en 1008 MHz (Zeewolde) en een lokale FM zender op 99,4 MHz.

3.2 Meetresultaten

Buiten het gebouw zijn de volgende veldsterktes gemeten. De gemeten veldsterkte op het dak is niet gelijk aan de gemeten veldsterkte op de grond. Met behulp van lineaire interpolatie is een veldsterkte berekend ter hoogte van de eerste verdieping.

De meetresultaten zijn uitgedrukt in [dB μ V]. Met andere woorden de aanwijzing van het meetinstrument is vermeld en niet de absolute veldsterkte uitgedrukt in V/m. De absolute veldsterkte is niet relevant daar slechts de verschillen (relatief) beschouwd worden.

Tabel 1 Veldsterktes buiten het gebouw

Frequentie [MHz]	Gemeten waarde buiten		Geïnterpoleerde waarde eerste verdieping [dB μ V]
	Grond [dB μ V]	Dak [dB μ V]	
0,747	42,1	55,5	51,0
1,008	38,5	43,9	42,1
3	54,7	32,3	39,8
10	55,5	46,4	49,4
30	59,6	52,3	54,7
99,4	22,5	42,3	35,7

Tabel 2 Veldsterktes binnen het gebouw op de begane grond

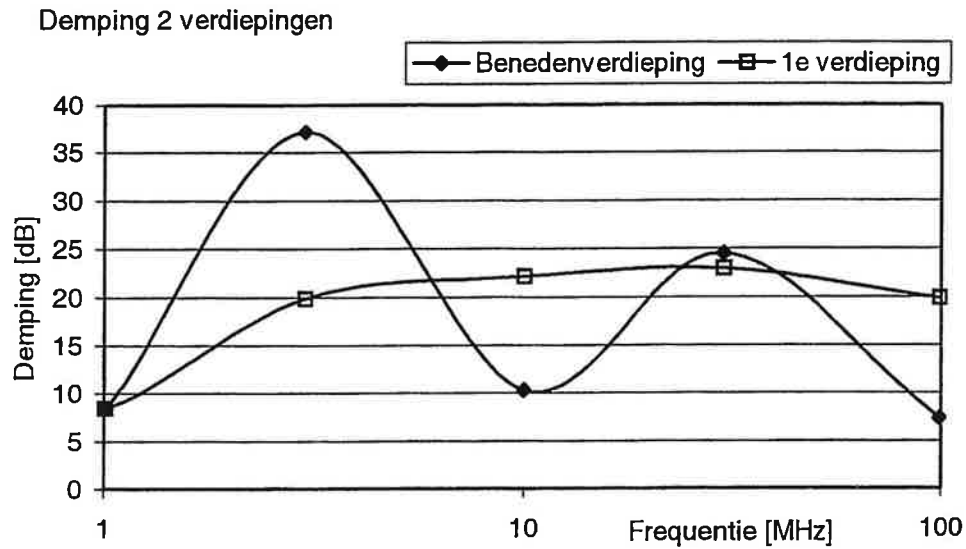
Frequentie [MHz]	Buiten	Binnen, beneden		Minimale demping gebouw [dB]
	Grond dB μ V	Loc 2 [dB μ V]	Loc 4 [dB μ V]	
0,747	42,1	31,6	26,9	10,5
1,008	38,5	30,1	26,7	8,4
3	54,7	17,5	15,0	37,2
10	55,5	45,2	39,1	10,3
30	59,6	35,1	30,5	24,5
99,4	22,5	15,2	< 5	7,3

Tabel 3 Veldsterktes binnen het gebouw op de eerste verdieping

Frequentie [MHz]	Buiten	Binnen 1 ^e verdieping			Minimale demping gebouw [dB]
	*) dB μ V	Loc 1 dB μ V	Loc 2 dB μ V	Loc 3 dB μ V	
0,747	51,0	37,0	35,1	35,6	14,0
1,008	42,1	33,6	30,4	33,6	8,5
3	39,8	7,7	20,0	11,9	19,8
10	49,4	25,9	27,3	19,5	22,1
30	54,7	10,7	31,8	9,3	22,9
99,4	35,7	15,5	15,9	< 5	19,8

Note *) hiervoor zijn de geïnterpoleerde waarden van tabel 1 gebruikt.

Grafisch weergegeven ziet de gebouwdemping er als volgt uit.



3.3 Samenvatting meetresultaten

De minimale geveldeemping in het frequentiegebied van 0,7 MHz tot 100 MHz bedraagt:

voor de benedenverdieping 7,3 dB (= dempingfactor 2,3)

voor de 1^e verdieping 8,5 dB (= dempingfactor 2,7)

4 METINGEN TUNNELBAKDEMPING

4.1 Methodiek

Ten behoeve van de (verzonken) tunnelbakdemping metingen zijn een tweetal representatieve tunnels gezocht en geselecteerd. Daar de infrastructuur van de hogesnelheidslijn nog niet beschikbaar is zijn een tweetal 'normale' tunnels onder de A12 geselecteerd op vooraf bepaalde criteria qua dimensies, materiaal en ligging.

In het frequentiebereik 1-100 MHz is een zendbron gedefinieerd waarvan het gedrag inzichtelijk is gemaakt door een kalibratiesessie in vrij zicht op een open veld. De kalibratie resultaten zijn vermeld in paragraaf 5.3 van dit rapport.

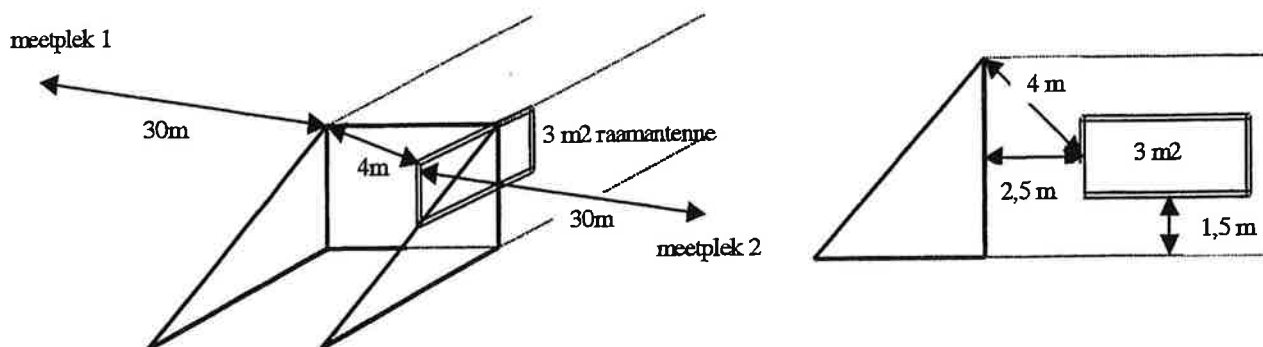
De zendbron wordt gevormd door een 3 m² raamantenne. In serie met de raamantenne is 50 Ω opgenomen. Deze antenne wordt aangestuurd door een hoogfrequent versterker in combinatie met een signaalgenerator. De versterker wordt afgesloten met een 6dB/50 Ω. verzwakker.

Deze zendantenne is in de tunnel opgesteld, zie paragraaf 5.2. In vergelijking met de daadwerkelijke HSL tunnelbak dient de (meet) tunnel in gedachten over 30 graden (planken wambuis) en 90 graden (Overberg) geroteerd te worden. Dat betekent dat de bakbodem feitelijk niet aanwezig is. Het ontbreken van de tunnel bodem wordt gecorrigeerd met 2 dB. Het aanwezig zijn van een tunnelbodem geeft een maximale verhoging van het uitredende veld met 3 dB bij 100% reflectie. In dit rapport wordt een gemiddelde van 2 dB aangenomen.

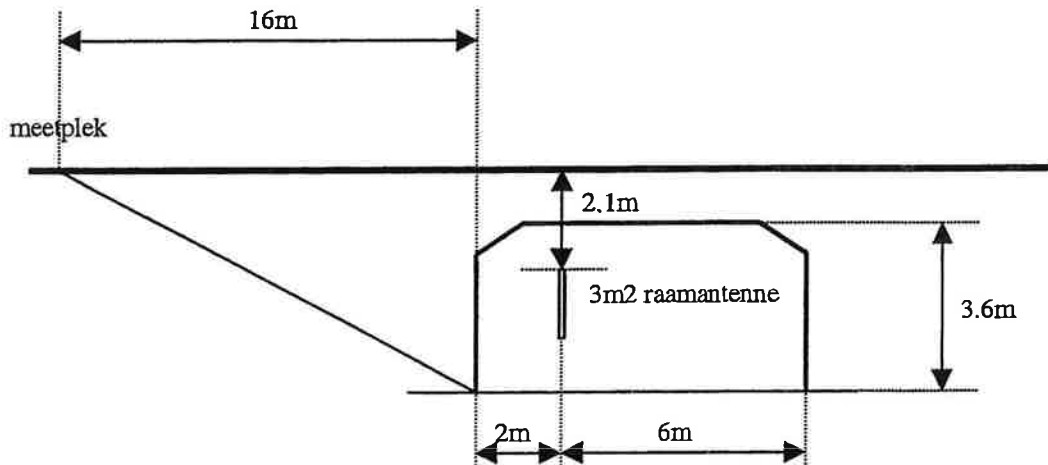
Het opgewekte zendsignaal wordt teruggemeten op een meetafstand van 30 meter (planken wambuis) en 16 meter (Overberg). De verkregen meetwaarde wordt vergeleken met de kalibratie waarde in vrij zicht condities op die meetafstand. Het verschil is een maat voor de tunnelbakdemping.

4.2 Testopstelling

De meetsituatie op de locatie planken wambuis is in onderstaande figuur geschetst:



De meetsituatie op de locatie Overberg is in onderstaande figuur geschetst:



4.3 Meetresultaten kalibratie

Op het terrein van KEMA is met een 3m² raamantenne op een vlak veld een kalibratie van de testopstelling uitgevoerd. Hierbij is de maximale veldsterkte op verschillende afstanden van de zendantenne, op verschillende frequenties en op verschillende hoogtes en veld orientatierichtingen (peak hold meting) gemeten.

Resultaten hiervan zijn in paragraaf 4.3.1 weergegeven.

4.3.1 AFNAME VAN DE VELDSTERKTE OP DE HOOFDAS, MAXIMUM METING

Zendantenne	: Raamantenne 3 m2
Ontvangstantenne	: magnetische loopantenne 0.25 m2
Polarisatie ontvangstantenne	: maximum gezocht (peak hold)
Meethoogte	: 0 – 2,5 m: maximum gezocht (peak hold)
Zendhoogte	: 2,5 m
Amplifier	: Amplifier Research 75W
Gain	: stand 4
Generator	: Marconi 2 dBm
Afsluitimpedantie amplifier	: 6 dB verzwakker en 50 Ω serie naar zendantenne
Meetapparaat	: Spectrumanalyser HP 8594E
Instellingen	: BW 10 kHz, VBW 10 kHz, SWP 500 ms

Tabel 4 Afname van de veldsterkte, maximum meting

Freq [MHz]	10m [dB μ V]	20m [dB μ V]	30m [dB μ V]
1,1	50,4	38,2	27,2
3,0	62,4	65,7	54,3
10	76,2	63,3	60,7
30	82,0	73,2	68,9
100	91,2	82,0	75,6

De in tabel 4 genoemde waarden zijn gebruikt om de tunnelbak demping te bepalen.

4.4 Meetresultaten tunnelbakdemping

Hierna worden per meetlocatie en meetplek de resultaten in tabelvorm weergegeven. De meetresultaten zijn de maximale gevonden waarden, gemeten per meetplek.

Gedurende de metingen is de zendantenne met hetzelfde vermogen aangestuurd als tijdens de kalibratiemetingen.

4.4.1 RESULTATEN TUNNEL PLANKEN WAMBUIIS MEETPLEK 1

Tabel 5 Resultaten planken wambuis meetplek 1

Frequentie [MHz]	0-1 m hoogte [dB μ V]	1-3 m hoogte [dB μ V]	kalibratie 30 m [dB μ V]	correctie tunnelbodem [dB]	minimale demping [dB]
1,1	< 6,0	< 6,0	27,2	2,0	>19,2
3,0	25,1	23,0	54,3	2,0	27,2
10,0	32,3	27,4	60,7	2,0	26,4
30,0	47,2	42,5	68,9	2,0	19,7
100,0	38,7	46,1	75,6	2,0	27,5

De minimale demping is gelijk aan het verschil tussen de hoogste gemeten veldsterkte van 0-3 meter en de kalibratie waarde minus de tunnelbodem correctie.

4.4.2 RESULTATEN TUNNEL PLANKEN WAMBUIST MEETPLEK 2

Tabel 6 Resultaten planken wambuis meetplek 2

frequentie [MHz]	0-1 m hoogte [dB μ V]	1-3 m hoogte [dB μ V]	kalibratie 30 m [dB μ V]	correctie tunnelbodem [dB]	minimale demping [dB]
1,1	< 6,0	< 6,0	27,2	2,0	>19,2
3,0	24,7	24,3	54,3	2,0	27,6
10,0	33,2	29,4	60,7	2,0	25,5
30,0	45,0	42,7	68,9	2,0	21,9
100,0	56,2	62,6	75,6	2,0	11,0

De relatief lage dempingswaarde bij 100 MHz op meetplek 2 wordt veroorzaakt door de schuine ligging van de tunnel ten opzichte van meetplek 2. Door de relatief korte golflengte bij 100 MHz treedt rechtstreekse reflectie met de schuine achterwand op waarna een open zicht link met meetplek 2 ontstaat.

Dit effect zal niet optreden bij de daadwerkelijke HSL tunnelbak. De meetwaarde is wel genoemd in dit rapport maar wordt, op grond van bovenstaande, niet meegenomen bij het bepalen van de minimale tunnelbak demping.

4.4.3 RESULTATEN TUNNEL OVERBERG

Tabel 8 Resultaten Overberg

Frequentie [MHz]	0-3 m hoogte [dB μ V]	kalibratie 16 m [dB μ V]	correctie tunnelbodem [dB]	minimale demping [dB]
1,1	23,0	42,0	2,0	19,0
3,0	31,5	64,0	2,0	30,5
10,0	27,7	67,0	2,0	37,3
30,0	34,1	76,0	2,0	39,9
100,0	53,4	85,0	2,0	29,6

Bij de tunnel te Overberg is gemeten op een meetafstand van 16 meter. De kalibratie waarden zijn naar 16 meter gecorrigeerd.

4.4.4 SAMENVATTING MEETRESULTATEN

In het frequentie gebied 1-100 MHz is een minimale open tunnelbak demping van 19,0 dB vastgesteld.