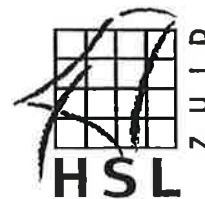


141-1130



Analyse van elektromagnetische compatibiliteit tussen HSL-Zuid en ING Rekencentrum Wilgenplas

Datum	15 juni 2000
Ons kenmerk	RVT0044A
Versie	1.0
Status	definitief
Opgesteld door	ir. R.G.C. Dirven
Getoetst door	ir. H.J.A. de Vet
Geautoriseerd door	ing. S. Sijsma
(naam + paraaf)	
Vrijgegeven door	ir. H.J. Lobeek
(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
0.1 concept	16 mei 2000	nieuw rapport	
0.2 concept	25 mei 2000	samenvatting, 3, 4, 5, 6, 7	interne versie; diverse wijzigingen naar aanleiding van bespreking versie 0.1 met KEMA op 22 mei 2000
1.0 definitief	15 juni 2000	7	definitieve versie; referentie [22] gewijzigd

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de opvattingen van de Projectorganisatie Hogesnelheidslijn-Zuid ten aanzien van risico's die bestaan voor elektromagnetische beïnvloeding van de apparatuur van Rekencentrum Wilgenplas (RCWP) van de ING-bank door de Hogesnelheidslijn-Zuid. De aan te leggen Hogesnelheidslijn-Zuid (verder aangeduid als HSL-Zuid) komt op korte afstand van dit rekencentrum te liggen.

Het doel van dit rapport is om onderbouwing te leveren ten behoeve van de goedkeuring van het tracé in het voorjaar van 2000. ING heeft zich door KEMA laten adviseren met betrekking tot de mogelijke elektromagnetische beïnvloeding. In dit rapport wordt door de HSL-organisatie geanalyseerd of er elektromagnetische compatibiliteit (EMC) bereikt wordt tussen HSL-Zuid en RCWP, waarbij ingegaan wordt op alle aspecten die van belang zijn. Hierbij wordt tevens ingegaan op de door KEMA behandelde aandachtspunten.

Uit de EMC-analyse blijkt voldoende marge tussen emissie en immuniteit; de conclusie luidt derhalve dat er naar verwachting EMC is tussen HSL-Zuid en RCWP (met uitzondering van het mogelijk optreden van trillende beeldschermen, hetgeen echter eenvoudig verholpen kan worden). Dit gegeven wordt ondersteund door de uitgevoerde metingen in de praktijk. De transiënte verschijnselen ten gevolge van de HSL-Zuid zijn bepalend voor de elektromagnetische compatibiliteit tussen HSL-Zuid en RCWP. Uit zowel de analyse in het frequentiedomein als de analyse in het tijddomein blijkt dat er naar verwachting compatibiliteit bereikt wordt.

HSL-Zuid stelt voor om de toestand van elektromagnetische compatibiliteit bij de exploitatie van de HSL, in overleg met ING en/of de adviseur van ING, nader aan te tonen door middel van metingen. Verder zijn in dit rapport nog de door HSL-Zuid voorgestelde beheersmaatregelen weergegeven.

Inhoudsopgave

1	Inleiding en doel van het rapport	5
2	Beschrijving van de configuratie	6
3	Akties en onderzoeken door HSL-Zuid	7
4	EMC-analyse	8
4.1	Radiofrequenties 9kHz – 1GHz, continue signalen	8
4.2	50Hz beïnvloeding	9
4.3	Kortsluiting	10
4.4	Contact pantograaf – rijdraad	10
4.5	80/80-regel	11
4.6	Transiënten	12
4.6.1	EMC-analyse in het frequentiedomein met betrekking tot transiënten	13
4.6.2	Emissiemetingen in het frequentiedomein aan transiënte verschijnselen bij een spanningssluis in België	13
4.6.3	Emissiemetingen in het frequentiedomein aan transiënte verschijnselen bij een 25kV-spoorlijn in Luxemburg	14
4.6.4	EMC-analyse in het tijddomein met betrekking tot transiënten	15
4.7	Abnormale bedrijfstoestanden	16
4.8	Stoorspanningen op kabels	16
4.9	Blikseminslag	17
4.10	Zwerfstromen	18
4.11	Conclusie EMC-analyse	19
5	Vervolg / Beheersmaatregelen	20
6	Conclusies	21
7	Referenties	22
Bijlage 1	Curriculum vitae D.S. Armstrong	24
Bijlage 2	Extra marge tussen limietlijn en gemeten piek- en 80/80-waardes	26
Bijlage 3	Tekening toekomstige situatie HSL-Zuid bij RCWP	27

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 beïnvloeding van de apparatuur van Rekencentrum Wilgenplas (RCWP) van de ING-bank door de Hogesnelheidslijn-Zuid. De aan te leggen Hogesnelheidslijn-Zuid (in dit rapport verder aangeduid als HSL-Zuid) komt op korte afstand van dit rekencentrum te liggen.

Het doel van dit rapport is om onderbouwing te leveren ten behoeve van de goedkeuring van het tracé in het voorjaar van 2000. ING heeft zich door KEMA laten adviseren met betrekking tot de mogelijke elektromagnetische beïnvloeding. In dit rapport wordt door de HSL-organisatie geanalyseerd of er elektromagnetische compatibiliteit (EMC) bereikt wordt tussen HSL-Zuid en RCWP, waarbij tevens wordt ingegaan op de door KEMA behandelde aandachtspunten.

De configuratie wordt beschreven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 wordt een opsomming gegeven van de onderzoeken en metingen die uitgevoerd zijn door of in opdracht van HSL-Zuid. In hoofdstuk 4 is de EMC-analyse weergegeven; hierin worden alle aspecten besproken die van belang zijn om vast te stellen of er EMC bereikt wordt tussen HSL-Zuid en RCWP. Per aspect van elektromagnetische beïnvloeding is aangegeven of er EMC wordt bereikt. Daarbij wordt verwezen naar de genoemde onderzoeken en metingen. In hoofdstuk 5 wordt het vervolg en de beheersmaatregelen weergegeven. De conclusies zijn weergegeven in hoofdstuk 6.

2 Beschrijving van de configuratie

De toekomstige situatie van de HSL-Zuid bij RCWP, volgens het vigerende ontwerp, is weergegeven in Bijlage 3. De HSL-Zuid komt op korte afstand van RCWP te liggen; de kortste afstand tussen het gebouw van RCWP en het dichtstbijzijnde spoor van de HSL-Zuid is 33m (zie doorsnede A – A in Bijlage 3), de HSL bevindt zich hier in een tunnel. Ten noorden van dit punt gaat de tunnel over in een open bak met verdiepte ligging, zie doorsnede C – C. De kortste afstand tussen de hoek van het gebouw en het dichtstbijzijnde spoor in de open bak is 80m. De bovenkant van de spoorstaven ligt hier op ongeveer 10m onder het maaiveldniveau bij RCWP.

Voorliggend rapport beschrijft de situatie volgens het vigerende ontwerp. In de oorspronkelijke situatie was het tunneldak 50m korter. Het oorspronkelijke ontwerp is aangepast ter vergroting van de zekerheid voor ING¹, zoals beschreven in [4]. De rapporten [4], [6], en [12], waarnaar in voorliggend rapport verwezen wordt, zijn gebaseerd op het oorspronkelijke ontwerp.

¹ Dit betekent geenszins dat de Projectorganisatie HSL-Zuid daarmee te kennen geeft dat zij de configuratie volgens het oorspronkelijke ontwerp als verstorend op RCWP beschouwt.

3 Akties en onderzoeken door HSL-Zuid

Hieronder is een overzicht gegeven van akties ondernomen door HSL-Zuid, en rapporten van onderzoeken en metingen die verricht zijn door of in opdracht van HSL-Zuid, met als doel om na te gaan of er elektromagnetische compatibiliteit bereikt wordt tussen HSL-Zuid en RCWP. Bij ieder rapport of aktie is weergegeven wat de relevantie is met betrekking tot de EMC-problematiek bij RCWP.

- Op 26 oktober 1999: bezoek aan het meetinstituut van de Franse spoorwegen (SNCF, IG.LE), door ir. H.J.A. de Vet en ir. R.G.C. Dirven (HSL-Zuid). Het doel van het bezoek was om op basis van de expertise van SNCF de mogelijke beïnvloeding van RCWP na te gaan, en tevens om na te gaan wat de ervaring en aanpak van SNCF is bij soortgelijke situaties.
- Naar aanleiding van de bespreking op 26 oktober 1999 heeft SNCF gerapporteerd over de metingen die IG.LE heeft uitgevoerd voor het tot stand komen van de norm EN 50121-2 [8]. Tevens is beschreven welke aanpak SNCF hanteert bij (potentiële) EMC-problemen met derden. Er is een aantal praktijkvoorbeelden genoemd. Na twee conceptversies is in december 1999 een definitief rapport uitgebracht [6]. Hiervan is tevens een vrije vertaling beschikbaar [7].
- Een rapportage is gemaakt door dhr. Armstrong, zelfstandig en zeer ervaren consultant op het gebied van elektrische tractie en EMC, voormalig hoofd en teamleider bij British Rail Research en lid van de CENELEC werkgroep die verantwoordelijk is voor het opstellen van de norm EN 50121. Het curriculum vitae van dhr. Armstrong is opgenomen in Bijlage 1. De rapportage geeft inzicht in de opbouw van de spoorwegnorm EN 50121-2, inclusief informatie over transiënte elektromagnetische velden in extreme situaties. Aan de hand van deze informatie wordt de situatie bij Rekencentrum Wilgenplas geanalyseerd voor continue signalen en transiënten.
- Op 9 december 1999 is de conceptrapportage besproken met dhr. Armstrong door ir. H.J.A. de Vet en ir. R.G.C. Dirven (HSL-Zuid). Na verwerking van het commentaar is de definitieve rapportage verschenen [9].
- Op 13 december 1999 is door ir. H.J.A. de Vet en ir. R.G.C. Dirven (HSL-Zuid) een bezoek gebracht aan de Zwitserse spoorwegen (SBB) in Zürich. Van SBB is een meetrapport van EMC Fribourg SA uit januari 1990 ontvangen [14]. Dit rapport beschrijft de metingen die gedaan zijn om EMC aan te tonen in een situatie waarbij een spoortunnel zeer dicht onder een bankgebouw doorloopt. De afstand tussen de bovenleiding en computerapparatuur van de bank bedraagt 5 tot 8m. Deze situatie is vergelijkbaar met de situatie bij RCWP.
- Op 13 december 1999 zijn door Lambda Engineering, met assistentie van Holland Railconsult, emissiemetingen verricht nabij een spanningssluis 25kVAC/3kVDC van de hogesnelheidslijn in Halle, België. Het meetrapport is door Holland Railconsult uitgebracht [10].
- Op 11 en 12 december 1999 zijn door Lambda Engineering en Holland Railconsult metingen uitgevoerd aan elektromagnetische velden bij een met 25kV geëlectriceerde spoorlijn in Luxemburg. Het doel van de meetexpeditie was om de maximaal mogelijke transiënten op te laten treden en hieraan te meten. De resultaten zijn weergegeven in [11].
- Op 14, 15 en 16 maart 2000 zijn naar aanleiding van overleg tussen ING, KEMA en HSL-Zuid op 20 januari 2000 [19] door KEMA de in een langs het spoor opgespannen meetlus geïnduceerde spanningspulsen gemeten. De metingen zijn gerapporteerd in [22].

4 EMC-analyse

Om vast te stellen of er EMC bereikt wordt tussen HSL-Zuid en RCWP zijn diverse aspecten van belang. Hieronder is een compleet overzicht gegeven van de aspecten die van belang zijn met betrekking tot potentiële elektromagnetische beïnvloeding van RCWP. In dit overzicht zijn tevens alle aspecten opgenomen, die door KEMA genoemd zijn in de rapportages [1] en [2].

4.1 Radiofrequenties 9kHz – 1GHz, continue signalen

Onder dit aspect wordt verstaan de emissie van elektromagnetische (EM) velden door HSL-Zuid, in het frequentiegebied 9kHz – 1GHz. We beschouwen hier alleen de continue² signalen; de niet-continue ofwel transiënte signalen worden besproken in paragraaf 4.6 'Transiënten'.

Om vast te stellen of er voor dit aspect EMC bereikt wordt, dient enerzijds gekeken te worden naar de emissie van EM-velden ter plaatse van RCWP, veroorzaakt door de HSL, en anderzijds naar de immuniteit (ofwel ongevoeligheid) van de toegepaste apparatuur en systemen bij RCWP. De marge tussen emissie en immuniteit wordt compatibiliteitsmarge genoemd. Indien deze marge voldoende is, is er sprake van EMC.

Met betrekking tot de immuniteit van de apparatuur en systemen van RCWP gaan we uit van een bepaalde immuniteit op basis van de Europese EMC-richtlijn [17]. Deze richtlijn is verplicht voor alle apparaten en systemen die vanaf 1 januari 1996 geleverd zijn. Van de apparatuur en systemen die toegepast worden bij RCWP mag op basis van de EMC-richtlijn verwacht worden dat zij minimaal voldoen aan de norm EN 50082-1, de algemene immuniteitsnorm voor de huishoudelijke, handels- en licht-industriële omgeving [18]. Er is echter geen 100% zekerheid dat in 2006 alle apparatuur van RCWP voldoet aan de EMC-richtlijn.

In het rapport van Armstrong [9] is de emissie door de HSL, de immuniteit van RCWP en de compatibiliteitsmarge geanalyseerd. De analyse is op soortgelijke wijze uitgevoerd als in eerdere rapporten van HSL-Zuid [12] en KEMA [1]. Het rapport van Armstrong richt zich met name op transiënten. Omdat de transiënten een hogere emissie veroorzaken dan de continue signalen, zijn ze bepalend voor de compatibiliteitsmarge. De analyse met betrekking tot transiënte signalen is beschreven in paragraaf 4.6 van voorliggend rapport.

Uit alle voornoemde analyses blijkt dat er voldoende compatibiliteitsmarge is met betrekking tot continue signalen. Hierover bestaat reeds overeenstemming tussen HSL-Zuid en KEMA, zoals door KEMA verwoord is in het concept besprekingsverslag [5]:

'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 continu zoals gedefinieerd in de EMC-normen

Dit wordt door KEMA nogmaals bevestigd in [23]:

'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. (...).'

Met betrekking tot radiozenders: het GSM-R systeem dat op de HSL-Zuid wordt toegepast wijkt niet af van andere GSM-systemen (voor wat betreft toegepaste frequenties en vermogens), die door de diverse aanbieders van mobiele telefonie worden toegepast. Dit is reeds gemeld in [13]. Omdat er nu reeds op kortere afstand van RCWP GSM-toestellen worden gebruikt (algemene bevolking met GSM juist buiten het gebouw) dan de afstand waarop het GSM-R systeem wordt geplaatst, mogen we aannemen dat RCWP nu reeds immuun is voor de GSM-frequenties. Dit levert dus geen extra risico voor RCWP. Dit wordt tevens door KEMA aangegeven in [2], waarin gesteld wordt dat zenders en ontvangers weliswaar zijn uitgesloten uit de norm EN 50121-2, maar dat deze voor RCWP niet relevant zijn.

4.2 50Hz beïnvloeding

Bij 50Hz beïnvloeding zijn magneetvelden van belang. Uit eerdere analyses van HSL-Zuid [12] en KEMA [1] is gebleken dat de door HSL-Zuid veroorzaakte 50Hz magneetvelden mogelijk tot verstoring van beeldschermen kunnen leiden, en dat verstoring van andere apparatuur niet te verwachten is. Voor de duidelijkheid: het betreft hier alleen beïnvloeding van de elektronenbundel in een beeldbuis als gevolg van het magnetisch veld; er is geen enkele beïnvloeding van elektronische apparatuur (ook niet de electronica in een monitor).

Hierover bestaat overeenstemming tussen HSL-Zuid en KEMA, zoals door KEMA verwoord is in [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 immunitetsniveau 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'.

Indien noodzakelijk, zijn maatregelen eenvoudig te nemen. Hierover bestaat tevens overeenstemming, zoals door KEMA verwoord is in [5]:

'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'.

Een en ander is door KEMA tevens verwoord in [23]:

'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.'

De meest voor de hand liggende maatregelen zijn eenvoudig: het toepassen van LCD-beeldschermen of het toepassen van een mu-metalen behuizing om beeldschermen.

4.3 Kortsluiting

Dit betreft kortsluiting in de 25kV 50Hz tractie-energievoorziening van de HSL-Zuid. De hierbij optredende 50Hz kortsluitstromen en inschakelverschijnselen zullen geen beïnvloeding van apparatuur bij RCWP veroorzaken.

Over dit punt bestaat reeds overeenstemming tussen HSL-Zuid en KEMA. Dit is door KEMA verwoord in het besprekingsverslag [5] en in [2]. Met betrekking tot kortsluitingen wordt hierin gesteld:

'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.'

De conclusie is weergegeven in [5]:

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

4.4 Contact pantograaf – rijdraad

Hieronder wordt verstaan het 'normale' pantograaf – rijdraad contact, dus emissie van elektromagnetische velden als gevolg van de elektromechanische interactie tussen de pantograaf van een rijdende trein en de rijdraad van de bovenleiding. Speciale effecten die optreden bij het passeren van leidingonderbrekers of het op- en afzetten van de pantograaf, worden besproken in paragraaf 4.6 'Transiënten'. De emissie als gevolg van het vonkgedrag tijdens het rijden van de treinen is geanalyseerd in het tijddomein, zie paragraaf 4.6.

De emissie veroorzaakt door het contact tussen pantograaf en rijdraad valt binnen de emissielimieten in norm EN 50121-2. Dit is door SNCF bevestigd tijdens de bespreking op 26 oktober 1999 en in het rapport 'Compatibilité électromagnétique en environnement ferroviaire' [6] (vertaling uit [7]):

'Het contact pantograaf/bovenleiding wordt feitelijk behandeld in norm ENV 50121-2, want deze storingen kunnen daar niet los van gezien worden ...'

Dit is tevens bevestigd door Armstrong [9]: er zijn door Cenelec vele metingen gedaan met vele verschillende types treinen, in verschillende weersomstandigheden, en in verschillende landen: Engeland, Frankrijk, Italië en Duitsland. Hierbij is gemeten onder normale bedrijfsomstandigheden:

'The CENELEC tests were done with normal operational trains, pantographs and overhead wires. No action was taken to reduce emission by special actions such as adjusting the overhead wires.'

Er zijn dus geen problemen te verwachten met het pantograaf – rijdraad contact (zie paragraaf 4.1).

Effecten van weersinvloeden

Alle weersomstandigheden vallen onder de limieten, met uitzondering van extreme gevallen zoals zware ijsafzetting (ijzel). Dit wordt bevestigd door zowel het rapport van Armstrong [9] als het rapport van SNCF [6].

Ten aanzien van ijzel zijn geen emissiemetingen bekend. Wel is bekend dat bij de Franse hogesnelheidsproeven (maximum 515,3 km/h) de emissie van EM-velden is gemeten en dat de gemeten piekwaarden beneden de limiet in EN 50121-2 liggen. Tijdens deze proeven ontwikkelden zich vele lichtbogen tussen de bovenleiding en de pantograaf. Wellicht biedt dit een aanknopingspunt voor het bepalen van de emissie bij ijzelvorming op de bovenleiding, omdat bij ijzel zich tevens vele bogen tussen de bovenleiding en pantograaf ontwikkelen. De mogelijke hogere emissie als gevolg van ijzelvorming is uiteraard alleen van toepassing op het niet-overdekte gedeelte van de HSL-Zuid ter hoogte van RCWP.

Volgpantograaf bij meerdere treinstellen

Indien er bij een rijdende trein meerdere pantografen opstaan, is het dynamische gedrag van de volgpantografen slechter dan dat van de eerste pantograaf. Daardoor kan de emissie van EM-veld toenemen. Dit effect valt onder het 'normale' pantograaf – rijdraad contact, en valt derhalve onder de limiet in EN 50121-2.

4.5 80/80-regel

De 80/80-regel is gehanteerd in de norm EN 50121-2 om op basis van statistische formules een maximum waarde van de emissie te definiëren. De betekenis van de 80/80-regel is dat met 80% zekerheid gesteld kan worden, dat in 80% van alle voorkomende gevallen de normwaarde niet wordt overschreden. De 80/80-waarde is gebaseerd op de gemiddelde waarde van de meetresultaten, waarbij wordt opgeteld de standaarddeviatie vermenigvuldigd met een toeslagfactor. De toeslagfactor is afhankelijk van het aantal metingen, en neemt af bij een toenemend aantal metingen.

De 80/80-regel wordt toegepast omdat er weliswaar vele metingen gedaan zijn om de limiet op te baseren, statistisch gezien gaat het om relatief weinig meetresultaten. In appendix H van het rapport van Armstrong [9] wordt beschreven hoe de meetresultaten hebben geleid tot de limietwaarde in de norm. Hierin wordt tevens verklaard waarom de 80/80-regel toegepast is:

'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'

In appendix F geeft Armstrong aan welke marge toegepast moet worden op de 80/80-waardes om de maximale piekwaarde van de emissie te vinden:

'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.'

Hij baseert deze uitspraak op de *'absolute maximum peaks recorded during the tests'*, welke hij vergelijkt met de bijbehorende 80/80-waardes. Verder geeft hij aan dat als een extra marge vereist is, er totaal 20dB opgeteld dient te worden bij de 80/80-waardes:

'If a further margin of immunity is required, the addition of 20 dB to the 80/80 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'

Met deze laatste marge van 20dB wordt in de verdere analyse gerekend. In voorliggend rapport wordt dit verder besproken in paragraaf 4.6 'Transiënten'.

Bij het opstellen van de limiet in norm EN 50121-2 is verder nog een extra marge ingebouwd tussen de 80/80-waardes op basis van de meetresultaten, en de 80/80-waardes van de limiet zoals opgenomen in norm EN 50121-2. Dit is vermeld in appendix H van het rapport van Armstrong:

'add a margin to allow for effects such as resonance in the overhead'

Tijdens de bespreking op 9 december 1999 is door Armstrong aangegeven dat deze marge minimaal 10dB bedraagt. De marge is duidelijk te zien wanneer in figuur 2 uit het rapport van Armstrong de limiet uit EN 50121-2 wordt ingetekend. Dit is weergegeven in Bijlage 2 van voorliggend rapport.

SNCF geeft in [6] aan dat de meetresultaten, op basis waarvan de norm is vastgesteld, gemiddeld op ongeveer 10dB onder de limietlijn liggen. SNCF bevestigt hiermee dus de uitspraken van Armstrong met betrekking tot de ingebouwde marge.

4.6 Transiënten

Onder transiënten wordt verstaan schakelverschijnselen als gevolg van schakelen in de tractie-energievoorziening, schakelen in het rijdend materieel, het op- en afzetten van de pantograaf en het passeren van leidingonderbrekers. Dit is dus inclusief de termen 'wisseling van baanvakvoeding' en 'elektromagnetische pulsen (ten gevolge van schakelen)' zoals door KEMA genoemd in [1] en [2]. Tevens is de emissie als gevolg van het vonkgedrag tijdens het rijden van de treinen geanalyseerd in het tijddomein.

Zoals reeds gemeld in paragraaf 4.1 van voorliggend rapport, zijn de transiënte verschijnselen bepalend voor de marge van elektromagnetische compatibiliteit tussen HSL-Zuid en RCWP. Om te bepalen of er EMC bereikt wordt dient derhalve de compatibiliteitsmarge geanalyseerd te worden. Deze analyse is op twee manieren uitgevoerd: in het frequentiedomein en in het tijddomein; deze twee worden afzonderlijk behandeld. De conclusies uit de analyse in het frequentiedomein zijn niet automatisch geldig voor het tijddomein. Omgekeerd zijn de conclusies uit het tijddomein niet automatisch geldig voor het frequentiedomein.

De analyse in het frequentiedomein is weergegeven in paragraaf 4.6.1. Om de analyse in het frequentiedomein nader te onderbouwen, is een tweetal metingen in de praktijk uitgevoerd: emissiemetingen aan transiënte verschijnselen bij een spanningssluis in België (paragraaf 4.6.2) en metingen in Luxemburg met als doel om de maximaal mogelijke transiënten op te laten treden (paragraaf 4.6.3).

De analyse in het tijddomein is beschreven in paragraaf 4.6.4.

4.6.1 EMC-analyse in het frequentiedomein met betrekking tot transiënten

In het rapport van Armstrong [9] is de compatibiliteitsmarge geanalyseerd. Hieronder worden de belangrijkste gegevens uit de analyse weergegeven.

De analyse is in twee delen gesplitst: de gesloten tunnel en de open bak (voor de beschrijving van de configuratie, zie hoofdstuk 2):

- Voor de tunnel is de minimale afstand van het dichtstbijzijnde spoor tot de gevel van de ING-bank 33m. De emissielimieten uit EN 50121-2 zijn gegeven voor een afstand van 10m uit het spoor. In appendix G van het rapport van Armstrong zijn de limietwaarden uitgerekend op 33m afstand, waarbij een worst case schatting is gemaakt van de demping door de omliggende grond (de demping van tunnelwand en -dak zijn hierin niet meegenomen).
- Voor de open bak is de minimale afstand van het dichtstbijzijnde spoor tot de gevel van de ING-bank 80m. De limietwaarden op deze afstand zijn uitgerekend. Verder zijn de mogelijk optredende reflecties in rekening gebracht.

Voor beide situaties is de maximaal optredende emissie volgens de limiet uitgerekend. Hierbij is een marge van 10dB opgeteld, om te komen tot de '*Probable maximum peak values*'. Daarna is er een extra marge van nog eens 10dB bij opgeteld om te komen tot de '*Improbable maximum peak values*'. De verklaring van deze marges is toegelicht in paragraaf 4.5 '80/80-regel' van dit rapport.

Uit de analyse van Armstrong (in het frequentiedomein) blijkt dat voor de oorspronkelijke situatie (zie hoofdstuk 2) de compatibiliteitsmarge tussen de maximale emissie van HSL-Zuid en de immuniteit van de apparatuur bij RCWP 33dB bedraagt (dit is een factor 45 in veldsterkte). Dit is ruim voldoende om EMC te bereiken. Hierbij geldt de aanname dat de apparatuur bij RCWP voldoet aan de Europese EMC-richtlijn.

In de analyse van Armstrong is de gebouwdemping niet meegenomen, omdat hiervoor geen exacte gegevens bekend zijn. Duidelijk is, dat de gebouwdemping de compatibiliteitsmarge verhoogt. Vanwege het ontbreken van exacte gegevens hierover, wordt deze verbetering op dit moment niet gekwantificeerd.

Ook de verdiepte ligging van de spoorbaan heeft een reducerend effect, welke niet is meegenomen in de analyse. Ook hiervoor geldt, dat er geen kwantitatieve gegevens bekend zijn.

De demping van de verdiepte ligging en het gebouw dienen nader vastgesteld te worden, zie hoofdstuk 5 van voorliggend rapport.

4.6.2 Emissiemetingen in het frequentiedomein aan transiënte verschijnselen bij een spanningssluis in België

Om de analyse in het frequentiedomein zoals beschreven in paragraaf 4.6.1 nader te onderbouwen, zijn emissiemetingen uitgevoerd in een situatie die representatief is voor de toekomstige situatie bij RCWP, namelijk nabij een spanningssluis 25kVAC/3kVDC van de hogesnelheidslijn in Halle, België.

De metingen en de resultaten zijn gerapporteerd in [10]. In tegenstelling tot de metingen waarop de norm EN 50121-2 is gebaseerd, zijn bij deze metingen de transiënte effecten nadrukkelijk wel meegenomen in de emissiemetingen. Verder zijn de meetresultaten daar waar mogelijk statistisch verwerkt volgens de 80/80-regel (voor de betekenis van de 80/80-regel, zie paragraaf 4.5 van voorliggend rapport). Voor de verschillende frequentiegebieden zijn de resultaten als volgt:

- Frequentiegebied 9kHz – 150kHz: bij treinpassage neemt de emissie toe met 10 tot 20dB in vergelijking met het emissieniveau van de omgeving, maar blijft 10 tot 20dB onder de limiet. Er zijn onvoldoende meetdata beschikbaar voor statistische verwerking.
- Frequentiegebied 150kHz – 30MHz: de limietwaarde uit de norm wordt bij de individuele metingen niet significant overschreden (<2dB). Bij de statistische verwerking van de meetdata conform EN 50121-2 blijkt een beperkt aantal overschrijdingen van circa 5dB voor te komen, en blijken twee overschrijdingen van circa 15dB bij 15MHz en 22MHz op te treden als gevolg van treinpassage. Hierbij dient echter opgemerkt te worden, dat het emissieniveau van de omgeving hoog is, en dat er slechts een beperkt aantal metingen beschikbaar is, waardoor de 80/80-waarde redelijk hoog uitvalt. Dit wordt geïllustreerd door de maximaal gemeten waarde, waarbij de overschrijding van de limiet beperkt blijft tot 7dB. Opmerkelijk zijn de resultaten van twee omgevingsmetingen: de maximaal gemeten waarde overschrijdt de limiet met 25dB, en de bijbehorende 80/80-waarde geeft een overschrijding van ruim 40dB!
- Frequentiegebied 30MHz – 1GHz: bij treinpassage neemt de emissie gemiddeld gezien toe met 5 tot 10dB in vergelijking met het emissieniveau van de omgeving. Opvallend is dat er bij de individuele metingen een zeer ruime marge is tussen de gemeten emissie van het spoorwegsysteem en de limiet. De limiet wordt door de emissie van de omgeving op sommige punten dicht genaderd of zelfs iets overschreden, maar dit wordt uitsluitend veroorzaakt door zenders (FM en GSM). Bij de statistische verwerking van de meetdata conform EN 50121-2 blijkt dat er bij treinpassage een geringe overschrijding (<7dB) van de limiet is, welke uitsluitend veroorzaakt wordt door zenders (FM en GSM).

Tijdens deze metingen (referentie [10]) is er geen verhoging van de emissie waargenomen als gevolg van regen of harde windstoten, welke voorkwamen tijdens de meetexpeditie. Ook is er geen verschil waargenomen in de emissie veroorzaakt door enkel- of dubbelstel treinen.

Uit de metingen bij de spanningssluis in België blijkt dat er geen verstoringen zijn gevonden die de limieten uit de norm meer dan minimaal / significant overschrijden. De meetresultaten ondersteunen de in paragraaf 4.6.1 vermelde analyse van de compatibiliteitsmarge bij transiënten. De meest opvallende conclusie is dat de hoogste overschrijdingen van de limiet uit norm EN 50121-2 ter plaatse van het spoorwegsysteem veroorzaakt worden door bronnen in de omgeving, en niet door het spoorwegsysteem zelf.

4.6.3 Emissiemetingen in het frequentiedomein aan transiënte verschijnselen bij een 25kV-spoorlijn in Luxemburg

In Luxemburg zijn er emissiemetingen in het frequentiedomein conform EN 50121-2 uitgevoerd aan transiënte elektromagnetische velden bij een met 25kV geëlectriceerde spoorlijn, met als doel om de maximaal mogelijke transiënten op te laten treden. Er zijn doelbewust zo groot mogelijke transiënten veroorzaakt door middel van schakelen in het rijdend materieel, het op- en afzetten van de pantograaf en

schakelen in de traktie-energievoorziening (onbelaste lijn). De metingen en resultaten zijn gerapporteerd in [11].

Er zijn metingen uitgevoerd aan het H-veld in het frequentiegebied 150kHz tot 30MHz, en metingen aan het E-veld in het frequentiegebied 30MHz tot 1GHz. De meetresultaten zijn statistisch verwerkt volgens de 80/80-regel (voor de betekenis van de 80/80-regel, zie paragraaf 4.5 van voorliggend rapport). Voor de twee frequentiegebieden zijn de resultaten als volgt:

- Frequentiegebied 150kHz tot 30MHz: in dit frequentiegebied wordt de meeste emissie ten gevolge van de schakelhandelingen waargenomen. De maximaal gemeten waardes liggen onder de limiet uit de norm. De 80/80-waarde levert een geringe overschrijding van de limiet ($< 10\text{dB}$).
- In het frequentiegebied 30MHz tot 1GHz zijn geen overschrijdingen van de limiet waargenomen als gevolg van transiënten. De overschrijdingen die waargenomen zijn, worden uitsluitend veroorzaakt door (omroep-) zenders.

De meetresultaten ondersteunen de in paragraaf 4.6.1 vermelde analyse (in het frequentiedomein) van de compatibiliteitsmarge bij transiënten. Evenals bij de metingen beschreven in paragraaf 4.6.2 worden de hoogste overschrijdingen van de limiet uit norm EN 50121-2 ter plaatse van het spoorwegsysteem veroorzaakt door bronnen in de omgeving, en niet door het spoorwegsysteem zelf.

4.6.4 EMC-analyse in het tijddomein met betrekking tot transiënten

Als gevolg van transiënten in het spoorwegsysteem zouden spanningspulsen op de bekabeling binnen RCWP kunnen ontstaan. Om na te gaan of er mogelijk beïnvloeding zou kunnen ontstaan is het van belang om de grootte van de spanningspulsen én de immuniteit van de apparatuur bij RCWP hiervoor vast te stellen. De immuniteit voor dergelijke spanningspulsen in het tijddomein zijn echter niet genormeerd in de van toepassing zijnde Europese EMC-normen. Om deze reden is de voorgaande analyse uitgevoerd in het frequentiedomein (zie paragraaf 4.6.1 t/m 4.6.3). Naar aanleiding van overleg tussen ING, KEMA en HSL-Zuid op 20 januari 2000 [19] is besloten om de in een langs het spoor opgespannen meetlus geïnduceerde spanningspulsen te meten in het tijddomein.

De metingen zijn uitgevoerd door KEMA, en gerapporteerd in [22]. Op basis van de meetresultaten geeft KEMA in rapport [23] aan wat de kans op verstoring bij RCWP is als gevolg van transiënten (waarbij onder andere verwezen wordt naar de HSL-rapportage [21]). Hierin wordt het volgende geconcludeerd:

‘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.’

Hieruit blijkt dat met betrekking tot transiënten naar verwachting EMC bereikt wordt tussen RCWP en HSL-Zuid.

In het KEMA-rapport wordt verder aangegeven dat een aantal aannames verder dient te worden geverifieerd door middel van metingen (zie verder hoofdstuk 5 van voorliggend rapport):

- de gebouwdemping;
- de demping van de open tunnelbak.

4.7 Abnormale bedrijfstoestanden

Met betrekking tot dit aspect zijn door KEMA in de rapportages [1] en [2] genoemd: defecte trein en kortsluiting. Voor kortsluiting, zie paragraaf 4.3 'Kortsluiting'.

De situatie van een defecte trein wordt beschreven door norm EN 50121. In EN 50121-1 [15], Annex B ('Normative') wordt hierover gesteld:

'B.5.3 Normal operating conditions

These include the following:

- *nominal conditions*
- *operation under emergency traction conditions where currents may be greater than usual'*

Verder stelt EN 50121-3-1 [16] (emissielimieten rijdend materieel) hierover:

'5 Applicability

Generally it is not possible to test electromagnetic compatibility invoking every function of the stock. The tests shall be made at typical operating modes considered to produce the largest emission.'

Volgens deze norm dient de emissie van het rijdend materieel dus gemeten te worden in de bedrijfstoestand die naar verwachting de hoogste emissie veroorzaakt. Indien een defecte trein (noodbedrijf) de hoogste emissie veroorzaakt, dient dit dus gemeten te worden en dient voldaan te worden aan de emissielimiet in EN 50121-3-1. Hieruit blijkt dus dat de bedrijfstoestand van een defecte trein voldoende wordt afgedekt door de emissielimieten van norm EN 50121.

4.8 Stoorspanningen op kabels

Kabels binnen het gebouw van RCWP

Hiervoor gelden de volgende opmerkingen:

- Zoals vastgesteld tijdens de bespreking tussen ING, KEMA en HSL-Zuid (zie [3]) zijn voor grote delen van het systeem bij RCWP de verbindingen in meerderheid met glasvezelkabel uitgevoerd; deze zijn niet gevoelig voor EM-beïnvloeding.
- Er is geen sprake van grote parallelloop van kabels met de HSL-Zuid. De minimale afstand van de hoekpunt van het gebouw tot de HSL-Zuid bedraagt 33m (zie Bijlage 3). Er is dus hooguit sprake van parallelloop over een lengte van maximaal enkele tientallen meters, op minimaal 33m afstand van het dichtstbijzijnde spoor. Op basis daarvan is beïnvloeding door HSL-Zuid niet te verwachten. Voor de verdere analyse, zie paragraaf 4.6.

Stoorspanningen op kabels buiten gebouw

Hiervoor gelden de volgende opmerkingen:

- Op één koperen telefoonkabel na zijn alle communicatiekabels naar RCWP uitgevoerd in glasvezel. Deze zijn niet gevoelig voor EM-beïnvloeding. Zoals besproken tijdens overleg tussen ING, KEMA en HSL-Zuid op 21 december 1999 [3] zijn de glasvezelkabels waarschijnlijk wel uitgevoerd met een metalen mantel, waarover mogelijk 50Hz stroom zou kunnen lopen veroorzaakt door HSL-Zuid. Indien echter de metalen mantels van in RCWP binnenkomende kabels op EMC-correcte wijze zijn aangesloten op de gebouwaarding, zijn problemen hiermee uitgesloten. Overigens, indien RCWP effectief beschermd is tegen de indirecte gevolgen van blikseminslag, mag redelijkerwijs verwacht worden dat dergelijke maatregelen reeds genomen zijn (zie ook paragraaf 4.9).
- Er is geen sprake van grote parallelloop van kabels met de HSL-Zuid.
- Er is overeenstemming tussen HSL-Zuid en KEMA dat het onwaarschijnlijk is dat er problemen te verwachten zijn als gevolg van stoorspanningen op kabels buiten het gebouw van RCWP. Dit is door KEMA tevens verwoord in [2]:

'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 aardingsystemen, dat hier geen problemen zullen optreden'

4.9 Blikseminslag

Hiermee worden twee gebeurtenissen bedoeld:

- directe inslag: inslag op het gebouw van RCWP
- indirecte blikseminslag: inslag in de omgeving van RCWP

Voor beide gevallen gelden de volgende opmerkingen:

- De kans op directe inslag neemt niet toe door de aanleg van de HSL-Zuid. De HSL-Zuid bevindt zich ter hoogte van RCWP ondergronds, terwijl het gebouw van RCWP bovengronds is. Als er al een effect is zal dat positief zijn voor RCWP, immers er zijn meer objecten in de buurt die aantrekkelijk zijn (direkte verbinding met de grond) om op in te slaan. Door de aanwezigheid van deze objecten zal de bliksem niet aangetrokken worden, omdat het exacte punt van inslag slechts op het laatste moment voor de inslag bepaald wordt.
- Door de aanwezigheid van vele metalen geleiders van HSL-Zuid (geleiders bovenleiding, aardingsnetwerk, betonwapening) zal bij een inslag op of nabij de HSL de bliksemstroom zich beter kunnen verdelen dan bij de afwezigheid van de HSL. Hierdoor treedt bij inslag niet meer schade op dan in de huidige situatie. Dit wordt bevestigd door SNCF; in [7] stelt zij
'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. (...) De aanwezigheid van dit netwerk draagt bij aan de bescherming van de installaties van omwonenden'.
- De huidige bliksembeveiliging van RCWP is van belang. De vraag is hoe effectief de huidige beveiliging is tegen directe inslag (een bliksemafleidernetwerk op het dak van het gebouw) en tegen de gevolgen van indirecte inslag (goede layout van aarding en bekabeling, overspanningsbeveiliging, kwaliteit van in- en uitgangen van de apparatuur). In [20] staan enkele gegevens met betrekking tot

de uitvoering van de bliksemafleiderinstallatie en aardnet van het gebouw. Over de effectiviteit van de genomen maatregelen zijn geen gegevens bekend (zoals medegedeeld door ING op de bespreking van 20 januari 2000 [19]). Indien RCWP nu geen problemen ondervindt, zijn er na de aanleg van de HSL-Zuid ook geen problemen te verwachten.

Uit bovenstaande punten blijkt dat na de aanleg van de HSL-Zuid de kans op directe of indirecte blikseminslag niet toeneemt en dat er bij inslag niet meer schade optreedt dan in de huidige situatie. Dit is tevens vastgesteld tijdens het overleg tussen ING, KEMA en HSL-Zuid op 21 december 1999 [3].

4.10 Zwerfstromen

Onder zwerfstromen wordt verstaan: dat gedeelte van de tractieretourstromen dat buiten de daarvoor bedoelde geleiders en constructies, via galvanische koppeling, zijn weg via de bodem terugvindt naar de voedingsbron. Met andere woorden, dit is de stroom die 'uittreedt' uit het spoorwegsysteem de bodem in.

Met betrekking tot het optreden van 50Hz zwerfstromen ter hoogte van RCWP in Rotterdam zijn de volgende aspecten van belang:

- 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 via het beton naar 'moeder aarde'. Uiteindelijk zal de stroom vanuit 'moeder aarde' weer intreden in het spoorwegsysteem. Van deze verbinding kunnen we vermelden dat de HSL-Zuid er zelf een groot belang in heeft dat deze 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 1500VDC) loopt is het voor de HSL-Zuid noodzaak om een galvanische koppeling tussen het HSL-Zuid systeem en de nabij gelegen 1500VDC tractie-energievoorziening tegen te gaan, vanwege het behoud van de eigen systemen.
- In vergelijking met de 1500V situatie zijn er aanmerkelijke verschillen: er zijn bij de HSL veel meer geleiders beschikbaar dan bij een standaard 1500V systeem waar alleen de spoorstaven het retourcircuit vormen.
- Voor staal en ijzer liggen de corrosie-effecten bij 50Hz zwerfstromen, bij verder identieke omstandigheden, een factor 100 lager 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 spanningsluis die iets ten zuiden van RCWP ligt.

Uit deze punten kan geconcludeerd worden dat er ter hoogte van RCWP in Rotterdam weinig 50Hz zwerfstromen zullen optreden en dat er geen nadelige effecten zullen ontstaan bij RCWP.

Deze punten zijn, aan de hand van de notitie 'Zwerfstromen en GSM-Rail' [13], besproken tijdens het overleg tussen HSL-Zuid, ING en KEMA op 20 januari 2000 [19]. Bij dit overleg is geconcludeerd dat ING geen hinder zal ondervinden van zwerfstromen. Afgesproken is dat als bevestiging van deze conclusie HSL-Zuid de uitkomsten van de metingen die verricht worden in het kader van het project Pilot EMC/25kV van NS Railinfrabeheer zal 'monitoren'. Deze resultaten zijn naar verwachting in het najaar van 2000 beschikbaar. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat er bij deze pilot-beproevingen niet gemeten wordt aan een spoorwegsysteem dat zich volledig op of in een betonnen kunstwerk bevindt, zoals bij HSL-Zuid ter hoogte van RCWP wel het geval is. De resultaten dienen derhalve te zijner tijd op de juiste wijze geïnterpreteerd te worden.

4.11 Conclusie EMC-analyse

In voorliggend rapport is een analyse uitgevoerd met betrekking tot de potentiële elektromagnetische beïnvloeding van RCWP door de aan te leggen HSL-Zuid. In de analyse zijn alle aspecten van elektromagnetische beïnvloeding meegenomen die van belang zijn. Uit de EMC-analyse blijkt voldoende marge tussen emissie en immuniteit; de conclusie luidt derhalve dat er naar verwachting EMC is tussen HSL-Zuid en RCWP (met uitzondering van het mogelijk optreden van trillende beeldschermen, hetgeen echter eenvoudig verholpen kan worden). Dit gegeven wordt ondersteund door de uitgevoerde metingen in de praktijk. De transiënte verschijnselen ten gevolge van de HSL-Zuid zijn bepalend voor de elektromagnetische compatibiliteit tussen HSL-Zuid en RCWP. Uit de analyse in het frequentiedomein blijkt dat er, bij de aanname dat de apparatuur in RCWP voldoet aan de EMC-richtlijn, compatibiliteit bereikt wordt. Uit de analyse in het tijddomein blijkt dat er naar verwachting compatibiliteit bereikt wordt.

Bij deze conclusie geldt verder de volgende kanttekening:

- De enige uitzondering waarbij beïnvloeding op zou kunnen treden, wordt gevormd door mogelijke 50Hz beïnvloeding van monitoren. Het betreft hier alleen mogelijke beïnvloeding van de elektronenbundel in een beeldbuis als gevolg van het magnetisch veld; er is geen sprake van beïnvloeding van elektronische (computer-)apparatuur (ook niet de electronica in een monitor). Zowel KEMA als HSL-Zuid zijn van mening dat indien deze beïnvloeding op zou treden, dit niet van invloed is op het functioneren van RCWP en dat er, indien nodig, eenvoudige maatregelen te nemen zijn.

5 Vervolg / Beheersmaatregelen

Ter vergroting van de zekerheid voor ING is het oorspronkelijke ontwerp inmiddels aangepast door HSL-Zuid. Voorliggend rapport gaat uit van de situatie waarin deze maatregelen reeds genomen zijn. Deze aanpassingen bestaan uit:

1. Het doorzetten van het dak (en gronddekking) op de tunnel over een afstand van 50m. Hierdoor is een hogere demping bereikt van de emissie die binnen het tunneldeel ontstaat. De zichtlijn tot het gebouw, vanaf de tunnelmond, wordt daardoor vergroot tot 80m (zie Bijlage 3). Dit heeft als bijkomend voordeel dat eventuele (tot nu toe niet aangetoonde) hogere emissie bij ijzervorming op de bovenleiding ook op grotere afstand wordt geplaatst.
2. Het verplaatsen van de spanningssluis. Toelichting: In het oorspronkelijke ontwerp lag de spanningssluis op een afstand van ca. 800m ten zuiden van RCWP. Juist ter hoogte van RCWP zouden daardoor transiënte verschijnselen kunnen optreden door het op- en afzetten van de pantograaf en het schakelen in de trein. Door het verplaatsen van de spanningssluis zijn deze verschijnselen ook verplaatst.

In hoofdstuk 4 zijn verder nog de volgende beheersmaatregelen vastgesteld:

3. 50Hz beïnvloeding (paragraaf 4.2): vaststellen of beeldschermen beïnvloed worden. Indien nodig (laten) nemen van maatregelen: vervangen door LCD-schermen of toepassen van mu-metalen behuizing.
4. Zwerfstromen (paragraaf 4.10): HSL-Zuid zal de uitkomsten van de metingen die verricht worden in het kader van het project Pilot EMC/25kV van NS Railinfrabeheer 'monitoren'. Deze resultaten zijn naar verwachting in het najaar van 2000 beschikbaar. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat er bij deze pilot-beproevingen niet gemeten wordt aan een spoorwegsysteem dat zich volledig op of in een betonnen kunstwerk bevindt, zoals bij HSL-Zuid ter hoogte van RCWP wel het geval is. De resultaten dienen derhalve te zijner tijd op de juiste wijze geïnterpreteerd te worden.
5. Een aantal aannames uit de EMC-analyse dient te worden geverifieerd door middel van metingen (paragraaf 4.6.1 en 4.6.4):
 - de gebouwdemping;
 - de demping van de open tunnelbak.

Indien uit deze metingen blijkt dat de demping lager is dan aangenomen in de EMC-analyse, dienen afhankelijk van de uitkomst aanvullende (afschermende) maatregelen gedefinieerd te worden.

HSL-Zuid stelt voor om de toestand van elektromagnetische compatibiliteit bij de exploitatie van de HSL nader aan te tonen door middel van metingen, uiteraard in nauw overleg met ING en/of de adviseur van ING. Het voorstel is om voor en/of tijdens proefbedrijf van de HSL-Zuid nader te bepalen metingen uit te voeren.

6 Conclusies

In voorliggend rapport is een analyse uitgevoerd met betrekking tot de potentiële elektromagnetische beïnvloeding van RCWP door de aan te leggen HSL-Zuid. In de analyse zijn alle aspecten van elektromagnetische beïnvloeding meegenomen die van belang zijn. Uit de EMC-analyse blijkt voldoende marge tussen emissie en immuniteit; de conclusie luidt derhalve dat er naar verwachting EMC is tussen HSL-Zuid en RCWP (met uitzondering van het mogelijk optreden van trillende beeldschermen, hetgeen echter eenvoudig verholpen kan worden). Dit gegeven wordt ondersteund door de uitgevoerde metingen in de praktijk. De transiënte verschijnselen ten gevolge van de HSL-Zuid zijn bepalend voor de elektromagnetische compatibiliteit tussen HSL-Zuid en RCWP. Uit de analyse in het frequentiedomein blijkt dat er, bij de aanname dat de apparatuur in RCWP voldoet aan de EMC-richtlijn, compatibiliteit bereikt wordt. Uit de analyse in het tijddomein blijkt dat er naar verwachting compatibiliteit bereikt wordt.

Bij deze conclusie geldt verder de volgende kanttekening:

- De enige uitzondering waarbij beïnvloeding op zou kunnen treden, wordt gevormd door mogelijke 50Hz beïnvloeding van monitoren. Het betreft hier alleen mogelijke beïnvloeding van de elektronenbundel in een beeldbuis als gevolg van het magnetisch veld; er is geen sprake van beïnvloeding van elektronische (computer-)apparatuur (ook niet de electronica in een monitor). Zowel KEMA als HSL-Zuid zijn van mening dat indien deze beïnvloeding op zou treden, dit niet van invloed is op het functioneren van RCWP en dat er, indien nodig, eenvoudige maatregelen te nemen zijn.

7 Referenties

- [1] Rapport 'Inventarisatie veldsterkte bij "Wilgenplas" ten gevolge van de Hoge Snelheids Lijn', A.C.A.M. Damen, G.E. Tap, KEMA, 98410040 TDP-98-01987A, 4 december 1998
- [2] Rapport 'Kwantificering mogelijke verstoring van "Wilgenplas" ten gevolge van storende velden door de Hoge Snelheids Lijn', KEMA, fax Stibbe Simont Monahan Duhot aan de voorzitter van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State, 5 maart 1999
- [3] Overleg ING / KEMA / HSL d.d. 21 december 1999, aanwezig ING: ing. A. Morren, drs. W. Posthumus, KEMA: ir. G.E. Tap, HSL: ir. H.J. Lobeek, ir. H.J.A. de Vet, ir. R.G.C. Dirven. Notulen kenmerk 5380061A, Jan Lobeek, 28 december 1999
- [4] 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 ³
- [5] Concept besprekingsverslag 'Verslag overleg HSL < > KEMA', datum bespreking 2 maart 1999, plaats: Arnhem; aanwezig HSL: GJ van Alphen, M. Janssen, KEMA: J.M. Wetzter, G.E. Tap. concept verslaglegging door KEMA
- [6] Rapport 'Compatibilité électromagnétique en environnement ferroviaire', SNCF (IG.LE), geen datum, definitief (verschenen in december 1999) ³
- [7] Vrije vertaling van het definitieve rapport van SNCF 'Compatibilité électromagnétique en environnement ferroviaire', december 1999, opgesteld door ir. H.J. Lobeek en ir. H.J.A. de Vet (HSL-Zuid), kenmerk ZHM/5120018A
- [8] Ontwerp NEN-EN 50121-2, 'Railtoepassingen – Elektromagnetische compatibiliteit – Deel 2: Emissie van het gehele railsysteem naar buiten', oktober 1997
- [9] 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, definitief
- [10] 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
- [11] Rapport 'Transientmeting Luxemburg, E en H veld metingen bij transiënten', ir. G. van Alphen, ir. H.W.M. Smulders, Holland Railconsult, kenmerk GP/EMC/000120 – versie 1.0HSL, 31 januari 2000, definitief
- [12] 'EMC-analyse HSL-Zuid, ING Wilgenplas, uitgangspunten & analyse', ir. G. van Alphen, HSL-Zuid, RVT0019B, 26 februari 1999 ³
- [13] Nota 'Zwerfstromen en GSM-Rail', Bart de Vet, HSL-Zuid, 14 januari 2000
- [14] Rapport 'Messung der in der J.H. Schroder-Bank durch die S-bahn im Hirschengraben-tunnel verursachten elektromagnetischen Beeinflussungen', EMC Fribourg SA, Auftrag 89-834, januari 1990
- [15] Ontwerp NEN-EN 50121-1, 'Railtoepassingen – Elektromagnetische compatibiliteit – Deel 1: Algemeen', oktober 1997
- [16] Ontwerp NEN-EN 50121-3-1, 'Railtoepassingen – Elektromagnetische compatibiliteit – Deel 3: Rollend materieel – Sectie 1: Trein en compleet voertuig', oktober 1997
- [17] Europese EMC-richtlijn 89/336/EEG

³ Deze rapporten zijn gebaseerd op de oorspronkelijke situatie, zie hoofdstuk 2.

- [18] NEN-EN 50082-1, 'Elektromagnetische compatibiliteit – Algemene immuniteitsnorm – Deel 1: Huishoudelijke, handels- en licht-industriële omgeving', november 1997
- [19] Overleg ING / KEMA / HSL d.d. 20 januari 2000, aanwezig ING: ing. A. Morren, drs. W. Posthumus, mw. mr. M.C. Nubé, KEMA: ir. G.E. Tap, ir. R. Venhuizen, HSL: ir. H.J. Lobeek, ir. H.J.A. de Vet, ir. R.G.C. Dirven. Notulen Zuid-Holland Midden, 20 januari 2000
- [20] Memo 'Aarding', van E.A. Vrolijk aan J. Bijvoet, ING Facilitair Bedrijf Nederland, 26 september 1997
- [21] Rapport 'EMC-analyse van de gevolgen van vonkvorming in de tractie-energievoorziening voor ING Rekencentrum Wilgenplas', ir. R.G.C. Dirven, ir. E.A. van Kleef, HSL-Zuid, versie 1.0, 22 mei 2000, definitief
- [22] Rapport 'Pulsvormige inductiespanningen ten gevolge van Hogesnelheidstreinen, gemeten in het tijdsdomein', R. Venhuizen, KEMA T&D Power, 40010262-TDP 00-12287A, 5 juni 2000
- [23] Rapport 'Bepaling kans op verstoring RCWP ten gevolge van HSL-Zuid', G.E. Tap, KEMA T&D Power, 40010305-TDP 00-12139A, 24 mei 2000

Bijlage 1 Curriculum vitae D.S. Armstrong

Name: **Donald Stuart Armstrong**
Nationality: **British**
Date of Birth: **17 May 1933**

Qualifications: **B. Sc(Eng). London External 1st Class Hons.**

Languages: **Working knowledge of French**
Able to cope with technical German

Professional Status:
Member Institution of Electrical Engineers
Member Institution of Mechanical Engineers.
Former member IEE Professional Group P2
(Railway Traction and Signalling)

Experience:

July 1992 to date;

Self employed Consultant, specialising in Electromagnetic Compatibility (EMC). Past or Present Clients ---

British Rail Research, Derby
Remote Metering Systems, Odiham
Business Systems Computing, Nottingham
Ove Arup, London, (Northern Ireland Railway Immunisation Study)
Scottish Hydro-Electric, Perth
Railtrack (British Railways), Derby
Railtrack (EE&CS), London
Railtrack (Stoneblower), Sheffield
Interfleet Technology (British Railways), Derby
Porterbrook Train Leasing Co., Derby
Westinghouse Signals Ltd, Chippenham
Danish State Railways
Railtrack (WCML Modernisation), Train Control Systems

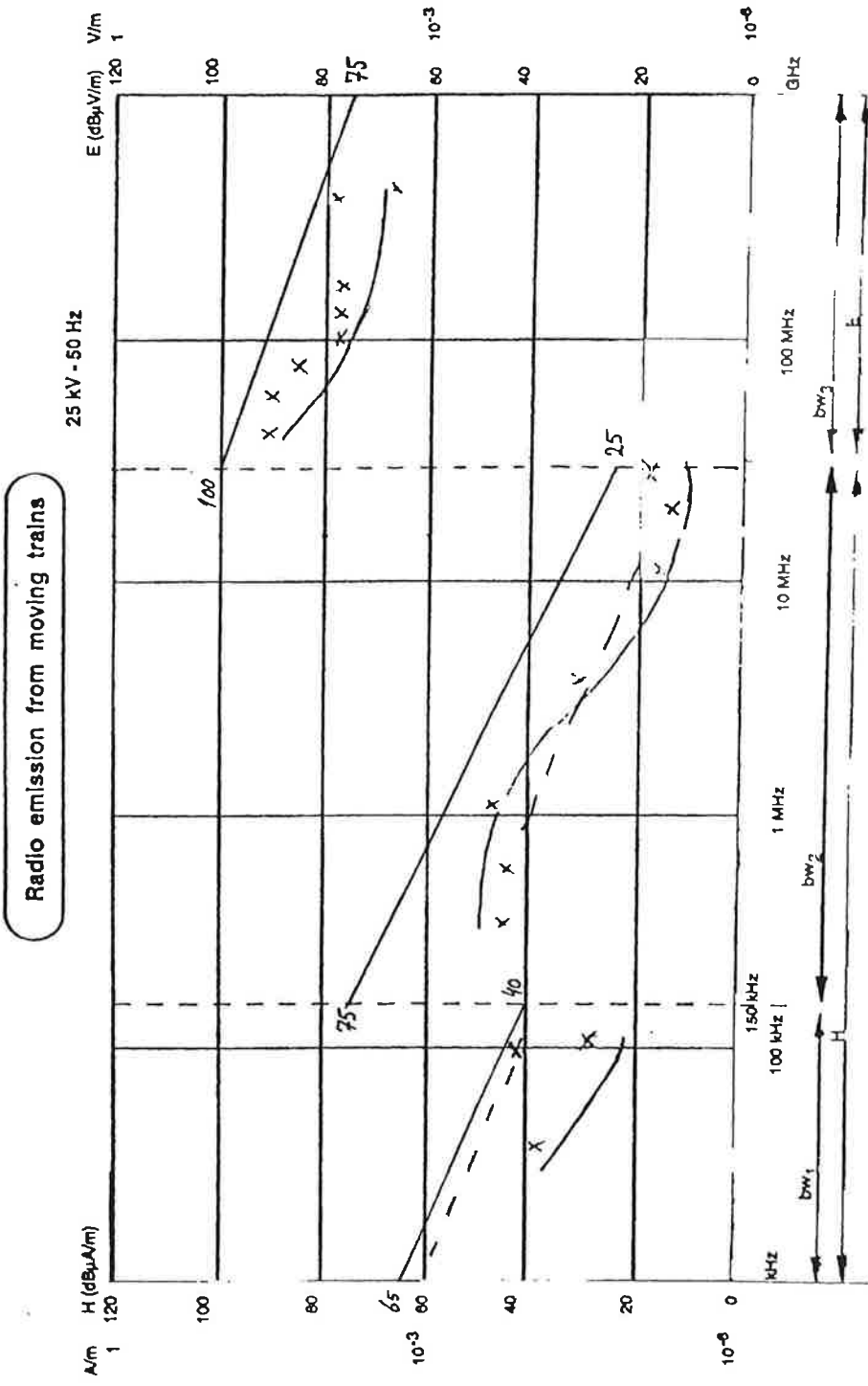
Member of CENELEC TC9X WG4 "EMC Standards for Railways"
Convenor of CENELEC TC9X WGC5 "EMC Standards for Railway Sub-Stations"
Member of BSI Committee PEL/9/-/1, EMC for Railway Systems
Member of BSI Committee PEL/9/3 Railway Power Supply Systems

1990-1992 Head Electrical Systems Unit, British Rail Research, Derby
Studies included radio emission from moving trains, Writing European
EMC standards for railway vehicles and signalling circuits

- 1985-1990** **Team Leader, Vehicle Systems Unit, BR Research, Derby**
Studies of effect of leaf films on track circuit operation
Microprocessor control of locomotive wheelspin
Prime author of RIA22 Code of Practice for EMC for Railway Electronics
Modelling of traction control systems using IBM CSMP program
Studies of mechanical behaviour of wheel/rail interface in traction mode
Consultant to Danish State Railways on change of voltage from 15 kV to 25 kV
Studies of power transistor inverter
- 1972-1985** **Team Leader Electrification Unit, BR Research, Derby**
System studies of high speed guided land transport including Maglev
Energy consumption of DC traction using Fortran simulator program
Consultant to Hawker Siddeley Traction, for New Zealand electrification.
Consultant to New Zealand Railways on signalling cable quality
Studies of low cost electrification
Studies of electrical resonant behaviour of 25 kV electrified railways
Maglev vehicles studies, leading to designs for Birmingham Maglev link
- 1966-1972** **Head Advanced Machines Unit, BR Research, Derby**
Thyristor traction interference; member of European Technical Committee A122, studying consequences of thyristor traction and remedies.
Chopper control of DC traction
Commutator stability measurements
- 1965-1966** **PSO, BR Research, London**
Induction motor drives, traction training course
- 1956 - 1964** **BTH/AEI Rugby**
Research engineer, studying applied electromagnetics. Pumps for liquid metals, commutation of DC motors, radio interference measurements, superconducting transformers.
- 1951 - 1956** **British Thomson Houston Co Rugby.**
Indentured student and graduate apprentice, on sandwich course for external London B. Sc(Eng) degree. Service in manufacturing and design departments.
- 1944-1951** **Lawrence Sheriff Grammar School, Rugby.**
3+4 A levels

Co tests DB, FS, SNCF, BR
October 1994

Annex 3
Fig. 1



Note 1: The discontinuities of the curves are due to changing of bandwidth of the measurement receiver: bw₁ = 1 kHz; bw₂ = 10 kHz; bw₃ = 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
 y 80/80

prEN 50121-2:1997

Bijlage 3 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.