BLOOTSTELLING VAN DE ALGEMENE BEVOLKING AAN 0 Hz tot 3 GHz ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN IN BIBLIOTHEKEN, ELEKTROZAKEN, GROOTWARENHUIZEN, LUCHTHAVENS, OPENBAAR VERVOER,STATIONS, WANDEL- EN WINKELSTRATEN

Decat Gilbert, Deckx Leo, Meynen Guy en Polders Caroline

Studie uitgevoerd door VITO in opdracht van de Vlaamse Overheid, Departement Leefmilieu, Natuur, Energie

2006/IMS/R/210

VITO

Augustus 2006

Woord vooraf

De huidige studie is de opvolger van de studie die in 2004 [1] door de dienst Milieu & Gezondheid van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE) van de Vlaamse overheid gepubliceerd werd.

Deze studie gaf een literatuuroverzicht van alle mogelijke bronnen van elektromagnetische velden (EMV-en), zowel buitenshuis als binnenshuis, de beschikbare meetgegevens (blootstellingniveaus) per bron en de mogelijke gezondheidseffecten van de EMV-en die in Vlaanderen voor de algemene bevolking van belang zijn.

Omdat deze studie o.a. uitwees dat er een gebrek bestaat aan meetgegevens om de blootstelling van de algemene bevolking aan elektromagnetische velden in het frequentiegebied van 0 Hz tot 3 GHz in te schatten in openbare plaatsen, met inbegrip van openbaar transport, en alzo het risico van deze velden op basis van de interpretatie van de huidige blootstellingsnormen en -richtlijnen te bepalen, wordt in de huidige studie d.m.v. een uitgebreide meetcampagne dieper ingegaan op de volgende vragen.

Aan welke EMV-bronnen wordt de mens tijdens zijn verblijf in openbare plaatsen en het openbaar vervoer blootgesteld? Hoe groot is de EMV-blootstelling op deze plaatsen? Hoe kan het risico ervan ingeschat worden volgens de interpretatie van de huidige blootstellingsnormen of –richtlijnen? Moet de bevolking zich niet ongerust maken over de grootte van de EMV-blootstellingen en zijn er in bepaalde gevallen toch bijkomende beschermingsmaatregels nodig? In hoeverre kan EMV-bescherming toegepast worden en welk zijn de opties die het beleid in dit verband zou kunnen nemen?

Deze omvangrijke studie, die een antwoord op deze vragen tracht te formuleren, zou onmogelijk tot stand gekomen zijn zonder de sponsoring van LNE, zonder de medewerking van de locatiebeheerders (verantwoordelijken van bibliotheken, elektrozaken, GSM-pico- en microcellen, luchthavens, stations en winkelcentra), zonder de raadgevingen van de onafhankelijke stuurgroep en zonder de volle inzet van de uitvoerders van VITO. Al deze personen worden hiervoor van harte bedankt.

An Van Tornout

Vlaamse overheid
Departement Leefmilieu, Natuur, Energie
Afdeling Lucht, Hinder, Milieu & Gezondheid
Dienst Milieu & Gezondheid
Graaf de Ferraris gebouw
Koning Albert II-laan 20, bus 8
B-1000 BRUSSEL

INHOUDSOPGAVE

1 REFERENTIEKADER ... 6
1.1 Doelstelling ... 6
1.2 Onderwerp en methode van onderzoek ... 6
1.3 Meetlocaties ... 10
1.4 Blootstellingsnormen en -richtlijnen ... 10
1.4.1 Belgische regelgeving ... 11
1.4.2 Internationale regelgeving ... 12

2 MEETRESULTATEN ... 18
2.1 Elektromagnetische velden in elektrozaken en grootwarenhuizen ... 18
2.1.1 Statisch magnetisch veld ... 18
2.1.2 Extreem laag frequentie (ELF) magnetisch veld ... 23
2.1.3 Intermediaire frequenties (IF) ... 26
2.1.4 Very Low Frequency (VLF) velden van beeldschermen van TV's ... 30
2.1.5 Radiofrequenties (RF) ... 34
2.1.6 Algemeen besluit betreffende elektromagnetische velden in grootwarenhuizen en elektrozaken ... 36
2.2 Elektromagnetische velden in luchthavens ... 37
2.2.1 Doel ... 37
2.2.2 Bronnen ... 37
2.2.3 Statisch magnetisch veld in luchthavens ... 38
2.2.4 Extreem laag frequentie (ELF) magnetisch veld in luchthavens en vliegtuigen ... 39
2.2.5 Intermediaire frequenties (IF) in luchthavens ... 42
2.2.6 Radiofrequenties (RF) in de luchthavens ... 47
2.2.7 Algemeen besluit betreffende elektromagnetische velden in luchthavens ... 56
2.3 Elektromagnetische velden in het openbaar vervoer ... 57
2.3.1 Elektromagnetische velden in de bus ... 57
2.3.2 Elektromagnetische velden in de metrostellen ... 68
2.3.3 Elektromagnetische velden in de tram ... 77
2.3.4 Elektromagnetische velden in de trein ... 90
2.3.6 Elektromagnetische velden in hybride bussen ... 98
2.3.7 Algemeen besluit betreffende elektromagnetische velden in het openbaar vervoer ... 107
2.4 Radiofrequentievelden (RF-velden) van picocellen in de stations van Brussel ... 108
2.4.1 Station Brussel-Noord ... 108
2.4.2 Station Brussel-Centraal ... 112
2.4.3 Picocellen in Brussel-Zuid ... 116
2.4.4 Algemeen besluit betreffende de RF-velden van picocellen in de stations ... 123
2.4.5 Blootstelling aan radiofrequentievelden (RF-velden) van microcellen ... 124

3 BLOOTSTELLING AAN ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN IN BIBLIOTHEKEN ... 134
3.1 Inleiding ... 134
3.2 Materiaal en methode ... 134
3.2.1 Bronnen ... 134
3.2.2 Meetmethode ... 135

3.3 Meetresultaten 135
3.3.1 Elektromagnetische velden in een bibliotheek van Leuven 135
3.3.2 Elektromagnetische velden in een bibliotheek van Mol 138
3.3.3 Elektrisch en magnetisch veld van antidiefstalpoorten 142
3.4 Vergelijking van de elektromagnetische velden van de antidiefstalpoorten van beide bibliotheken 144
3.5 Algemeen besluit en aanbevelingen betreffende de EMV-en in bibliotheken 145

4 ALGEMEEN BESLUIT 146

5 BELEIDSAANBEVELINGEN 149

6 BIJLAGEN 150
6.1 Meetinstrumenten 150
6.1.1 Meetinstrument voor het meten van het statisch veld 150
6.1.2 Meetinstrumenten voor het meten van ELF-velden (extreme low frequency) 150
6.1.3 Meetinstrumenten voor het meten van de IF (intermediate frequency) en RF (Radio frequency) velden 152
6.1.4 Meetinstrumenten voor het meten van de VLF (Very low frequency) velden van beeldschermen 154
6.1.5 Meetinstrumenten voor het smalbandig meten van de RF-straling (radio frequency) ..155
6.2 Waarschuwingspictogrammen voor magnetische velden 157
6.2.1 Waarschuwingspictogram voor mogelijke interferentie met pacemakers 157
6.2.2 Waarschuwingstekens die in Polen gebruikt worden voor bronnen van elektromagnetische velden [Polish standard PN-74/T-06260] 158
6.3 Eigenschappen, grootheden en nomenclatuur 160
6.4 Afkortingen en woordverklaringen 165
6.4.1 Afkortingen 165
6.4.2 Woordverklaringen 166
6.5 Fact sheets of the world health organization: Electromagnetic fields and public health 169
6.5.1 Static electric and magnetic fields (Fact sheet N° 299, March 2006) 169
6.5.2 Base stations and wireless technologies (Fact Sheet N° 304, May 2006) 172
6.5.3 Effects of EMF on the Environment (Information Sheet, February 2005) 175
6.5.4 Intermediate Frequencies (IF) (Information Sheet, Febryary 2005) 179
6.6 Lijst met relevante websites 183
6.6.1 Algemene informatie over niet-ioniserende elektromagnetische straling: 183
6.6.2 Instellingen voor telecommunicatie: 183

7 LITERATUURLIJST 184

SAMENVATTING

VITO kreeg van de dienst Milieu & Gezondheid van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE) de opdracht om in de periode 2005 - 2006 een meetcampagne uit te voeren betreffende de blootstelling van de algemene bevolking aan elektromagnetische velden in openbare plaatsen en in het openbaar vervoer. De bedoeling van de campagne was het bepalen van de grootte van het elektrisch en/of het magnetisch veld waaraan het algemene publiek blootgesteld wordt tijdens het winkelen, het reizen met het openbaar vervoer en het wandelen in de winkelstraten. Het frequentiespectrum van het elektrisch en het magnetisch veld dat door de bronnen van de doellocaties geproduceerd wordt, bevindt zich hoofdzakelijk tussen 0 Hz (statische velden) en 3 GHz (radiofrequentievelden). Daarom werden in elk van de doellocaties, met uitzondering van de wandel- en winkelstraten, de volgende elektrische en/of magnetische velden gemeten: (1) het statisch magnetisch veld, (2) het ELF (extreme low frequency) magnetisch veld, (3) het IF (intermediate frequency) elektrisch en magnetisch veld en het RF (radiofrequency) elektrisch veld. In de wandel- en winkelstraten werd uitsluitend het RF elektrisch veld van de microcellen gemeten en in de elektrozaken werd naast de opgenoemde velden ook het VLF (very low frequency) elektrisch en magnetisch veld van de TV-beeldschermen gemeten.

De metingen werden uitgevoerd met de meest moderne breed- en smalbandige meetapparatuur (zie bijlage 6.1) en de resultaten werden vergeleken met de bestaande nationale zoniet internationale blootstellingsnormen en/of -richtlijnen die het algemene publiek moeten beschermen tegen gezondheidseffecten van elektromagnetische velden enerzijds en tegen de interferentie ervan met pacemakers, ferromagnetische of andere implantaten anderzijds.

De meeste resultaten zijn in het kader van de huidige blootstellingsnormen en –richtlijnen duidelijk interpreteerbaar en houden over het algemeen geen rechtstreekse gezondheidsrisico's in voor de winkelende en reizende bevolking. Eén van de uitzonderingen hierop vormen de antidiefstalsystemen van bibliotheken waar de klant slechts zeer kortstondig blootgesteld kan worden aan een magenetisch veld dat de referentiewaarden van de norm overschrijdt. Daarenboven kunnen operatoren van handoplaadtoestellen voor het activeren van de beveiligingsstrips van boeken op bepaalde plaatsen van hun lichaam blootgesteld worden aan een 50 Hz magnetisch veld dat ver boven het referentieniveau voor een gehele lichaamsblootstelling uitsteekt. Omdat het risico van kortstondige sterke volledige of lokale (afzonderlijke lichaamsdelen) lichaamsblootstellingen op basis van de huidige nationale of internationale[1] blootstellingsnormen of -richtlijnen kan afgewogen worden, kan hieromtrent geen uitspraak gedaan worden en moet dit verder onderzocht worden. Bovendien zou het betrouwbaar inschatten van de blootstelling aan de elektromagnetische velden van antidiefstalsystemen (die ook sterk kunnen variëren in frequentie) een studie op zichzelf moeten vormen.

[1] Met uitzondering van het 10 MHz tot 10 GHz frequentiegebied voor GSM-zendmasten beschikt België niet over normen om het blootstellingsrisico voor het algemene publiek tegen de andere frequentiebanden van het niet-ioniserende stralingsspectrum af te wegen. Daarenboven beschikt België nog niet over een blootstellingsnorm om de beroepsbevolking tegen eventueel verhoogde EMV-en te beschermen.

Voor wat het risico op interferentie tussen de elektromagnetische velden en pacemakers, ferromagnetische of andere implantaten betreft, komt uit de campagne naar voor dat het statisch magnetisch veld dat door sommige bronnen gegenereerd wordt sterk genoeg is om eventueel het functioneren van dergelijke implantaten te verstoren. Ofschoon geen gegevens bestaan over de kans dat interferentie optreedt bij het overschrijden van de interferentiedrempel worden op basis van het voorzorgsprincipe adequate maatregelen aanbevolen om dit fenomeen te voorkomen.

Voor wat de beleidsopties betreft, wordt gesuggereerd om, omwille van de variaties in de veldsterkte, de elektromagnetische velden van sommige bronnen zoals pico- en microcellen periodiek te controleren. Bovendien wordt aanbevolen dat de technische specificaties van alle bronnen, met vermelding van de frequentie en de gemiddelde sterkte van het geproduceerde elektromagnetische veld, duidelijk in alle handleidingen of aanverwanten zouden moeten gepubliceerd worden. Tevens zouden de locaties van alle bronnen publiek moeten gemaakt worden. Deze maatregelen zouden moeten genomen worden eerder om de bevolking gerust te stellen dan wel ongerust te maken over de huidige en toekomstige ICT-technologieën. De blootstelling van het algemene publiek aan de overgrote meerderheid van de bronnen is immers in overeenstemming met de referentiewaarden van de Belgische blootstellingsnorm voor wat de toepassingen met frequenties tussen 10 MHz en 10 GHz (wifi, pico- en microcellen) betreft en met de ICNIRP (1994 en 1998) richtlijnen voor de blootstelling aan de frequentiebanden van andere toepassingen.

In navolging van de slogan beter voorkomen dan genezen zou het ‘engineeringsconcept voor het afschermen of verzwakken van sterke elektromagnetische velden reeds in het ontwerp en de plaatsing van de bron moeten meegenomen worden. Dit zou moeten gebeuren op basis van een voor België nog op te stellen bestand met hoge blootstellingsbronnen.

Naast de andere bijlagen (meetapparatuur, grootheden en eenheden, afkortingen, woordverklaringen) geeft bijlage 6.5 aan de hand van recente “fact sheets van de Wereldgezondheidsorganisatie” een overzicht over het verband tussen elektromagnetische velden en de volksgezondheid.

KORTE TITEL:
BLOOTSTELLING VAN HET ALGEMENE PUBLIEK AAN ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN IN OPENBARE PLAATSEN EN OPENBAAR VERVOER

SLEUTELWOORDEN:
Elektrisch veld, Magnetisch veld, Statisch veld, ELF-veld, VLF-veld, IF-veld, RF-veld

1 REFERENTIEKADER

1.1 Doelstelling

De doelstelling van het huidige onderzoek is toegespitst op het meten van de blootstelling van de algemene bevolking aan de grote verscheidenheid van elektromagnetische velden (EMV-en) waaraan de bevolking in openbare plaatsen, met inbegrip van openbaar transport, blootgesteld wordt. Vaak gaat het hier om het meten en evalueren van de EMV-en van blootstellingsbronnen waarover in Vlaanderen en in België geen en in Europa en de rest van de wereld weinig of geen gegevens beschikbaar zijn en die mogelijks een risico inhouden voor de gezondheid van de burger.

Het onderzoek moet leiden tot een inventaris van de plaatsgebonden EMV-belasting die als uitgangspunt kan dienen om in de toekomst een inschatting te kunnen maken van de globale EMV-belasting van de Vlaamse burger.

1.2 Onderwerp en methode van onderzoek

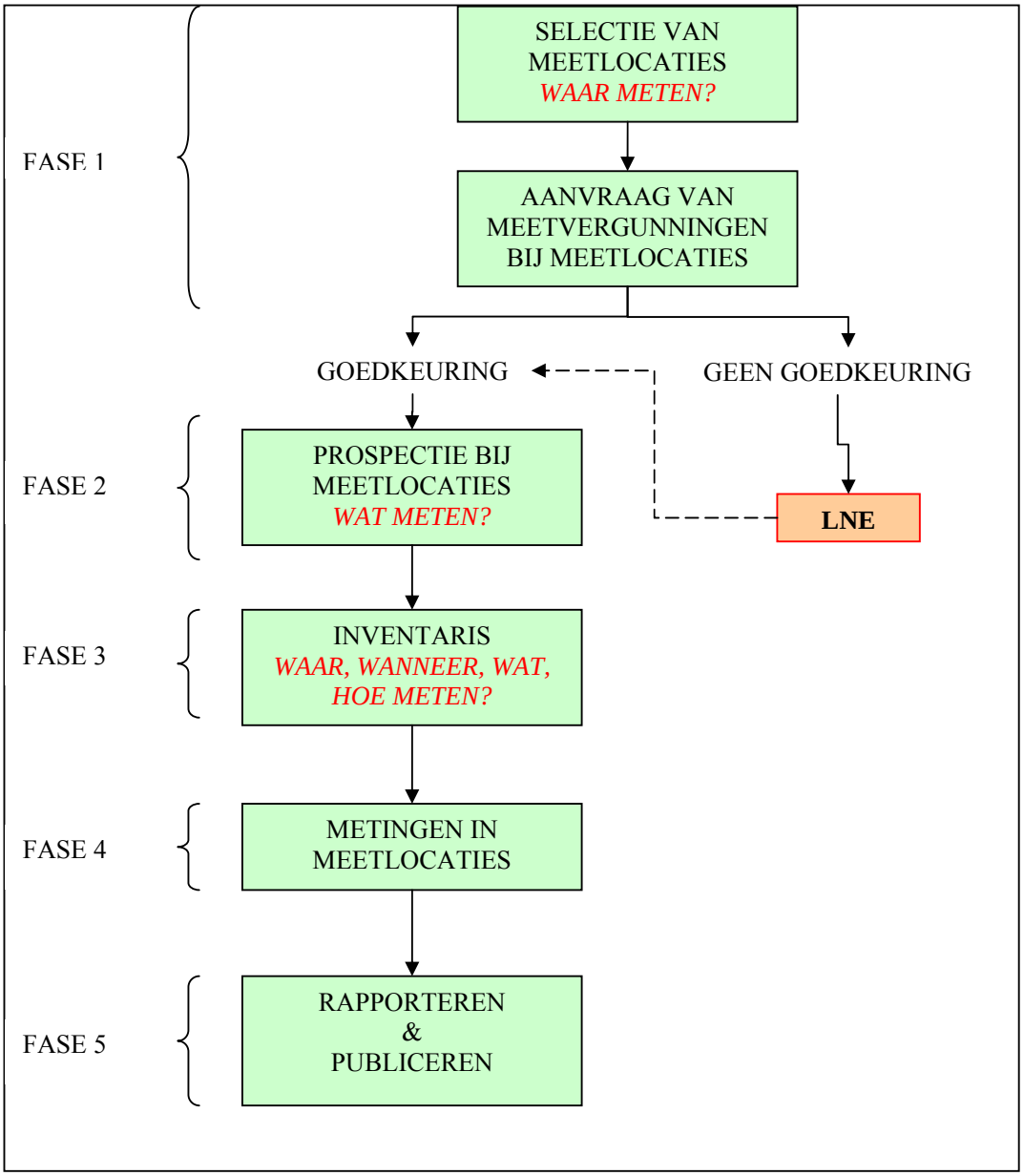
Het onderzoek wordt enerzijds toegespitst op het meten en evalueren van de EMV-en van de bronnen die in openbare plaatsen voorkomen en waarvan het frequentiespectrum tussen 0 Hz tot 3 GHz ligt. Noteer dat 95 % van de EMV-en die door de bronnen in het leef- en werkmilieu uitgezonden worden, in dit frequentiegebied liggen. De EMV-en waarvan de blootstelling ten opzichte van hun respectievelijke blootstellingsnormen en –richtlijnen geëvalueerd wordt zijn de statische velden (0 Hz), de ELF-velden (extreme low frequency: 30 Hz – 300 Hz), de IF-velden (intermediate frequency: 3 kHz - 10 MHz) en de RF-velden (radiofrequency: 10 MHz – 3GHz).

Tabel 1 geeft een overzicht van de soorten (ingedeeld per frequentieband) en de bronnen van EMV-en die in de doellocaties gemeten werden.

Tabel 1: EMV - soorten, EMV - bronnen en meetlocaties

EMV-soorten en EMV-bronnen	Meetlocaties					
	Bibliotheken	Elektrozaken & grootwarenhuizen	Luchthavens	Openbaar vervoer (bus, metro, tram, trein, hybride bussen)	Brusselse stations (Noord, Centraal, Zuid)	Winkel- en wandelstraten (Belgische steden)
Statische velden						
➢ Artikelbewakingssystemen	■	■				
➢ Bekabeling en motoren				■		
➢ Luidsprekers		■				
➢ Permanente magneten				■		
Extreme low frequency velden (ELF-velden) van elektrische apparaten en leidingen	■	■	■	■		
Very low frequency velden (VLF-velden) van beelschermen		■				
Intermediate frequency velden (IF-veld) van elektronische beveiligingssystemen						
➢ Elektronische artikelbewakingssystemen	■	■	■			
➢ Metaaldetectoren			■			
Radiofrequency velden (RF-velden) van interne en externe draadloze communicatiesystemen						
➢ Microcellen						■
➢ Picocellen					■	
➢ GSM-, Radio- & TV-signalen van externe zendmasten		■	■	■	■	■
➢ WLAN		■	■			
➢ Walki-Talki's		■				

Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van de methode die gevolgd werd om het onderzoek uit te voeren.



Figuur 1: Stroomdiagram van de onderzoeksmethode

1.3 Meetlocaties

Tabel 2 geeft een overzicht van de geselecteerde meetlocaties.

Tabel 2: Overzicht van de locaties waar de elektromagnetische velden gemeten werden

Elektrozaken en grootwarenhuizen: EMV-en van 0 Hz – 3 GHz
➢ Carrefour - Kuringen (Hasselt)
➢ Carrefour - Edegem
➢ Delhaize - Hasselt
➢ Delhaize - Keerbergen
➢ Eldi - Geel
➢ Electromic - Geel
➢ Selexion - Electro Comfort Center - Mol
➢ Super GB - Mol
➢ Super GB partner (Alma) - Mol
Luchthavens: EMV-en van 0 Hz – 3 GHz
➢ Internationale Luchthaven - Deurne
➢ Internationale Luchthaven - Zaventem
Openbaar vervoer: EMV-en van 0 Hz – 3 GHz
➢ MIVB: Bussen, metro's, trams
➢ NMBS: Treinen
➢ AVM Luxemburg: Hybride bussen
Stations in Brussel: RF-velden van picocellen
➢ NMBS: Noord, Centraal en Zuid
Winkel- en wandelstraten: RF-velden van microcellen
➢ Belgische steden
Bibliotheken: Statisch en ELF veld van antidiefstalsystemen
➢ Bibliotheek van Leuven ➢ Bibliotheek van Mol

1.4 Blootstellingsnormen en -richtlijnen

Om op basis van de meetresultaten conclusies te trekken en aanbevelingen te formuleren met betrekking tot de eventuele bescherming van het algemene publiek tegen de blootstelling aan specifieke elektromagnetische velden in specifieke locaties wordt in dit hoofdstuk een overzicht gegeven van de bestaande normen en/of richtlijnen waarmee de meetgegevens vergeleken worden.

1.4.1 Belgische regelgeving

Voor wat de algemene regelgeving in België voor elektromagnetische velden betreft, is het belangrijk te vermelden dat:

- er geen blootstellingsnorm of –richtlijn bestaat voor het statisch elektrisch of magnetisch veld.
- er geen blootstellingsnorm of –richtlijn bestaat voor het ELF magnetisch veld.
- er een norm bestaat voor het ELF elektrisch veld [2]: de maximale blootstellingswaarde van 5 kV/m waaraan het algemene publiek gedurende 24 uur per dag mag blootgesteld worden is dezelfde als deze die door ICNIRP (1998) aanbevolen wordt (zie tabel 5).
- een blootstellingsnorm bestaat voor zendmasten die elektromagnetische velden (EMV-en) uitzenden tussen 10 MHz en 10 GHz die gepubliceerd werd bij KB van 10/08/2005 [3]. Tabel 3 toont de maximale waarden voor de enkelvoudige frequenties waaraan de algemene bevolking volgens de Belgische norm doorlopend over het gehele lichaam mag blootgesteld worden.

Tabel 3: Belgische blootstellingsnorm voor EMV-en tussen 10 MHz en 10 GHz

Frequentie	Vermogendichtheid (S in W/m²)	Elektrisch veld (E in V/m)
10 MHz tot 400 MHz	0,5	13,7
400 MHz tot 2 GHz	f/800	$0{,}686.f^{1/2}$
2 GHz tot 10 GHz	2,5	30,7

** f wordt uitgedrukt in MHz*

Voor de samengestelde frequentievelden geldt de volgende Belgische norm:

$$\sum_{10MHz}^{10GHz} \left(\frac{E^2 i}{E^2 i - ref}\right) < 1$$

met :

E^2_i *= gemeten veldsterkte bij een frequentie i*

$E^2_{i\text{-}ref}$ *= referentiewaarde van de norm bij een overeenkomstige frequentie i*

- er sedert 11 juni 2004 een kwaliteitsnorm voor het binnenmilieu bestaat die bepaalt dat het ELF magnetisch inductieveld in de woning niet groter mag zijn dan 0,2 µT: Besluit van de Vlaamse Regering houdende maatregelen tot bestrijding van de gezondheidsrisico's door verontreiniging van het binnenmilieu [4].

- de IEC-norm 335-2-25 (1988) voor de lekstraling van huishoudelijke microgolfovens geldt als Belgische en Europese norm [5].

Bij gebrek aan adequate regelgeving in ons land inzake bepaalde elektromagnetische velden is men voor aanbevelingen ter bescherming van het algemene publiek (en de beroepsbevolking) aangewezen op de internationale wetgeving. Aangezien op Europees vlak slechts een aanbeveling van de Raad bestaat (1999) voor het algemene publiek waarvan de limietwaarden dezelfde zijn als die van de internationale ICNIRP

blootstellingsrichtlijn (1998) bestaat geen andere keuze dan de meetresultaten van de huidige studie te vergelijken met de referentieniveaus van de ICNIRP-blootstellingsrichtlijn van 1998. Deze richtlijn vormt tevens de ruggengraat van alle blootstellingsnormen en/of –richtlijnen die wereldwijd zijn uitgevaardigd.

1.4.2 Internationale regelgeving

1.4.2.1 Aanbeveling en richtlijn van de Europese Raad

De "EC Council Recommendation (1999)" omvat alleen de normen die van kracht zijn voor de algemene bevolking [6]. De blootstellingslimieten die erin opgenomen zijn, zijn dezelfde als die van ICNIRP (1998) (zie tabel 5).

1.4.2.2 Europese richtlijn van april 2004: Directive 2004/40/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from electromagnetic fields

Deze richtlijn [7] is alleen van toepassing voor de beroepsbevolking. De blootstellingslimieten zijn dezelfde als die van ICNIRP (1998) (zie tabel 5) en zijn niet van toepassing op de meetgegevens van deze studie.

1.4.2.3 ICNIRP-richtlijn (1994) betreffende het statisch magnetisch veld (B-veld)

Tabel 4 geeft een overzicht van het maximaal magnetisch veld waaraan dragers en niet-dragers van pacemakers volgens ICNIRP (1994) mogen blootgesteld worden [8].
De richtlijn beveelt aan dat doorlopende blootstelling voor het algemene publiek niet groter mag zijn dan 40 mT.

Tabel 4: ICNIRP-richtlijn (1994) voor blootstelling van het algemene publiek aan het statisch magnetisch veld

	B-veld (mT)
Gehele lichaamsblootstelling van dragers en niet-dragers van pacemakers of andere elektronische implantaten (continue blootstelling)	40

Een bijkomende beschouwing die ICNIRP(1994) maakt, is dat dragers van pacemakers of ferromagnetische en andere elektronische implantaten niet beschermd worden door de referentiewaarden die in tabel 4 weergegeven worden. Omdat deze implantaten volgens ICNIRP niet aangetast worden door een magnetisch veld dat zwakker is dan 0,5 mT, wordt aanbevolen dat dragers van dergelijke implantaten het best locaties vermijden waar de veldsterkte hoger ligt dan 0,5 mT.
Dragers van ferromagnetische implantaten of andere elektrische implantaten dan pacemakers kunnen aangetast worden door B-velden boven een paar millitesla (mT).
Indien het B-veld sterker is dan 3 mT moeten volgens ICNIRP (1994) voorzorgsmaatregelen genomen worden tegen kwetsuren die kunnen veroorzaakt worden door vliegende projectielen.

Demagnetisatie van uurwerken, kredietkaarten, magneetbanden, computerschijven enz. kan optreden vanaf een veldsterkte van 1 mT.

1.4.2.4 ICNIRP-richtlijn (1998) betreffende elektromagnetische velden tussen 0 Hz en 300 GHz

In tabel 5 worden de referentieniveaus samengevat die in de ICNIRP-richtlijnen van 1998 [9] aanbevolen worden ter bescherming van de algemene bevolking en de beroepsbevolking tegen tijdsvariërende (AC) elektrische en magnetische velden in het frequentiegebied van 0 Hz tot 300 GHz (Health Physics, 1998). Het E-veld is het elektrisch veld en het B-veld[2] is eigenlijk de magnetische fluxdichtheid, ook magnetische fluxintensiteit of gewoonweg inductieveld genoemd.

Tabel 5: Referentieniveaus voor blootstelling van het algemene publiek en beroepsbevolking aan E-veld en B-veld (ICNIRP, 1998)

Frequentie-interval	Algemene bevolking		Beroepsbevolking (informatief)	
	E-veld (kV/m)	B-veld (µT)	E-veld (kV/m)	B-veld (µT)
Tot 1 Hz	-	4.10^4	-	2.10^5
1 – 8 Hz	10	$4.10^4/f^2$	20	$2.10^5/f^2$
8 – 25 Hz	10	5000/f	20	$2,5.10^4/f$
0,025 – 0,80 kHz	0,25/f	5/f	-	-
0,025 – 0,82 kHz	-	-	0,50/f	25/f
0,80 – 3 kHz	0,25/f	6,25	-	-
0,82 kHz – 65 kHz	-	-	0,61	30,7
3 kHz – 150 kHz	0,087	6,25	-	-
150 kHz – 1 MHz	0,087	0,92/f	-	-
65 kHz – 1 MHz	-	-	0,61	2/f
1 – 10 MHz	$0,087/f^{1/2}$	0,092/f	0,61/f	2/f
10 – 400 MHz	0,028	0,092	0,061	0,2
400 – 2000 MHz	$1,375f^{1/2}$	$0,0046f^{1/2}$	$0,003f^{1/2}$	$0,01f^{1/2}$
2 – 300 GHz	0,061	0,20	0,137	0,45

** f in de frequentie van het aangegeven frequentie-interval*

De meetresultaten die in het kader van dit onderzoek bekomen worden zullen getoetst worden aan de in tabel 3, 4 en 5 weergegeven blootstellingslimieten die voor het algemene publiek aanbevolen worden.

[2] Het 'International System of Units' (SI) beveelt de volgende eenheden aan: (1) de weber (Wb, 1 Wb = 1V.s) voor magnetische flux, (2) de tesla (T; 1 T = 1000 mT = 10^6 µT = 1Wb/m² = 10^4 Gauss) voor magnetische flux per eenheid van oppervlak, (3) de ampère per meter (A/m, 1 µT = 0,80 A/m) voor magnetische veldsterke en (4) de henry (H, 1 H = 1Wb/A) voor inductantie.

1.4.2.5 Koninklijk Besluit over het werken met beeldschermen

In verband met de straling van beeldschermen bepaalt het KB (N. 93 – 2082 (27/8/93 Staatsblad van 7/9/93)) dat alle straling, met uitzondering van het zichtbare deel van het elektromagnetische spectrum, moet worden verminderd tot - vanuit het oogpunt van de bescherming van de veiligheid en de gezondheid van de werknemers - verwaarloosbare niveaus [10]. In dit KB wordt geen melding gemaakt van een maximaal toelaatbare emissie- noch blootstellingsnorm. Dit komt er dus op neer dat meetgegevens niet met een Belgische emissie- of blootstellingsnorm kunnen vergeleken worden.

1.4.2.6 Zweedse emissierichtlijnen voor beeldschermen

Bij gebrek aan een Belgische emissienorm voor beeldschermen wordt meestal gebruik gemaakt van de Zweedse MPR II[3] en de TCO-normen [11].
In tabel 6 worden beide emissienormen voor het elektrisch en magnetisch veld voor het frequentiegebied van 2 kHz tot 400 kHz samengevat.

Tabel 6: MPR II en TCO voor het VLF elektrisch en magnetisch veld van beeldschermen

Veld	Frequentiegebied (kHz)	MPR II	TCO
Elektrisch	2 tot 400	2,5 V/m	1 V/m
Magnetisch	2 tot 400	25 nT	25 nT

De MPR II-waarden zijn vastgelegd op een afstand van 50 cm rondom de monitor. De TCO-waarden zijn vastgelegd op een afstand van 30 cm van de voorkant van de monitor en op 50 cm rondom de monitor, met uitzondering voor het magnetisch veld dat op een afstand van 50 cm van de voorkant van de monitor gemeten wordt.

1.4.2.7 Problematiek rond de 0,4 µT blootstelling

Iedereen, overheid, wetenschappers, belangengroepen en “last but not least” het algemene publiek is tegenwoordig bekommerd om de associatie die zou kunnen bestaan tussen een langdurige blootstelling aan een 50 Hz magnetisch veld van 0,4 µT en kinderleukemie. Wat volgt zet deze bezorgdheid in zijn juiste context.

In 1979 kwamen Wertheimer and Leeper [12] tot het besluit dat kinderen die in de nabijheid van hoogspanningslijnen wonen, en aldus langdurig blootgesteld worden aan het 50 Hz ELF magnetische veld, een verhoogde kans op leukemie hebben. Hierop volgde een groot aantal laboratoriumstudies en epidemiologische onderzoeken naar het mogelijke verband tussen de blootstelling aan het 50 Hz magnetisch veld en kinderleukemie enerzijds en kanker en andere gezondheids- en bio-effecten in het algemeen anderzijds. Het belangrijkste

MPR II is een Zweeds richtlijnendocument opgesteld om de interpretatie van testrapporten te vergemakkelijken. De Zweedse richtlijnen beschreven in MPR II en TCO (TCO is recenter en restrictiever dan MPR II) zijn geen blootstellings- maar emissiewaarden die technisch haalbaar zijn. Het zijn emissierichtlijnen voor de producent opdat de beeldschermemissies niet substantieel zouden bijdragen tot een verhoging van de normale achtergrondbelasting in de bureelomgeving (National Radio Protection Board 1994).

onderzoeksonderwerp van vandaag is nog steeds de 0,4 µT problematiek die voornamelijk ontstond uit de epidemiologische "pooled analyses" van Ahlbom et al. (2000) [13] and Greenland et al. (2000) [14]. Deze auteurs toonden aan dat het relatief risico op leukemie bij kinderen tussen 0 en 15 jaar die aan een 50 Hz magnetisch veld blootgesteld worden dat gelijk of groter is dan gemiddeld 0,4 µT tweemaal groter is dan bij kinderen die aan minder dan 0,4 µT blootgesteld worden. Concreet betekent het relatief risico van 2 (rr = 2) dat jaarlijks 1 tot drie gevallen van kinderleukemie per 100 000 kinderen, die gemiddeld aan 0,4 µT blootgesteld worden, bijkomen. Ter vergelijking kunnen we aanhalen dat het relatief risico van rokers op longkanker vijftien (rr = 15) bedraagt.
Voor wat het risico in Vlaanderen betreft, werd berekend dat langdurige blootstellingen van kinderen tussen 0 en 15 jaar, die wonen binnen de 0,4 µT contouren van hoogspanningslijnen, om de 2 jaar 1 bijkomend geval van kinderleukemie opleveren [15].

De resultaten van de epidemiologische studies hebben niet alleen het debat rond deze problematiek versterkt, maar zij vormden tevens de grondslag voor het "International Agency for Research on Cancer (IARC)" om in 2002 de 50 Hz elektromagnetische velden als "mogelijk kankerverwekkend" te klasseren [16].
Om alle verwarring en misverstanden te vermijden, wordt er echter op gewezen dat 0,4 µT geen drempelwaarde is van een blootstellingsnorm of –richtlijn. Het is een zogenaamde epidemiologische scheidingswaarde (epidemiological cut-off point) waarmee in de statistiek een onderscheid wordt gemaakt tussen een controlegroep waarvan de individuele blootstelling kleiner is dan 0,4 µT en een blootgestelde groep waarvan de blootstelling groter is dan 0,4 µT.

Aangezien dit rapport geen betrekking heeft op langdurige residentiële blootstellingen van kinderen aan het 50 Hz magnetisch veld van o.a. hoogspanningslijnen, zullen noch de besluiten noch de aanbevelingen gebaseerd zijn op de vergelijking van de meetresultaten met deze 0,4 µT waarde. Het hoofdstuk is immers louter informatief en de 0,4 µT problematiek zal in het verdere verloop van dit rapport niet meer aangehaald worden.

1.4.2.8 Interferentie met pacemakers

Omdat pacemakers, ferromagnetische of andere elektronische implantaten gevoelig zijn voor elektromagnetische velden (EMV-en) kan hun normale werking erdoor verstoord worden.

De aandacht van de interferentieproblematiek tussen EMV-en en elektronische implantaten is hoofdzakelijk toegespitst op de storingen die hoofdzakelijk bij oudere pacemakersmodellen kunnen optreden. Sinds 1992 dragen meer dan 1,5 miljoen mensen een pacemaker en jaarlijks neemt dit aantal met ongeveer 100.000 eenheden toe [17].

Onder normale omstandigheden wordt de hartslag geregeld door de sinoatriale knoop die de natuurlijke pacemaker is die zich bovenin de rechter hartkamer bevindt. Bij disfunctie ervan wordt een kunstmatige pacemaker geïmplanteerd die gelijkaardige pulsen opwekt als de natuurlijke pulsen. Ofschoon er twee soorten pacemakers bestaan – (1) niet-synchrone of autonome pacemakers en (2) wel sensing, non-comparative of demand pacemaker – wordt het laatste type het meest gebruikt.

EMV-en kunnen op twee verschillende manieren met een pacemaker interfereren:

1. directe invloed op de circuits in de pacemakers
2. indirecte invloed door inductie van stroompjes in de katheterdraad

Er werd aangetoond dat vooral EMV-en met een frequentie lager dan 200 MHz een indirecte invloed hebben op pacemakers. De katheterdraad werkt als antenne en veroorzaakt stroompjes in de pacemaker die de werking ervan kunnen verstoren. Het aanbrengen van filters kan deze storingen voorkomen.

Betreffende de interferentie tussen het statisch magnetisch veld en pacemakers, ferromagnetische of andere elektronische implantaten verwijzen we naar de ICNIRP-richtlijn van 1994 (tabel 4).

Volgens de IRPA/INIRC richtlijnen van 1990 [18], die tevens verwijzen naar UNEP/WHO/IRPA van 1987 [19] zou de interferentiedrempel van het 50 Hz ELF magnetische veld met pacemakers tussen 100 µT en 200 µT liggen. IRPA merkt op dat de kans zeer klein is dat een magnetisch veld kleiner dan deze drempel de functie van pacemakers kan storen. Met meer moderne pacemakers wordt de kans op interferentie steeds kleiner.
Voor wat het 50 Hz elektrisch veld betreft, werd beneden de 2,5 kV/m geen interferentie met pacemakers in de literatuur beschreven [18, 20].

In de Duitse voornorm DIN VDE 0848 [28] worden RF-blootstellingsnormen geformuleerd die betrekking hebben op pacemakers die voor 1990 gemaakt werden. Sinds 15 januari 1996 is de Europese norm EN 50061/A1 “Veiligheid van geïmplanteerde pacemakers” [22] van kracht. Alle pacemakers die na deze datum geïmplanteerd zijn, moeten aan deze norm voldoen. De grenswaarden van beide normen worden in tabel 7 vermeld.

Tabel 7: Blootstellingslimieten voor dragers van pacemakers [17]

Frequentie (MHz)	Blootstellingslimiet (V/m)	
	Voornorm DIN VDE	EN50061/A
0,5	26,4	587
1	19,7	587
2	14,3	587
10	8,8	470
20	5,0	235
30	1,2	156

De CENELEC werkgroep TC106X/DE0025/NP [23] ontwikkelde een reeks formules ter bescherming van dragers van medische implantaten in het frequentiegebied van 0 Hz – 300 GHz. In de tabellen van 8a tot 8d worden de formules gegeven om te berekenen of de de gemeten piekvelden (linker deel van de formule) een drempelwaarde overschrijden waardoor interferentie kan optreden tussen het elektrisch en magnetisch veld en verschillende soorten pacemakers. De interferentiedrempel is afhankelijk van het frequentiegebied van het gemeten veld.

Tabel 8a - 8d: Formules om de mogelijkheid op interferentie te berekenen i.f.v. de pacemaker en de sterkte en de frequentie van het E- en H-veld

8a) Peak field strengths E and H for protecting persons with cardiac pacemakers of category 0 (adequately immune) during unipolar sensing: 16 Hz ≤ f < 1000 Hz $\max\left[\frac{\lvert H(t)\rvert}{\lvert 1\,A/m\rvert}+\frac{\lvert E(t)\rvert}{\lvert 80\,V/m\rvert}\right]\leq\frac{5{,}6kHz}{f}$	8b) Peak field strengths E and H for protecting persons with cardiac pacemakers of category 0 (adequately immune) during bipolar sensing 16 Hz ≤ f < 1000 Hz $\max\left[\frac{\lvert H(t)\rvert}{\lvert 1\,A/m\rvert}+\frac{\lvert E(t)\rvert}{\lvert 80\,V/m\rvert}\right]\leq\frac{11{,}8kHz}{f}$
8c) Peak field strengths E and H for protecting persons with cardiac pacemakers of category 1 (partially immune) during unipolar sensing 24 Hz ≤ f < 120 Hz $\max\left[\frac{\lvert H(t)\rvert}{\lvert 1\,A/m\rvert}+\frac{\lvert E(t)\rvert}{\lvert 80\,V/m\rvert}\right]\leq 25{,}7\frac{120Hz}{f}$	8d) Peak field strengths E and H for protecting persons with cardiac pacemakers of category 1 (partially immune) during bipolar sensing 24 Hz ≤ f < 120 Hz $\max\left[\frac{\lvert H(t)\rvert}{\lvert 1\,A/m\rvert}+\frac{\lvert E(t)\rvert}{\lvert 80\,V/m\rvert}\right]\leq 54\frac{120Hz}{f}$

Legende:

Persons with a cardiac pacemaker of category 0 (adequately immune) should be allowed to move freely in all areas with public access, in which the field does not exceed the Council Recommendation 1999/519/EC according to the German edict 26. BImSchV. For these entire areas malfunction can be excluded for bipolar sensing cardiac pacemakers of category 0. In case of unipolar sensing, fields below 1 kHz may switch the cardiac pacemaker to asynchronous pacing (noise mode).

Persons with a cardiac pacemaker of category 1 (partially immune) should be allowed to move freely in all areas with public access, which are not disclosed by appropriate means. For these entire areas malfunction can be excluded for bipolar sensing cardiac pacemakers of category 1. In case of unipolar sensing, the cardiac pacemaker may switch to asynchronous pacing (noise mode).

2 MEETRESULTATEN

Om een beter inzicht te krijgen in de fysische basiskenmerken van de elektromagnetische velden en om aldus de meetresultaten beter in hun context te kunnen plaatsen, verwijzen we graag naar hoofdstuk 2 van het reeds gepubliceerde eerste deel van het eindrapport van deze LNE-studie: Inventarisatie van blootstellingsniveaus van niet-ioniserende elektromagnetische straling voor de bevolking in Vlaanderen [1] en naar de publicaties met de referentie [24] en [25].

Omdat de bevolking op de eerste plaats belang stelt in de blootstelling van de locatie waarin ze zich bevindt en op de tweede plaats in het soort elektromagnetische veld, worden de resultaten in eerste orde ingedeeld per locatie en dan per gemeten veldtype:

(1) Statische velden;
(2) Extreem lage frequentievelden (ELF);
(3) Intermediaire frequentievelden (IF);
(4) Radiofrequentievelden (RF).

2.1 Elektromagnetische velden in elektrozaken en grootwarenhuizen

2.1.1 Statisch magnetisch veld

Wanneer het statisch magnetisch veld (H-veld in A/m) (frequentie 0 Hz) aanwezig is in een middenstof, zoals bijvoorbeeld lucht, wordt er rekening gehouden met de magnetische eigenschappen van deze middenstof en spreekt men van magnetische fluxdichtheid (B-veld). Omdat de blootstelling van de mens, in de locatie waar gemeten werd, via lucht gebeurt, wordt niet het H- maar het B-veld gemeten. Dit veld wordt uitgedrukt in tesla (T) of een subeenheid ervan, meestal wordt het uitgedrukt in millitesla (mT) of microtesla (µT).

2.1.1.1 Bronnen

Het B-veld waaraan de winkelende bevolking in deze zaken kan blootgesteld worden, wordt gegenereerd door luidsprekers van hi-fi ketens en de magneten van de identificatieplaatjes van de desactiveerders[4] van de elektronische artikelbewakingssystemen.

2.1.1.2 Materiaal en methode

Het statisch B-veld werd gemeten door middel van ETM-1 3-axis Hall magnetometer van METROLAB Instruments SA. De specificaties van het meetinstrument worden in tabel B1 van bijlage 6.1.1 samengevat.

Figuur 2 en 3 tonen hoe het statisch B-veld van beide bronnen gemeten werd.

[4] De derde component van de elektronische artikelbewakingssystemen zijn de inactiveerders die de werking van de identificatieplaatjes neutraliseren. De inactiveerders genereren een gelijkspannings of wisselspannings magnetisch veld.

Figuur 2: meten van het statisch B-veld bij een desactiveermagneet van een artikel-bewakingssysteem

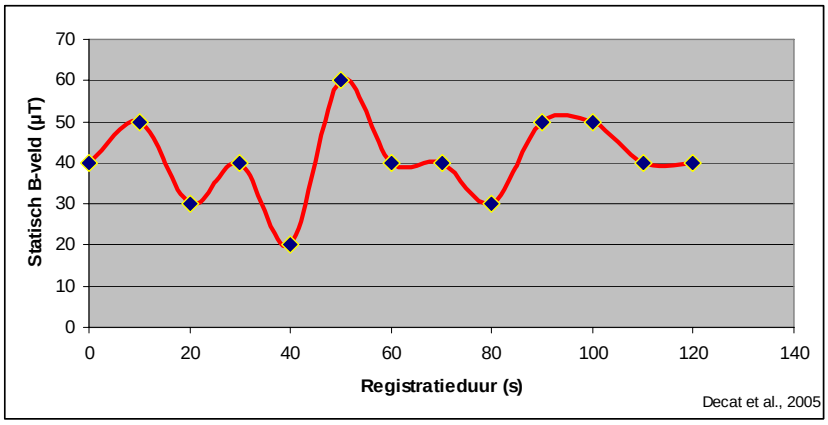
Figuur 3: meten van het statisch B-veld bij een luidspreker (B&W 705 50 - 120 W 8 Ohm) van een wi-fi keten

Bij figuur 2 valt op te merken dat het magnetische desactiveersysteem zich aan de kant van de kassier(ster) bevindt en het systeem door de betaaldesk van de betalende klant gescheiden is.
Voor beide bronnen werd het B-veld bepaald op verschillende afstanden van de bron. Bovendien werd de ruimtelijke verdeling van het B-veld, dat eventueel zou kunnen geproduceerd worden door niet zichtbare bronnen, gecontroleerd op verschillende punten van de betrokken locatie. De meethoogte was telkens 1 m.

2.1.1.3 Resultaten

a) Natuurlijk statisch magnetisch veld

Figuur 4 toont dat de fluxdichtheid van het natuurlijk statisch magnetisch veld (B-veld) schommelt rond de 40 µT (0,04 mT).



Figuur 4: Verdeling van het natuurlijk statisch B-veld i.f.v. de tijd

De gemiddelde background die over een periode van twee minuten geregistreerd werd, bedroeg (41 ± 10)µT. Dit komt overeen met de backgroundwaarde die voor onze streken in de literatuur vermeld wordt.

2.1.1.3.1 b) Statisch magnetisch inductieveld (B-veld) in een elektrozaak

De belangrijkste bronnen van het B-veld in de elektrozaken zijn de luidsprekers van de Hi-Fi ketens. Tabel 9 geeft de sterkte van het B-veld dat in een elektrozaak op verschillende afstanden van 10 luidsprekers van verschillende merken en met verschillende vermogens (P in Watt) gemeten werd. Noteer dat de merken niet vernoemd worden.

Tabel 9 : B-veld van 10 luidsprekers in functie van het vermogen (P) en de afstand

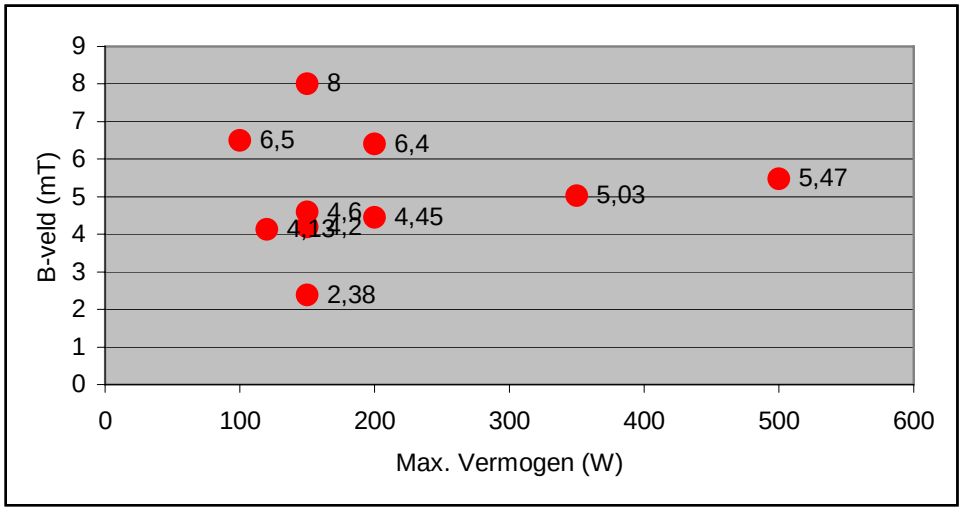
ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
P(W)	100	150	120	200	150	150	200	150	500	350	Gem. ± St. dev.
Afstand (cm)	**B-veld (mT)**										
0	6,50	8,00	4,13	4,45	4,60	2,38	6,40	4,20	5,47	5,03	5,12 ± 1,48
5	0,25	1,64	1,02	0,90	0,16	0,61	1,60	1,14	2,00	0,40	0,97± 0,60
10	0,08	0,66	0,50	0,42	0,06	0,28	0,45	0,60	0,86	0,12	0,40± 0,25
20	0,08	0,24	0,19	0,16	0,05	0,16	0,18	0,28	0,35	0,09	0,18± 0,09
30	0,08	0,13	0,10	0,06	0,05	0,08	0,08	0,12	0,19	0,09	0,10± 0,04
40	0,08	0,13	0,08	0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,14	0,09	0,08± 0,03

- Gem. ± St. dev.: gemiddelde ± standaarddeviatie
- gele inkleuring: B-veld ≥ interferentieniveau van 0,5 mT

Uit deze tabel leiden we enerzijds af dat het B-veld gemeten op de voorkant van de luidspreker (0 cm) varieert van 2.38 tot 8 mT met een gemiddelde veldsterkte van 5,12 mT. Anderzijds neemt de veldsterkte zeer sterk af met de afstand. Worden de meetwaarden vergeleken met de blootstellingslimiet van de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5), die aanbeveelt dat niet-dragers van pacemakers of andere elektronische of ferromagnetische implantaten doorlopend mogen blootgesteld worden aan 40 mT, valt er naar gezondheidseffecten toe niets te vrezen.
Wordt echter rekening gehouden met het mogelijke optreden van kwetsuren en/of interferenties met pacemakers en andere elektronische implantaten dan moeten de gemeten veldsterkten vergeleken worden met de ICNIRP-richtlijn van 1994 (tabel 4). Deze richtlijn schrijft voor dat vanaf een veldsterkte van 3 mT metalen voorwerpen, die met kracht uit bijvoorbeeld zakken van personen getrokken werden, kwetsuren kunnen veroorzaken. Bovendien kan vanaf een B-veld van 0,5 mT interferentie optreden met pacemakers en andere elektronische of ferromagnetische implantaten. Ofschoon nergens in de literatuur melding gemaakt wordt van kwetsuren die veroorzaakt werden door vliegende metalen objecten nabij luidsprekers noch van interferentie met pacemakers wordt op basis van het voorzorgsprincipe aanbevolen dat dragers van pacemakers of andere elektronische implantaten de luidsprekers best niet tegen hun borst dragen. Kwetsuren kunnen altijd vermeden worden door met metalen voorwerpen niet te dicht bij de luidsprekers te komen.
Op de plaats waar de luidsprekers staan, kan voorzichtigheidshalve een waarschuwingspictogram (zie bijlage 6.2.1) aangebracht worden om dragers van pacemakers er op te wijzen dat het statisch magnetisch veld hun pacemaker zou kunnen

verstoren indien ze te dicht bij de luidsprekers komen. Dragers van pacemakers transporteren ook best geen luidsprekers.

Figuur 5 toont aan dat er geen correlatie bestaat tussen het nominaal vermogen van de luidsprekers en de grootte van het statisch B-veld.



(Bron: Decat et al., 2006)

Figuur 5: Vermogen van luidsprekers versus statisch B-veld

2.1.1.3.2 c) Statisch magnetisch inductieveld (B-veld) in de grootwarenhuizen

Tabel 10 geeft de minimale, gemiddelde en maximale sterkte van het B-veld in de respectievelijke grootwarenhuizen weer.

Tabel 10: Globale verdeling van het B-veld in grootwarenhuizen

Elektrozaak / grootwarenhuis	B-veld (mT)		
	Minimum	Gemiddeld	Maximum
Carrefour - Kuringen	0,07	0,13	0,20
Delhaize - Hasselt	0,04	0,054	0,07
Delhaize - Keerbergen	0,04	0,07	0,11
Eldi - Geel	0,05	0,07	0,09
Selexion - Electro Comfort Center - Mol	0,04	0,07	0,11
Super GB - Mol	0,06	0,13	0,22
Super GB partner (Alma) - Mol	0,07	0,14	0,28
Gemiddelde	0,05	0,09	0,15
Standaarddeviatie	0,01	0,04	0,08

Het belangrijkste dat uit de tabel afgeleid wordt, is dat de maximale veldsterkte in de ruimte van al deze locaties varieert van 0,07 mT tot 0,28 mT met een gemiddelde van (0,15 ± 0,08) mT.Uitgaande van het gemiddelde van de maximale waarden, de standaardafwijking en het

aantal elektrozaken (steekproefgrootte) kunnen we met een zekerheid van 95 % stellen dat de gemiddelde maximale ruimtelijke blootstelling aan het statisch B-veld in grootwarenhuizen tussen 0,09 mT en 0,2 mT ligt. Dit is hoger dan de backgroundwaarde in open ruimte, maar veel lager dan de maximale blootstellingslimiet (40 mT) die door de ICNIRP-richtlijn van 1994 (zie tabel 4) voor de algemene bevolking aanbevolen wordt. Hier zijn dus geen bijkomende aanbevelingen nodig.

- Statisch magnetisch inductieveld (B-veld) van magnetische desactiveerders

De sterkte van het statisch B-veld werd zowel gemeten in de richting van de klant als in de richting van de kassier(ster).

Tabel 11 geeft een overzicht van de verdeling van het statisch B-veld in de richting van de kassier(ster).

Tabel 11: B-veld van magneet van desactiveerders in de richting van de kassier(ster)

Afstand (cm)	B-veld (mT)					
	Super GB Partner Alma Mol	Carrefour Kuringen	Carrefour Edegem	Delhaize Keerbergen	Carrefour Kuringen	Carrefour Kuringen
0	19,00	130,00	95,00	39,00	450,00	20,50
5	0,70	md	0,90	1,00	md	md
10	0,20	0,80	0,10	0,10	0,50	0,20
20	0,05	md	0,04	0,04	0,10	0,04
30	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

md = missing data
0,04 mT = backgroundniveau

Het maximale B-veld dat bovenop de magneten gevonden werd, varieerde van 19 mT tot 450 mT. Op 20 cm van de magneet richting kassierster was het magnetisch veld terug op backgroundniveau (0,04 – 0,05 mT).

De sterkte van het statisch B-veld ter hoogte van de klant was in alle grootwarenhuizen gelijk aan het backgroundniveau van 40 µT (0,04 mT). Dit houdt in dat de algemene bevolking niet blootgesteld wordt aan een statisch magnetisch inductieveld dat geproduceerd wordt door de magneet van de desactiveerders.

d) Besluit en aanbevelingen betreffende het statisch magnetisch veld in grootwarenhuizen en elektrozaken

Uit de meetgegevens blijkt dat de globale sterkte van het statisch magnetisch veld in de elektrozaken en de grootwarenhuizen veel kleiner is dan de blootstellingslimiet van 40 mT waaraan niet-dragers van pacemakers en andere elektronische of ferromagnetische implantaten doorlopend mogen blootgesteld worden. Dit besluit geldt ook voor de blootstelling in de onmiddellijke omgeving van luidsprekers waar men nochtans moet

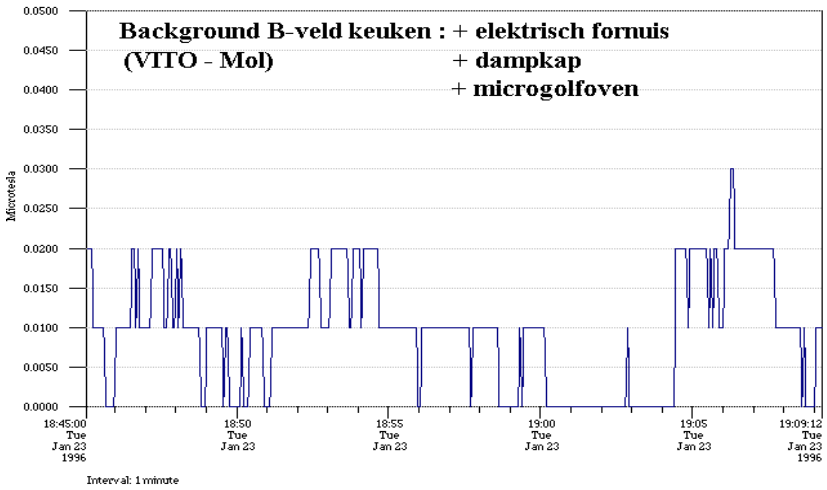
oppassen om eventueel gekwetst te worden door vliegende metalen objecten die door het relatief sterke magnetische veld met kracht kunnen aangetrokken worden. Aangezien de sterkte van het magnetisch veld binnen een afstand van 10 cm de 0,5 mT interferentiedrempel overschrijdt, wordt aanbevolen dat dragers van pacemakers niet te dicht bij luidsprekers mogen komen en deze tijdens het transporteren best niet tegen hun borst houden. Uit voorzorg zou een waarschuwingspictogram met deze boodschap kunnen aangebracht worden in elektrozaken of elektro-afdelingen van grootwarenhuizen. Er moet nochtans nadrukkelijk op gewezen worden dat in de literatuur noch kwetsuren noch interferentieproblemen met luidsprekers vermeld werden.

2.1.2 Extreem laag frequentie (ELF) magnetisch veld

Om dezelfde reden als bij het statisch veld wordt bij het ELF magnetisch veld (frequentiegebied 30 – 300 Hz) de magnetische fluxdichtheid (B-veld) gemeten die meestal uitgedrukt wordt in microtesla (µT).

2.1.2.1 Natuurlijke ELF magnetische fluxdichtheid (B-veld)

In een gebied zonder elektriciteitsvoorzieningen schommelt de grootte van het natuurlijk ELF B-veld rond 10^{-6} µT [19]. Aangezien elektriciteit een belangrijk deel uitmaakt van onze samenleving en overal onder de ene of andere vorm aanwezig is, wordt meestal een background gemeten van een paar honderdsten van een microtesla (0,02 µT). Figuur 6 illustreert de background van het ELF B-veld dat in het midden van de keuken (met uit en in werking gestelde apparaten) van een woning, die ver van alle elektriciteitsvoorzieningen gelegen is, geregistreerd werd in het frequentiegebied van 40 – 1000 Hz.



Figuur 6: Registratie van het ELF B-veld in de keuken van een woning

Het verloop van het B-veld in de tijd toont aan dat het backgroundniveau aan de tafel, die zich in het midden van de keuken bevindt en waar de personen het langst verblijven (eten,

maken van huiswerk of andere activiteiten), niet substantieel beïnvloed wordt door het in werking stellen van keukenapparatuur.

2.1.2.2 Bronnen

De belangrijkste bronnen van het ELF B-veld in de elektrozaken en grootwarenhuizen zijn elektrische leidingen in vloeren, wanden en plafonds en de in werking gestelde elektrische apparaten, koelinstallaties en transformatoren.

2.1.2.3 Materiaal en methode

Het B-veld werd gemeten door middel van de meetinstrumenten waarvan de specificaties in de tabellen B2 tot en met B5 van bijlage 6.1.2 samengevat worden.

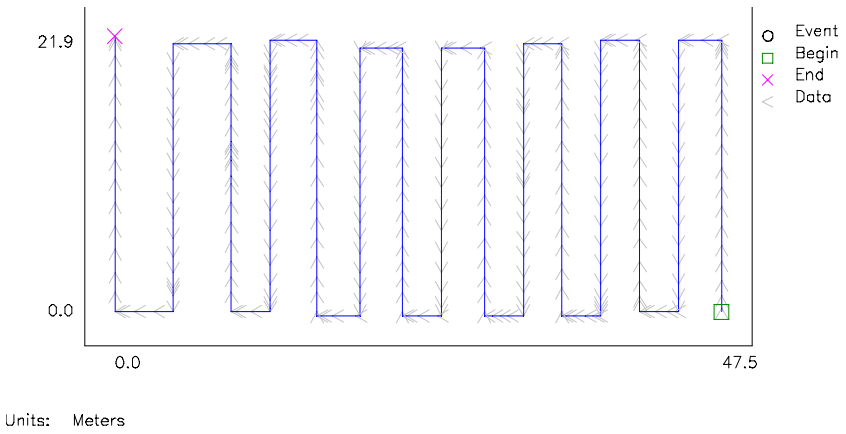
Figuur 7 toont hoe het ELF B-veld (30 – 1000 Hz; meetinterval 1,5 s) van de locatie door middel van het mobiel Linear Data Acquisition systeem (LINDA-Wheel) in kaart wordt gebracht (3D-mapping).

Figuur 7: 3D- karteren van het ELF B-veld in een grootwarenhuis

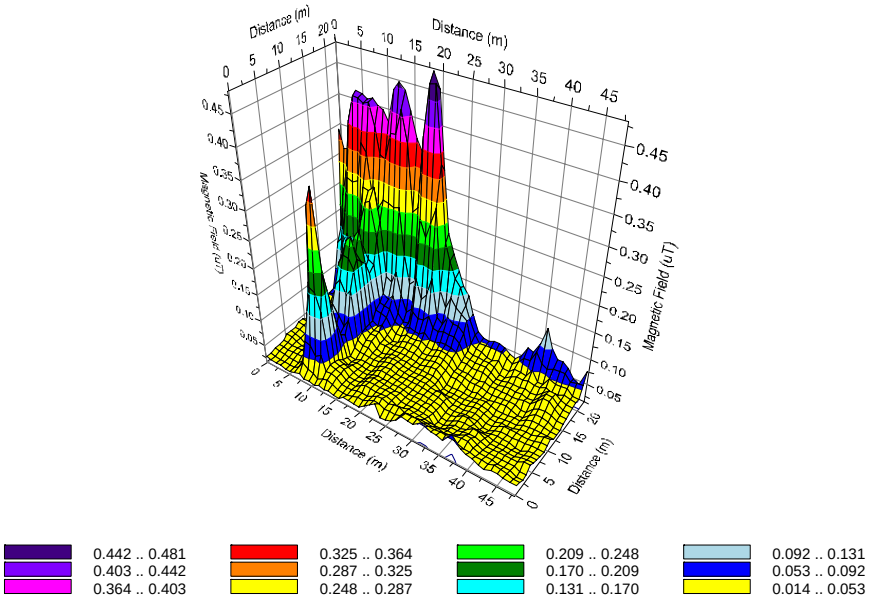
2.1.2.4 Meetresultaten

2.1.2.4.1 a) Verdeling van het ELF B-veld in de elektrozaken en grootwarenhuizen

De figuren 8 en 9 tonen respectievelijk het afgelegde parcours en de 3D-kaart van het B-veld dat in een grootwarenhuis bekomen werd.



Figuur 8: Afgelegd parcours voor het karteren van het ELF B-veld in een grootwarenhuis



Figuur 9: Drie dimensionele verdeling van het ELF B-veld in een grootwarenhuis

Uit deze figuur blijkt dat de maximale veldsterkte slechts 0,5 µT bedraagt. Dergelijke kaarten werden voor alle elektrozaken/grootwarenhuizen opgesteld en vertonen allen ongeveer hetzelfde profiel.

2.1.2.4.2 b) Blootstellingsstatistieken van het ELF B-veld in de elektrozaken en grootwarenhuizen

In tabel 12 wordt een samenvatting gegeven van de sterkte van het B-veld dat in de verschillende locaties gemeten werd.

Tabel 12: Statistieken van het B-veld in verschillende elektrozaken en grootwarenhuizen

Elektrozaak / grootwarenhuis	ELF B-veld (µT)			
	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Mediaan
Carrefour - Kuringen	0,070	0,250	0,080	0,170
Carrefour - Edegem	0,020	0,230	0,050	0,040
Delhaize - Hasselt	0,010	0,450	0,050	0,040
Delhaize - Keerbergen	0,030	0,750	0,300	0,240
Eldi - Geel	0,005	0,500	0,050	0,050
Electromic - Geel	0,005	0,220	0,040	0,030
Selexion Electro Comfort Center - Mol	0,040	0,280	0,100	0,080
Super GB - Mol	0,020	0,280	0,070	0,040
Super GB partner (Alma) - Mol	0,010	0,100	0,030	0,030
Gemiddelde	0,020	0,340	0,080	0,080
Standaarddeviatie	0,020	0,200	0,080	0,070

Het belangrijkste dat uit deze tabel afgeleid kan worden, is dat de maximale en gemiddelde maximale veldsterkte 0,75 µT en 0,34 µT bedragen. Met een zekerheid van 95 % kunnen we stellen dat de gemiddelde maximale veldsterkte tussen 0,32 µT en 0,36 µT ligt. Er is een kans van 5 % dat we ons met deze uitspraak vergissen.
Bij vergelijking van de meetwaarden van tabel 12 met de maximale blootstellingslimiet van 100 µT waaraan het algemene publiek volgens de ICNIRP–richtlijn van 1998 (tabel 5) gedurende 24 uren per dag mag blootgesteld worden, stellen we vast dat zelfs de hoogst gevonden waarde (0,75 µT) meer dan 100 keer kleiner is dan deze limiet. Tevens liggen alle meetwaarden onder de interferentiedrempel die voor het ELF B-veld 200 µT bedraagt (noteer dat dit voor het statisch B-veld 500 µT bedraagt).

2.1.2.5 Besluit en aanbevelingen betreffende het ELF magnetisch veld in grootwarenhuizen en elektrozaken

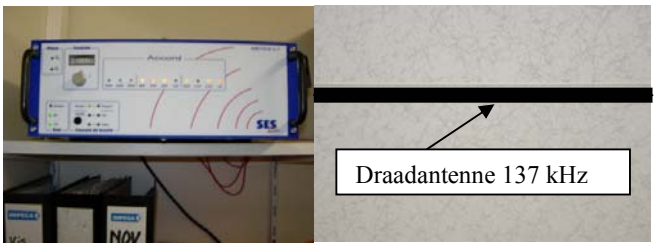
Tijdens het winkelen in elektrozaken en grootwarenhuizen worden klanten, die al dan niet drager zijn van een pacemaker of een ander elektronisch implantaat, blootgesteld aan een zwak ELF magnetisch veld. In termen van blootstellingsrichtlijnen vormt dit geen enkel probleem voor de gezondheid van de mens. Bijgevolg zijn geen bijkomende aanbevelingen nodig. Het globale ELF elektrisch veld is in deze zaken verwaarloosbaar klein: dit is de eerste reden waarom hier niet op ingegaan werd, de tweede reden is dat gezondheidsproblematiek uitsluitend rond het ELF magnetisch draait.

2.1.3 Intermediaire frequenties (IF)

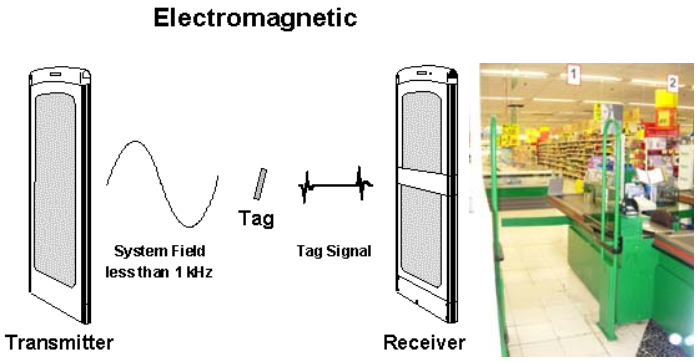
Het frequentiegebied van de intermediaire frequentiebronnen ligt tussen 300 Hz en 10 MHz en worden hoofdzakelijk toegepast in de antidiefstalsystemen (EAS of “Electronic Article Surveillance” en RFID of “Radiofrequency Identification Devices”). Meer informatie hierover wordt gevonden in hoofdstuk 5.3 van deel 1 van dit onderzoek (zie referentie [1]).

2.1.3.1 IF-bronnen

De IF-bronnen waarvan het elektrisch en magnetisch veld in het kader van dit project in de grootwarenhuizen gemeten werden zijn:
- draadantenne (137 kHz) voor elektronische prijsaanpassing in de grootwarenhuizen (fig. 10)
- doorwandelantidiefstalpoorten (fig. 11)



Figuur 10: Installatie en draadantenne (137 kHz) voor elektronische prijsaanpassing in grootwarenhuis



Figuur 11: Doorwandelantidiefstalpoorten aan kassa's en inkomgedeelte van grootwarenhuis

2.1.3.2 Materiaal en methode

De IF-velden werden gemeten door middel van de PMM-uitrusting (met aangepaste meetsondes) voor het kHz en het MHz gebied. De specificaties van de gebruikte PMM-uitrusting worden in de tabellen B6 - B8 van bijlage 6.1.3 weergegeven.

- Meten van draadantenne voor automatische prijsaanpassing (137 kHz)

De draadantenne hangt een viertal meter boven de vloer van de Carrefour-supermarkt in Edegem. De antenne snijdt de supermarkt in de W-O-richting. Het IF elektrisch en magnetisch veld werden gemeten op persoonshoogte.

- Meten van artikelbewakingssyteem: antidiefstaldoorwandelpoorten

De metingen van deze systemen aan de kassa's gebeurden op 3 verschillende hoogtes, namelijk op 15 cm, 85 cm en 150 cm.
Omdat volgens de literatuur de meeste van deze systemen in het kHz-gebied werken, werden het elektrisch en magnetisch veld breedbandig in het 1,2 tot 100 kHz gebied gemeten.

2.1.3.3 Meetresultaten

- Draadantenne voor automatische prijsaanpassing (137 kHz)

Het elektrisch en magnetisch veld die door middel van de PMM 8053 met breedband EP-44 M sonde (0,1 – 800 MHz) op persoonshoogte gemeten werden, worden in tabel 13 samengevat.

Tabel 13: Elektrisch (E-veld) en magnetisch veld (B-veld) van automatisch beveiligingssysteem

E-veld (V/m)	B-veld (nT)
0,2	2

Zowel het waargenomen E-veld als B-veld zijn merkelijk lager dan respectievelijk de 87 V/m en 6,25 µT die bij een frequentie van 137 kHz door de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) als maximale blootstellingslimiet aanbevolen worden.

- Artikelbewakingssysteem: antidiefstaldoorwandelpoorten

Tabellen 14 en 15 geven respectievelijk het magnetisch (B-veld) en elektrisch veld (E-veld) weer die bij doorwandelpoorten van verschillende grootwarenhuizen gemeten werden.

Tabel 14: B-veld van doorwandelpoorten in grootwarenhuizen

Elektrozaak/Grootwarenhuis	Meethoogte (cm)	B-veld (µT)		
		Minimum	Maximum	Gemiddelde
S. Olivier - Mol	15	0,25	0,27	0,26
	85	0,25	0,27	0,26
	150	0,25	0,27	0,26
Thema Boetiek - Mol	15	0,26	0,28	0,27
	85	0,25	0,27	0,27
	150	0,13	0,36	0,27
Free Record Shop Belgium - Mol	15	0,26	8,21	4,37
	85	0,25	14,04	5,43
	150	0,27	8,62	3,63
Super GB Partner Alma - Mol	15	0,24	0,28	0,26
	85	0,24	0,28	0,26
	150	0,25	0,28	0,26
Algemeen gemiddelde	15	0,25	2,26	1,30
	85	0,25	3,71	1,56
	150	0,22	2,38	1,11

Tabel 14 toont dat de maximale B-veldsterkte varieert van ongeveer 0,3 µT tot 14 µT. De gemiddelde maximale veldsterkte die de hoogste waarde aanneemt op een hoogte van 85 cm bedraagt 3,7 µT. Omdat wij niet over de technische specificaties van deze poorten konden beschikken en bijgevolg ook niet over de werkingsfrequentie ervan, werd de frequentieband tussen 0,8 kHz en 3 kHz van de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) als referentie gebruikt voor het vergelijken van de meetgegevens. De blootstellingswaarde die overeenstemt met deze band en waaraan de algemene bevolking doorlopend mag blootgesteld worden ,bedraagt 6,25 µT. Daar alle gemiddelde waarden die in het gebied van 1,2 – 100 kHz gemeten werden (tabel 14) kleiner zijn dan 6,25 µT vormen deze poorten geen probleem voor de gezondheid van de mens. Ofschoon de maximale waarde die in één van de zaken gemeten werd 14,04 µT bedraagt, kan dit niet als risicovol beschouwd worden: het gaat hier immers om een ogenblikkelijke blootstelling die gelijk is aan de tijd dat men door de poort wandelt. In de veronderstelling dat de blootstelling aan 14,04 µT 2 seconden bedraagt, zou de doorlopende blootstelling uitgemiddeld over 24 uur slechts 0,32 nT (nanotesla) bedragen. Dit is verwaarloosbaar t.o.v. 6,25 µT (microtesla). Voor wat de maximale ogenblikkelijke blootstelling betreft, moet echter onderlijnd worden dat in geen enkel ICNIRP-document een IF-drempelwaarde beschreven wordt om eventuele interferentie met pacemakers en andere elektronische of ferromagnetische implantaten te vermijden. Bovendien werd in de literatuur geen enkel geval van dergelijke interferentie vermeld.

Tabel 15: E-veld van doorwandelpoorten in grootwarenhuizen

Elektrozaak / grootwarenhuis	Hoogte (cm)	Elektrisch veld (V/m)		
		Minimum	Maximum	Gemiddelde
S Olivier - Mol	0,15	0,600	0,700	0,600
	85	0,600	0,700	0,600
	150	0,600	0,700	0,700
Thema Boetiek – Mol Gateway CE0402	0,15	0,400	0,800	0,600
	85	0,600	0,700	0,600
	150	0,500	0,800	0,600
Free Record Shop Belgium - Mol	0,15	0,600	4,700	2,300
	85	0,600	5,400	2,300
	150	0,600	4,600	2,200
Super GB Partner Alma – Mol Checkpoint model TX ANT	0,15	0,150	0,601	0,816
	85	0,609	0,800	0,766
	150	0,773	0,773	0,933
Algemeen gemiddelde	0,15	0,438	1,700	1,079
	85	0,650	1,852	1,066
	150	0,825	1,718	1,108

Tabel 15 toont dat de maximale E-veldsterkte varieert van ongeveer 0,6 V/m tot 5,4 V/m. De gemiddelde maximale veldsterkte die de hoogste waarde aanneemt op een hoogte van 150 cm bedraagt 1,718 V/m. Hierbij gelden dezelfde opmerkingen als bij het magnetisch veld, maar met dit verschil dat de ICNIRP (1998) doorlopende limietwaarde van het elektrisch veld 5,06[5] V/m bedraagt. Het gemiddelde E-veld dat in alle zaken geobserveerd werd, is substantieel kleiner dan 5,06 V/m en vormt bijgevolg geen risico voor de klant.

2.1.3.4 Besluit en aanbevelingen betreffende de intermediaire frequentievelden (IF-velden) in grootwarenhuizen en elektrozaken

Noch de IF-velden van de draadantennes voor de automatische prijsaanpassing noch die van de antidiefstaldoorwandelpoorten vormen op basis van de ICNIRP-aanbevelingen van 1998 enig risico voor de gezondheid van de mens. In de literatuur werden geen gevallen beschreven van interferentie met IF-velden van beide systemen en pacemakers of andere elektronische of ferromagnetische implantaten. Er zijn geen bijkomende aanbevelingen nodig.

2.1.4 Very Low Frequency (VLF) velden van beeldschermen van TV's

2.1.4.1 Inleiding

Ofschoon de VLF-velden (2 – 300 kHz) ondergebracht kunnen worden in het domein van de intermediaire frequenties (300 Hz – 10 MHz) worden zij meestal geassocieerd met beeldschermen van PC en TV en vaak apart behandeld.

[5] De limietwaarde van 5,06 V/m werd berekend volgens [0,25/f in kV/m] waarbij voor f de middelste frequentie van 1,2 kHz en 100 kHz zijnde 49,4 kHz, genomen werd: 0,00506 = 0,25/[(100-1,2)/2] in kV/m

Grootwarenhuizen en elektrozaken hebben vaak allebei uitstalruimtes (fig. 12) waarbij de klant voor het kiezen van een TV op 30 tot 50 cm van het scherm komt te staan.

Figuur 12: Uitstalruimte van TV's in elektrozaak

Het doel van deze metingen is na te gaan welke de blootstelling is van de klant aan het elektrisch (E-veld) en het magnetisch inductieveld (B-veld) in dergelijke uitstalruimtes.

2.1.4.2 Materiaal en methode

De specificaties van het meetinstrument waarmee de VLF elektrische en magnetische velden van de beeldschermen gemeten werden, worden weergegeven in tabel B10 van bijlage 6.1.4.

Het elektrisch en magnetisch veld die door de beeldschermen in de uitstalruimte geproduceerd worden, werden gemeten op een afstand van respectievelijk 30 cm en 50 cm van de beeldschermen van 17 verschillende TV-types. Door beide velden op deze afstanden te meten, kunnen de respectievelijke veldsterkten vergeleken worden met de Zweedse MPR II- en TCO-emissienormen van PC-beeldschermen.

2.1.4.3 Meetresultaten

Tabel 16 geeft een samenvatting van de VLF-velden die nabij de beeldschermen van verschillende types van TV-toestellen gemeten werden.

Tabel 16: *VLF elektrisch (E-veld) en magnetisch veld (B-veld) van verschillende merken en types beeldschermen*

CRT schermen:		Meetafstand	E veld (V/m)	B-veld (nT)
merk:	SHARP	0,3 m	3,28	3,62
type	14PT1556	0,5 m	2,09	2,83
afmeting scherm:	37 cm			
merk:	SONY			
type	KLV155R2B	0,3 m	1,32	47,70
afmeting scherm:	37 cm	0,5 m	1,81	33,30
merk:	SONY			
type	KV-21TF1	0,3 m	12,79	145,00
afmeting scherm:	50 cm	0,5 m	6,26	75,00
merk:	PHILIPS			
type	14PT1686	0,3 m	26,50	96,40
afmeting scherm:		0,5 m	10,86	3,50
merk:	SONY			
type:	KV-14LT1	0,3 m	19,10	110,40
afmeting scherm:	37 cm	0,5 m	9,15	42,90
merk:	PHILIPS			
type:	?	0,3 m	35,20	39,30
afmeting scherm:	37 cm CRT	0,5 m	5,06	9,99
merk:	LOEWE			
type:	xelos	0,3 m	25,00	21,40
afmeting scherm:	50 cm CRT	0,5 m	11,22	11,88
merk:	JVC			
type:	H32P37	0,3 m	5,24	137,20
afmeting scherm:	77 cm CRT	0,5 m	2,60	63,10
merk:	PHILIPS			
type:	32PW8718	0,3 m	7,47	259,00
afmeting scherm:	77 cm CRT	0,5 m	3,10	56,30
merk:	JVC			
type:	AV-28H5	0,3 m	19,50	161,40
afmeting scherm:	66 cm CRT	0,5 m	6,68	63,30
merk:	JVC			
type:	AV-32H5	0,3 m	9,20	0,107
afmeting scherm:	77 cm CRT	0,5 m	3,70	0,044
merk:	PHILIPS			
type:	Flat TV	0,3 m	0,25	3,00
afmeting scherm:	66 cm	0,5 m	0,16	2,50
merk:	SONY			
type:	KLU26HG2	0,3 m	0,33	4,02
afmeting scherm:	66 cm	0,5 m	0,32	3,19
merk:	LG			
type:	RS-32LZ50	0,3 m	0,19	10,63
afmeting scherm:	80 cm	0,5 m	0,17	4,46
merk:	PHILIPS			
type:	32PF9986	0,3 m	1,19	2,99
afmeting scherm:	80 cm LCD	0,5 m	1,03	2,28
merk:	PANASONIC			

type: afmeting scherm:	TH-37PA50E 93 cm plasma	0,3 m	0,15	16,00
		0,5 m	0,15	7,00
merk: type: afmeting scherm:	LOEWE Xelon A42 106 cm plasma			
		0,3 m	0,20	7,50
		0,5 m	0,14	3,75

Uit de vergelijking van de meetwaarden van tabel 16 met de MPR II en de TCO van het Zweedse richtlijnendocument voor beeldschermen (tabel 6) leiden we af dat de toegelaten emissiewaarden door de meeste van de geteste TV-types overschreden worden. Om alle verwarring hierbij te vermijden, dient onderstreept te worden dat MPR II noch TCO blootstellingsrichtlijnen zijn. Het zijn emissierichtlijnen die door de producent technisch haalbaar zijn en voorgesteld worden om te verhinderen dat de beeldschermemissies substantieel zouden bijdragen tot een verhoging van de normale achtergrondbelasting in de bureelomgeving (NRPB 1994).

Bij vergelijking echter van de meetwaarden van tabel 16 met de maximale blootstellingsniveaus die voor de algemene bevolking aanbevolen zijn door de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5), stellen we vast dat zowel het E-veld als het B-veld van alle gemeten beeldschermen beduidend kleiner is dan respectievelijk 87 V/m en 6,25 µT (6250 nT) waaraan het algemene publiek gedurende 24 uren per dag mag blootgesteld worden. Omdat de veldsterkte minstens met 1/r in functie van de radiale afstand afneemt, zal de bijdrage tot de globale veldbelasting in de supermarkt of de elektrozaak te verwaarlozen zijn.

2.1.4.4 Besluit en aanbeveling betreffende de VLF-velden van beeldschermen

Zowel het elektrisch als het magnetisch veld van de beeldschermen die men in elektrozaken en grootwarenhuizen tegenkomt, is conform aan de respectievelijke blootstellingsrichtlijn. Op basis van de interpretatie van deze richtlijn zouden VLF-velden van beeldschermen geen risico inhouden voor de gezondheid van de mens. Bijkomende aanbevelingen zijn bijgevolg overbodig.

2.1.5 Radiofrequenties (RF)

2.1.5.1 Doel

Meten en evalueren van de RF-velden afkomstig van ICT systemen (WLAN[6] access points) die in grote grootwarenhuizen en/of elektrozaken opgesteld staan.

2.1.5.2 Bronnen

Wegens gebrek aan andere toelatingen kon het elektrisch veld (E-veld) van de antenne (access point) van een wi-fi systeem (frequentie 2,45 GHz) slechts in één elektrozaak gemeten worden.

Figuur 13: Wi-fi systeem (2,45 GHz) waarvan het E-veld gemeten werd

[6] De term 'Wireless LAN' of 'WLAN' staat voor 'draadloos netwerk' (LAN =Local Area Network). Men spreekt van een draadloos netwerk indien 2 of meer apparaten onderling gegevens uit kunnen wisselen zonder gebruik van draden. Gegevensuitwisseling vindt plaats met behulp van radiogolven. WLAN kan gebruik maken van drie niet aan licentie onderworpen frequentiebanden, ook wel de ISM banden genoemd (Industrial, Scientific and Medical): 900 MHz (902 - 928 MHz), 2,4 GHz (2,4 – 2,4835 GHz), 5 GHz (5,15 – 5,35 en 5,725 – 5,825 GHz). Elke band heeft zijn eigen karakteristieken. De lagere frequenties bieden een groter bereik, maar een beperkte bandbreedte en dus een lage snelheid. De hogere frequenties hebben een beperkter bereik en ondervinden meer storing van vaste objecten.
Er bestaan 2 benaderingen om de data om te zetten naar radiogolven: Direct Frequentie Spread Spectrum en Frequentie Hopping Spread Spectrum. De Direct Spectrum (DS) Spread benadering vertaalt de informatie naar een radiofrequentiesignaal met één bepaalde frequentie. Elke data bit wordt uitgebreid tot een reeks 'chips' die dan een 'chipping sequence' of een 'barker sequence' wordt genoemd. Het aantal chips ligt vast op 10 voor systemen met snelheden van 1 en 2 Mbps en op 8 voor systemen met een snelheid van 11 Mbps. Bij een snelheid van 11 Mbps worden er dus 8 radio bits verzonden voor elke data bit. Frequentie Hopping (FH) Spread Spectrum is een techniek die gebruik maakt van een radiogolf die op vastgestelde tijdstippen verspringt ("hopt") van de ene frequentie naar de andere. De regels eisen dat de tijd die op elke frequentie wordt doorgebracht maximaal 400 ms bedraagt. Voor systemen met snelheden tot 10 Mbps zijn er minstens 15 kanalen, die elkaar niet overlappen, nodig. Voor hetzelfde uitgezonden vermogen zal een DS systeem een groter bereik hebben dan een FH systeem. In de praktijk zal dan ook meestal een DS systeem gebruikt worden.

2.1.5.3 Materiaal en methode

Het elektrisch veld (E-veld) werd semi-breedbandig (0,7 – 3 GHz) gemeten door middel van de PMM 8053 meter (tabel B6 bijlage 6.1.3) waarop een EP 33 M sonde (tabel B9 bijlage 6.1.3) gemonteerd was.

De AP-antenne was geplaatst juist boven de inkomdeur (hoogte ± 2,5 m) van de elektrozaak waar het E-veld gemeten werd. Om het maximale veld te bepalen, werden de metingen uitgevoerd op verschillende verticale en horizontale punten t.o.v. het AP. Eens dat de radiale as met de maximale veldsterkte gevonden was, werd op een hoogte van 5 cm, 80 cm, 1,6 m en respectievelijk 2,5 m het E-veld van de AP gemeten. Op elk van deze hoogtes werd het E-veld gemeten op een radiale afstand van 20 cm, 1,20 m en 2,4 m. De verzwakking van 3 dB aan weerzijden van de hoofdbundel kon niet gemeten worden wegens hindernissen (winkelrekken). Per meetpunt werd de rms-waarde (effectieve waarde: peak/$2^{1/2}$) van het E-veld gedurende 6 minuten geregistreerd en uitgemiddeld.

2.1.5.4 Meetresultaten

Tabel 17 toont het gemiddelde van het E-veld dat gedurende zes minuten in elk meetpunt t.o.v. van het AP (Access Point) geregistreerd werd.

Tabel 17: Gemiddelde van het E-veld$_{(rms)}$ van AP van wi-fi uitgemiddeld over een meetduur van zes minuten

Radiale afstand tot AP (m)	E-veld$_{(rms)}$ (V/m)			
	H = 0,05 m	H = 0,8 m	H = 1,6 m	H = 2,5 m
0,2	0,97	1,35	1,47	1,90
1,2	0,67	1,23	1,51	
2,4	0,61	0,62	0,65	
> 2,4	< 0,3	< 0,3	< 0,3	

H = meethoogte

Bij het uitvoeren van selectieve metingen (2,5 GHz-band met SRM-spectrometer NARDA) op dezelfde punten werd geen verschil in veldsterkte t.o.v. van de semi-breedbandige (0,7 – 3 GHz) vastgesteld. Dit betekent dat de RF-blootstelling in de winkel uitsluitend afkomstig is van de AP-antenne van het wi-fi systeem.

Uit de vergelijking van de geobserveerde waarden met de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) die een maximale blootstellingslimiet van 61 V/m voor de 2,45 GHz band aanbeveelt, stellen we vast dat zelfs de hoogste waarde die gemeten werd meer dan dertig keer kleiner is dan dit referentieniveau. Ofschoon het de rms-waarden zijn die met de ICNIRP-referentieniveaus moeten vergeleken worden, stellen we toch vast dat zelfs de piekwaarden (= rms x $\sqrt{2}$) veel kleiner zijn dan 61 V/m.

2.1.5.5 Besluit en aanbevelingen i.v.m. RF-velden

Voortgaande op de ICNIRP-blootstellingsrichtlijn van 1998 vormt de ‘down stream’ van AP’s (access points) van wi-fi systemen in elektrozaken geen probleem voor het algemene publiek. Het zwakke punt van dit besluit is dat de waarnemingen gebaseerd zijn op slechts één AP in één elektrozaak. Het besluit dat het E-veld van een AP substantieel kleiner is dan de ICNIRP-limiet van 61 V/m kan nochtans bevestigd worden door de resultaten van een eindwerk op wi-fi dat bij VITO uitgevoerd werd [27].

2.1.6 Algemeen besluit betreffende elektromagnetische velden in grootwarenhuizen en elektrozaken

De metingen tonen aan dat de globale blootstelling aan respectievelijk de statische, ELF-, IF- en RF-velden in de grootwarenhuizen en elektrozaken beduidend lager ligt dan de maximaal toegelaten waarden die in de ICNIRP-richtlijnen en/of Belgische norm (2005) voor het algemene publiek aanbevolen worden.
Op basis van het voorzorgsprincipe wordt echter aanbevolen dat dragers van pacemakers of andere elektronische of ferromagnetische implantaten op minstens 20 cm van luidsprekers blijven en deze tijdens het transporteren niet tegen hun borst aandrukken. De magneten van luidsprekers genereren immers een statisch magnetisch veld dat sterk genoeg is om op een afstand van 10 cm te interfereren met de aangehaalde implantaten. Om eventuele kwetsuren te vermijden ten gevolge van metalen vliegende voorwerpen is het tevens afgeraden heel dicht (1 à 2 cm) bij luidsprekers te komen met metalen voorwerpen zoals o.a. scharen of messen. Op plaatsen waar luidsprekers staan wordt best een waarschuwingspictogram (zie bijlage 6.2.1) aangebracht om dragers van pacemakers, ferromagnetische of andere elektronische implantaten te verwittigen dat volgens de ICNIRP-richtlijn van 1994 het statisch magnetisch veld kan interfereren met deze implantaten.
Er moet nochtans onderstreept worden dat in de literatuur geen voorval van interferentie tussen het magnetisch veld van luidsprekers en implantaten beschreven werd.

2.2 Elektromagnetische velden in luchthavens

2.2.1 Doel

In de luchthavens van Zaventem en Deurne zal de sterkte van de elektromagnetische velden waaraan het algemene publiek in het frequentiegebied van 0 Hz tot 3 GHz blootgesteld wordt, worden nagegaan. In overleg met de verantwoordelijken van BIAC werd overeengekomen dat de blootstelling aan radars geen deel uitmaken van deze studie.

2.2.2 Bronnen

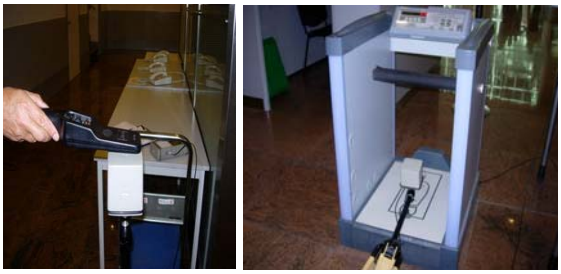
De belangrijkste interne en externe bronnen van elektromagnetische velden (EMV-en) waaraan de algemene bevolking in luchthavens kan blootgesteld worden zijn:

- Acces Points (AP) voor wi-fi toepassingen (zie foto hoger)
- Elektronische beveiligingssystemen [28] waarvan de metaaldetectoren (figuren 14 en 15) de belangrijkste vertegenwoordigers zijn
- GSM-picocellen (fig. 16)
- Externe zendmasten (GSM, radio- en TV-zenders)
- Mogelijke elektrische leidingen in vloeren, wanden en plafonds
- In werking gestelde elektrische apparaten en/of machines
- Radionetten voor urgentiecommunicatie zoals walki-talki's

Vrijstaande doorwandeldetectoren (free-standing walk-through systems) bestaan meestal uit twee tegenover elkaar staande kolommen. In de ene kolom zit de zendeenheid (een geleidende spoel die een gepulseerd, d.i. wisselend, magnetisch veld uitzendt) en in de andere zit de ontvanger (een reeks van spoelen die de in de metalen voorwerpen geïnduceerde pulsstromen detecteren).

Figuur 14: Vrijstaande doorwandeldetectoren

Hand- en schoendetectoren (SHOES ANALYZER (EIA) bevatten een spoel dat een alternerende stroom draagt van enkele honderden Hz.



Figuur 15: Meten van hand- en voetdetector

Figuur 16: Picocel in de luchthaven van Zaventem (Pier A)

2.2.3 Statisch magnetisch veld in luchthavens

De statische magnetische fluxdichtheid (B-veld) werd gemeten door middel van ETM-1 3-axis Hall magnetometer (tabel B1 bijlage 6.1.1) in een representatief aantal willekeurige meetpunten van beide vlieghavens. In Zaventem gebeurde dit in PIER A en in Deurne in de inkomhal en de check-in gangen. De metingen gebeurden steeds op een hoogte van 1 m.

2.2.3.1 Meetresultaten

Tabel 18 geeft een overzicht van het sterkste B-veld dat respectievelijk in de luchthaven van Deurne en Zaventem gemeten werd.

Tabel 18 : Statisch magnetisch veld in de luchthaven van Deurne en Zaventem

Luchthaven	Maximaal B-veld (mT)
Internationale Luchthaven van Deurne	0,045
Internationale Luchthaven van Zaventem	0,075
Gemiddelde	0,060

De maximale veldsterkte van 0,075 mT (75 µT) is nauwelijks hoger dan de gemiddelde background (40 µT), maar meer dan 40 keer kleiner dan de 40 mT limietwaarde waaraan het algemene publiek volgens de ICNIRP-richtlijn van 1994 (tabel 4) gedurende 24 uren per dag mag blootgesteld worden.

2.2.3.2 Besluit en aanbevelingen betreffende het statisch magnetisch veld in luchthavens

In de luchthavens wordt het algemene publiek blootgesteld aan een statisch magnetisch veld dat nauwelijks hoger is dan de background, maar substantieel zwakker is dan de limietwaarde van de ICNIRP-blootstellingsrichtlijn van 1998 (tabel 5). Bovendien is het B-veld substantieel kleiner dan de interferentiedrempel van 0,5 mT en zijn noch voor dragers noch voor niet-dragers van pacemakers en andere ferromagnetische of elektronische implantaten risico's te verwachten.

2.2.4 Extreem laag frequentie (ELF) magnetisch veld in luchthavens en vliegtuigen

2.2.4.1 Bronnen

De mogelijke bronnen van het ELF (30 – 300 Hz) magnetisch veld in de luchthavens zijn:
- elektrische leidingen in vloeren, wanden en plafonds
- werkende elektrische apparaten, toestellen en/of machines

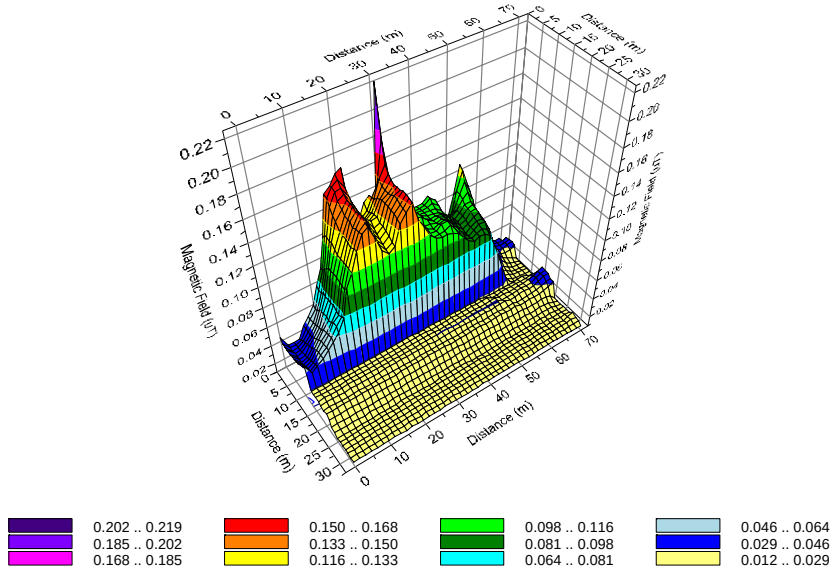
2.2.4.2 Materiaal en methode

ELF magnetisch veld (B-veld) werd over een relatief grote oppervlakte gemeten door middel van een EMDEX II ELF monitor die gemonteerd was op het mobiel LINDA Wheel systeem (tabel B3 bijlage 6.1.2). In Zaventem gebeurde dit in PIER A en in Deurne in de inkomhal en de check-in gangen. De metingen gebeurden steeds op een hoogte van 0,75 m.

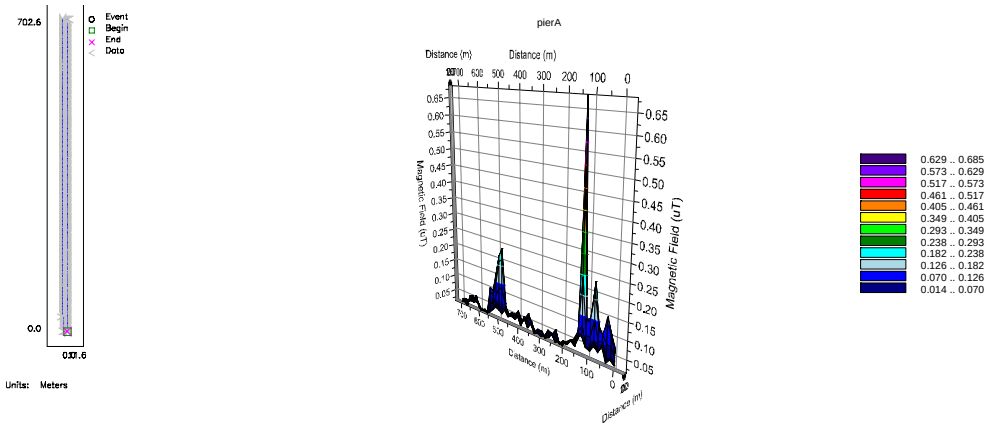
2.2.4.3 Meetresultaten

a) ELF magnetisch veld in luchthavens

De figuren 17 en 18 geven respectievelijk de 3D-kaart van het ELF B-veld in de luchthaven van Deurne en Zaventem. Uit deze figuren leiden we af dat het maximale B-veld dat over een groot oppervlak mobiel geregistreerd werd, in de luchthaven van Deurne 0,5 µT en in de luchthaven van Zaventem 1,6 µT bedraagt. De 1,6 µT is een ogenblikkelijke piekwaarde die geregistreerd werd bij het voorbijrijden aan een elektrisch apparaat in PIER A van de luchthaven van Zaventem.



Figuur 17: 3D-kaart van het ELF B-veld in het hoofdgebouw van de luchthaven van Deurne



Figuur 18: Meettraject over heel de lengte van de rolband en 3D-kaart van het ELF B-veld in dit gebied van PIER A in de luchthaven van Zaventem

Tabel 19 geeft een samenvatting van de blootstellingsstatistieken van het ELF B-veld dat in beide luchthavens geregistreerd werd.

Tabel 19: Blootstellingsstatistieken van het ELF B-veld in beide luchthavens

Luchthaven	Magnetisch veld (µT)			
	Min.	Max.	Gemiddelde	Mediaan
Antwerpen Internationale Luchthaven - Deurne	0,010	0,15	0,065	0,040
Brussel Internationale Luchthaven - Zaventem	0,023	1,62	0,062	0,050
Algemeen gemiddelde	*0,017*	*0,90*	*0,063*	*0,045*

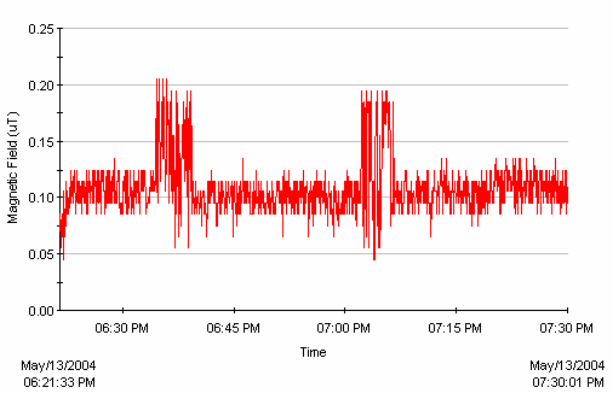
Vergelijking van de maximum gemeten B-veldsterkte met de toegelaten blootstellingslimiet (100 µT) van de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) toont aan dat het ELF B-veld in beide luchthavens ver beneden de limiet zit en er dus geen schadelijke effecten naar de algemene bevolking toe te verwachten zijn. Tevens is er geen enkel gevaar op interferentie met pacemakers en andere ferromagnetische of elektronische implantaten.

b) ELF magnetisch veld in vliegtuig

Figuur 19 toont de resultaten van het persoonsgebonden B-veld dat gedurende 1 uur tijdens een vlucht van Warschau naar Brussel op de plaats van de betrokken passagier geregistreerd werd.

B-veld (µT)

- Minimum: 0,05
- Maximum: 0,21
- Gemiddeld: 0,10
- Mediaan: 0,10



Figuur 19: ELF B-veld in vliegtuig (vlucht SN Brussels Airlines Warschau – Brussel)

Om de motoren en de transformatoren lichter te maken, wordt in grote vliegtuigen een wisselstroomfrequentie van 400 Hz i.p.v. 50 Hz gebruikt. In kleine vliegtuigjes maakt men gebruik van het zogenaamde ‘frequency wild system met variabele frequentie’.

Het maximaal persoonsgebonden B-veld dat in een vliegtuig van SN Brussels Airlines geregistreerd werd in het frequentiegebied van 40 Hz tot 100 Hz bedraagt 0,2 µT en is bijgevolg 500 keer zwakker dan de blootstellingslimiet van 100 µT die door de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) voor het algemene publiek aanbevolen wordt. Tevens is er op de plaatsen van de passagiers geen enkel risico op interferentie met pacemakers en andere ferromagnetische of elektronische implantaten.

2.2.4.4 Besluit en aanbevelingen betreffende het ELF-veld in luchthavens en vliegtuigen

Volgens de interpretatie van de blootstellingsrichtlijn van ICNIRP van 1998 is het ELF B-veld zowel in de luchthavens als in de vliegtuigen te zwak om enig nadelig effect op de gezondheid van de mens uit te oefenen. Er zijn ook geen interferentierisico's aanwezig en bijgevolg zijn er geen verdere aanbevelingen nodig.

2.2.5 Intermediaire frequenties (IF) in luchthavens

2.2.5.1 Doel

Meten en evalueren van het elektrisch (E-veld) en magnetisch veld (B-veld) van de IF-bronnen (frequentiegebied van 300 Hz – 10 MHz) waaraan de passagiers in de zone voor veiligheidscontrole van de luchthaven blootgesteld worden.

2.2.5.2 Bronnen

De bemonsterde IF-bronnen zijn de metaaldetectoren zoals doorwandelpoorten en hand- en schoendetectoren.

2.2.5.3 Materiaal en methode

De metingen werden uitgevoerd door middel van de PMM-uitrusting waarvan de specificaties in de tabellen B6 tot B9 van bijlage 6.1.3 weergegeven worden.

Bij de doorwandeldetectoren werden het E-veld en B-veld op verschillende hoogtes en verschillende radiale afstanden gemeten. Bovendien werd in de centrale as van elke doorwandeldetector een frequentie-analyse in het 5 Hz tot 100 kHz frequentiegebied uitgevoerd.

2.2.5.4 Meetresultaten

a) Luchthaven van Deurne

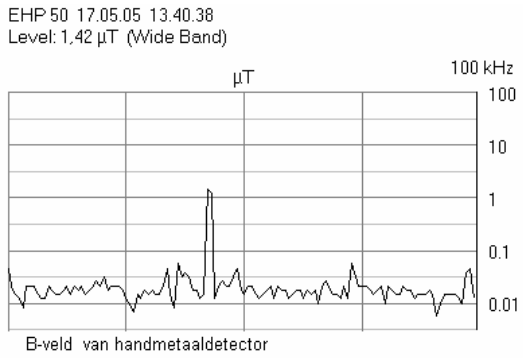
- Elektrisch en magnetisch veld van een handdetector (C.E.I.A PD 140)

Tabel 20 geeft een overzicht van de maximale sterkte van beide velden bekomen bij het meten van het actieve oppervlak van de detector op een paar millimeter van de meetsonde.

Tabel 20: B- en E-veld van een handdetector tijdens het scannen

Maximum B-veld (µT)	Maximum E-veld (V/m)
5,32	0,3

De frequentie-analyse van de detector (fig. 20) toont aan dat de dominerende frequentie bij 44 kHz ligt.

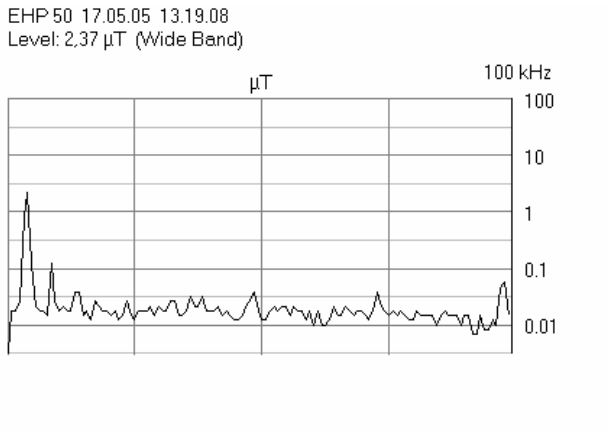


Figuur 20: Frequentie-analyse van het B-veld van de handdetector

Bij 44 kHz is de ICNIRP-blootstellingslimiet 87 V/m voor wat het E-veld betreft en 6,25 µT voor wat het B-veld betreft. Dit betekent dat de blootstelling aan beide velden van de handdetector conform is met de richtlijn.

- Elektrisch (E-veld) en magnetisch veld (B-veld) van een doorwandeldetector (C.E.I.A)

Figuur 21 toont dat de fundamentele piekfrequentie van de doorwandeldetector wel bij 5 kHz ligt en de overige frequenties weinig bijdragen tot de totaalblootstelling van de passagiers.



Figuur 21: Spectrumanalyse van de doorwandeldetector

In tabel 21 zijn de meetresultaten van de spectrumanalyse en polarisatie voor het inschatten van de richting van de blootstelling samengevat.

Tabel 21: Frequentie-analyse en polarisatie van het E-veld en B-veld van een doorwandeldetector

	E-veld (V/m)						B-veld (µT)				
	Band met piekfrequentie			Polarisatie (%)			Piekfrequentie		Polarisatie (%)		
Hoogte	1	2	3				1	2			
(m)	5 kHz	10 kHz	36,5 kHz	X	Y	Z	5 kHz	10 kHz	X	Y	Z
0,5	2,8						1,51				
1	2,1	0,25	0,4	65	16	18	2,6	1,14	3	95	1,8
1,5	2,7						1,9				

Op 1 m van de as van de doorwandeldetector gebeurt de grootste blootstelling aan het E-veld op de zijde van de gecontroleerde passagier (polarisatie X-component 65%) en in mindere mate op de rug (Y=16%) en het hoofd (Z = 18%). Tabel 21 toont ook aan dat de grootste blootstelling aan het B-veld gebeurt via de rugzijde (Y= 95%) en in mindere mate via het hoofd en de zijde van de passagiers.

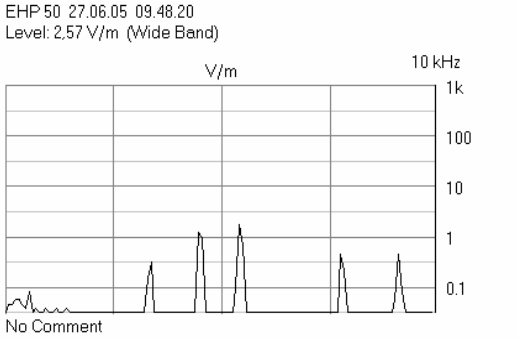
b) Luchthaven Zaventem

Tabel 22 geeft een overzicht van het elektrisch (E-veld) en magnetisch veld (B-veld) van de doorwandeldetector in de luchthaven van Zaventem. Beide velden werden gemeten op verschillende hoogtes en verschillende radiale afstanden van de doorwandeldetector.

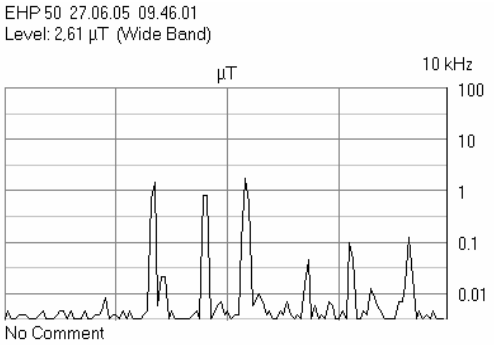
Tabel 22: E-veld en B-veld van een doorwandeldetector in de luchthaven van Zaventem

Hoogte (m)	E-veld (V/m)				
	Tussen poort	1 m voor poort	2 m voor poort	3 m voor poort	Plaats operator
1	3,500	0,410	0,250	0,250	0,270
1,5	2,700	0,320	0,360	0,220	
1,75	2,580	0,360	0,260	0,240	
	B-veld (µT)				
1	2,610	0,150	0,060	0,057	0,060
1,5	4,300	0,100	0,060	0,055	
1,75	2,610	0,090	0,060	0,060	

De figuren 22 en 23 tonen respectievelijk de frequentiespectra van het E-veld en het B-veld van de doorwandeldetector. Tabel 21 vat de veldsterke van de piekfrequenties samen.
Beide veldsterktes zijn op iedere hoogte conform met de limietwaarden van de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) die voor de algemene bevolking respectievelijk 87 V/m en 6,25 µT voor het E-veld en B-veld aanbeveelt.



Figuur 22: Frequentiespectrum van het E-veld van een doorwandeldetector



Figuur 23: Frequentiespectrum van het B-veld van een doorwandeldetector

Tabel 23: Detailweergave van het frequentiespectrum van het E-veld en B-veld van een doorwandeldetector

E-veld (V/m)	Piekfrequentie	(V/m)	Max (rms)
	(kHz)		
	3,55	0,12	1,66
	4,67	1,02	
	5,6	1,08	
	8	0,55	
	9,32	0,66	
B-veld (µT)	Piekfrequentie	(µT)	
	(kHz)		
	3,5	2,00	3,50
	4,67	1,55	
	5,6	2,27	
	7	0,09	
	8	0,17	
	8,47	0,03	
	9,3	0,20	

Uit tabel 23 blijkt dat er een drietal piekfrequenties in het 3,5 kHz tot 5,5 kHz gebied voorkomen en daarna afzwakken. Wanneer de afzonderlijke piekwaarden met 87 V/m voor het E-veld en 6,25 µT voor het B-veld van de ICNIRP-richtlijn (tabel 5) vergeleken worden, stellen we vast dat alle piekbelastingen in overeenstemming zijn met deze blootstellingslimieten waaraan de algemene bevolking doorlopend mag blootgesteld worden.

- Elektrisch (E-veld) en magnetisch veld (B-veld) van een schoendetector

Tabel 24 geeft een overzicht van het E-veld en het B-veld van een schoendetector op de luchthaven van Zaventem.

Tabel 24: Elektrisch (E-veld) en magnetisch (B-veld) veld van een schoendetector

E-veld (V/m)	B-veld (µT)
6	9

Aangezien ICNIRP (1998) geen blootstellingslimieten voorschrijft voor lokale lichaamsblootstelling zoals de voeten enerzijds en er geen emissienormen bestaan voor schoendetectoren anderzijds, kan geen duidelijk besluit aangaande het risico van deze bron getrokken worden. Aangezien de literatuur geen melding maakt van risico's die met elektromagnetische velden van schoendetectoren verband houden, zou het verwonderlijk zijn dat scanning van de voeten, wat een zeer kortstondige lokale blootstelling inhoudt,

gevaren zou inhouden voor de gezondheid van de mens. Volgens een medewerker van de luchthaven worden deze detectoren op Zaventem niet meer gebruikt.

2.2.5.5 Besluit en aanbevelingen betreffendede IF-velden in luchthavens

Uit de breed- en smalbandmetingen van het IF elektrisch en magnetisch veld in de veiligheidszone van beide luchthavens kan besloten worden dat de passagiers tijdens de veiligheidscontrole niet blootgesteld worden aan een elektrisch of magnetisch veld dat de respectievelijke blootstellingslimieten (ICNIRP, 1998) overschrijdt. Bijgevolg zijn er geen gezondheidsrisico's te vrezen en geen verdere aanbevelingen te doen.

2.2.6 Radiofrequenties (RF) in de luchthavens

2.2.6.1 Doel

Bepalen van de grootte van de RF-velden die in de luchthavens geproduceerd worden door interne (radiosystemen en picocellen) en externe (zendmasten van GSM, radio en TV) bronnen.

2.2.6.2 RF-bronnen

a) Luchthaven van Deurne

- Radionet voor urgentiecommunicatie met walki-talki's

Figuur 24 geeft een beeld van dergelijke walki-talki's.

Figuur 24: Motorola GP340 radio met antennelengte van 16 cm

De basisstructuur van het radionet op de luchthaven van Deurne bestaat uit één repeater (Kenwood TKR 851) met een duplexfrequentie van 458,370/468,370 MHz en een vermogen van 2 Watt. De luchthaven beschikt over 20 walki-talki's (Motorola GP340 radio: lengte antenne 16 cm) met een duplexfrequentie van 458,370/468,370 MHz (zie figuur).

➢ Access points (AP's) van WLAN (2,45 GHz)

De AP's zijn aangebracht op de muren (drietal meter hoog) van de inkomhal (check in ruimte) van de luchthaven.

➢ Externe GSM-masten

Omdat in de luchthaven van Deurne de GSM-zendmasten tegen de buitenmuren van de vliegloodsen gemonteerd zijn (figuur 25), wordt geen gebruik gemaakt van interne picocellen.

Figuur 25: GSM-antennes op de zijgevel van de luchthaven in Deurne

b) Luchthaven van Zaventem

De RF-velden voor GSM-toepassing worden in de luchthaven van Zaventem geproduceerd door picocellen.

2.2.6.3 Materiaal en methode

De RF-straling van het radionet en de Motorola GP340 (458.370/468.370 MHz) werd breedbandig gemeten door middel van de PMM 8053 meter (tabel B6 bijlage 6.1.3) in combinatie met de EP 44 M sonde (tabel B8 bijlage 6.1.3) met een frequentiegebied van 100 kHz tot 800 MHz.

De RF-straling afkomstig van de externe GSM-zendmasten in de luchthaven van Deurne en van de picocellen in de luchthaven van Zaventem werd selectief gemeten door middel van de Fieldcop (specificaties in tabel B11 van bijlage 6.1.5).

➢ Meten van RF-straling van de GSM-masten en picocellen

Binnen beide luchthavens werd de ruimtelijke verdeling van de RF-straling van de externe GSM-masten (Deurne) en de picocellen (Zaventem) op een representatieve manier gemeten door middel van de mobiele Fieldcop. Tabel 25 geeft een overzicht van de frequentiebanden waarin de RF-straling van de GSM-systemen in beide luchthavens gemeten werd.

Tabel 25: Operator, frequentie en bandbreedte voor het meten van de RF-straling op beide luchthavens

Operator	Frequentie (MHz)	Bandbreedte (MHz)
BASE1	927,5	6,2
BASE2	933,5	6,2
PROXIMUS1	938,0	6,2
MOBISTAR1	944,0	6,2
PROXIMUS2	950,0	6,2
MOBISTAR2	956,0	6,2
PROXIMUS3	1812,5	30,0
MOBISTAR3	1827,5	30,0
MOBISTAR3	1846,5	30,0
BASE3	1869,0	30,0

- Meten van de RF-straling van het radionet in Deurne

De down-link (RF-veld van antenne naar walki-talki) en de up-link (RF-veld van walki-talki naar antenne) straling van respectievelijk het radionet en de walki-talki werd gemeten in de open ruimte van de inkomhal van de luchthaven van Deurne. De strooivelden van de walki-talki werden op verdubbelde radiale afstanden tot op 3 m van de antenne bepaald.

2.2.6.4 Meetresultaten

a) RF-velden in de luchthaven van Deurne

- Strooivelden van radionet repeater en Motorola GP 340 radio

Tabel 26 geeft de sterkte van het elektrisch veld (E-veld) op verschillende afstanden van de in werking gestelde radio weer.

Tabel 26: E-veld op verschillende afstanden van de antenne van de in werking gestelde Motorola GP 340 radio (458.370/468.370 MHz)

Afstand tot antenne (m)	Maximum E-veld (V/m)
0,15	24,99
0,3	6,22
1	5,00
2	2,00
3	1,80

Vergelijking van de gegevens met de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) toont aan dat de sterkte van het E-veld (up-link) op een afstand van 15 cm van de antenne conform is met de blootstellingslimiet van 29,5 V/m ($1.375f^{1/2}$) die aanbevolen wordt voor de algemene bevolking. Op een verdere radiale afstand van de antenne neemt de veldsterkte sterk af en zijn er geen problemen voor de voorbijganger te verwachten.

Wanneer de radio uitgeschakeld wordt is de veldsterkte kleiner dan 0,3 V/m. Dit betekent dat het E-veld van de down stream van de repeater van het radionet in de luchthaven, zelfs wanneer het geactiveerd is, verwaarloosbaar klein is.

- RF-straling van access points voor wifi-toepassing in Deurne

De sterkte van het E-veld dat in de inkomhal van de luchthaven zowel breed- (700 MHz – 3 GHz) als smalbandig (frequentieband 2,45 GHz) gemeten werd, was zwakker dan 0,3 V/m.

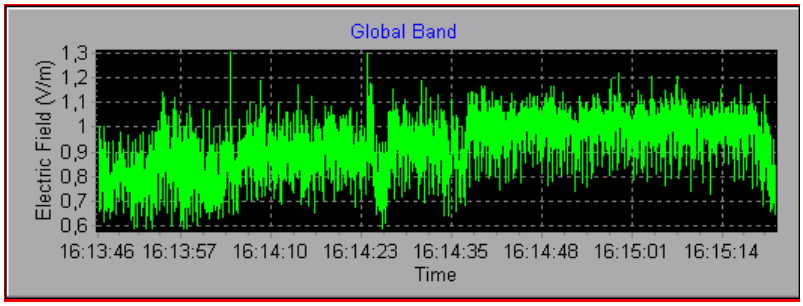
- RF-straling van externe GSM-masten in de luchthaven van Deurne

Tabel 27 geeft een overzicht van de minimale en maximale sterkte van het E-veld dat tijdens een registratieperiode van drie minuten in de verschillende locaties van de luchthaven van Deurne waargenomen werd.

Tabel 27: E-veld van externe GSM-masten

Meetplaats van E-veld	$E\text{-veld}_{(rms)}$ in V/m	
	minimum	maximum
buitenmeting op parking voor inkomhal met draaideur	0,28	0,70
buitenmeting op parking voor inkomhal met draaideur	0,03	0,21
midden check-in ruimte (14 banden)	0,00	1,10
15 m vanaf midden check-in ruimte	0,00	0,22
30 m vanaf midden check-in ruimte	0,03	0,13
aankomsthal	0,10	0,44
rechtervleugel check-in ruimte	0,07	0,26
security vleugel	0,00	0,08
herhaling midden check-in ruimte	0,03	0,08
terminal T	0,00	0,27

Figuur 26 geeft een beeld van de sterkte van het elektrisch veld dat in het frequentiegebied van 900 MHz tot 1800 MHz (zie tabel 24) met de Fieldcop geregistreerd werd.



Figuur 26: E-veld van de globale frequentieband (down-link) geregistreerd in de inkomhal van de luchthaven van Deurne

Uit tabel 27 en figuur 26 kunnen we afleiden dat de maximale sterkte van het E-veld van 1,3 V/m dat over de gehele meetsessie gemeten werd veel kleiner is dan de blootstellingslimieten van tabel 28 die i.f.v. de frequentieband volgens $0{,}686f^{1/2}$ van de Belgische norm (zie tabel 3) berekend werden.

Tabel 28: GSM-frequentiebanden (down link) en overeenstemmende blootstellingslimieten volgens de Belgische norm

Frequentieband (MHz)	Belgische norm E-veld (V/m)
927,5	20,89
933,5	20,96
938	21,01
944	21,08
950	21,14
956	21,21
1812,5	29,21
1827,5	29,33
1846,5	29,48
1869	29,66

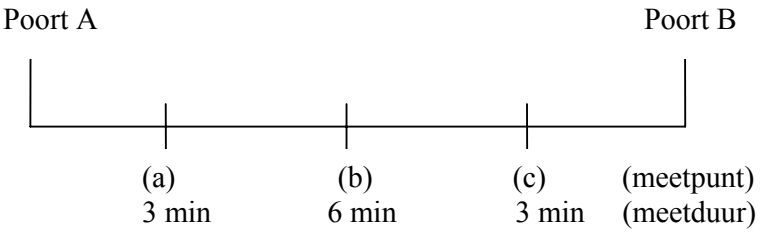
b) RF-velden van picocellen in de luchthaven van Zaventem

Figuur 27 toont het plan van PIER A waarin de verdeling van het elektrisch veld (E-veld), dat door 17 picocellen geproduceerd wordt, bepaald werd.

Figuur 27: Plan van PIER A met meetpunten (•)

Tussen de uitgangspoorten (nummers A40 – A60) die zich aan weerszijden van de rolband bevinden, bevinden zich de wachtloodsen voor de passagiers. De rode bolletjes (•) geven de plaatsen aan waar het E-veld gemeten werd om de blootstelling van de wachtende passagiers in de respectievelijke wachtloodsen te bepalen.
In PIER A bevinden zich 17 picocellen (Vendor type Katrhrein met vendor code K742149 en met antenne ID PAS1&2, PAM1&2 en PAE1&2).

Nadat beide meetinstrumenten op elkaar afgestemd waren, werd het E-veld in de loodsen aan de linkerzijde van de rolband gemeten met de FIELDCOP (tabel B11 van bijlage 6.1.5) en aan de rechterzijde van de rolband met de Narda SRM 3000 (tabel B12 van bijlage 6.1.5))
In figuur 28 wordt schematisch aangeduid hoe de verdeling van het E-veld bepaald werd in de passagiersloodsen die zich tussen twee uitgangspoorten (bijvoorbeeld A en B) bevonden.



Figuur 28: Meetschema in passagiersloods

Op de middenas van de passagiersloods worden in de lengterichting drie meetpunten uitgezet: meetpunt (b) bevindt zich in het midden van de loods en de punten (a) en (c) op respectievelijk 6 m links en 6 m rechts van punt (b). In meetpunt (b) werd het E-veld telkens gedurende 6 minuten geregistreerd, in de punten (a) en (c) bedroeg dit telkens 3 minuten. De metingen werden telkens selectief in down link uitgevoerd.

Tabel 29 geeft het maximaal E-veld van de picocellen weer dat waargenomen werd in de verschillende loodsen van PIER A.

Tabel 29: Maximaal E-veld gemeten in de passagiersloodsen tussen de uitgangspoorten van PIER A

Passagiersloods tussen uitgangspoorten:	Maximaal E-veld (V/m) van 6 min. meetduur in (b) en 3 min. meetduur in (a) en (c)
44 & 46	1,00 (a) 0,46 (b) 0,51 (c)
48 & 50	0,92 (a) 0,67 (b) 0,89 (c)
52 & 54	0,61 (a) 0,65 (b) 0,45 (c)
56 & 58	0,75 (a) 0,63 (b) 0,92 (c)
60 & 60bis	1,10 (a) 0,71 (b) 0,95 (c)
62 & 62bis	0,63 (a) 0,56 (b) 1,10 (c)
64 & 66	0,84 (a) 0,52 (b) 0,59 (c)
68 & 70	1,30 (a) 0,79 (b) 1,14 (c)
71	-
72	0,931
69 & 67	1,80 (a) 0,64 (b) 0,74 (c)
65 & 63	1,07 (a) 0,84 (b) 0,93 (c)

61 & 61bis	0,95 (a) 1,13 (b) 1,19 (c)
59 & 59bis	0,73 (a) 0,60 (b) 1,02 (c)
57 & 55	0,88 (a) 0,64 (b) 0,84 (c)
53 & 51	0,61 (a) 0,40 (b) 0,54 (c)
49 & 47	0,69 (a) 0,38 (b) 0,83 (c)
45 & 43	0,98 (a) 0,62 (b) 0,81 (c)

Het sterkste E-veld (1,80 V/m) werd gemeten in de passagiersloods tussen de uitgangspoorten 69 en 67. Vergelijking van deze en alle andere meetwaarden met de referentiewaarden van de Belgische norm voor de down link van de betrokken frequentiebanden (tabel 28) toont aan dat de blootstelling aan RF-velden die door de picocellen in PIER A veroorzaakt wordt ver beneden de maximaal toegelaten limietwaarden ligt.

Om te na te gaan of de passagiers in de luchthaven blootgesteld worden aan verhoogde RF-velden die afkomstig zijn van externe bronnen (radio- en TV-zenders, UMTS, TETRA) werd het E-veld ook gedurende 6 minuten ter hoogte van uitgangspoort 43 geregistreerd in het frequentiegebied van 25 MHz tot 2535 MHz. Tabel 30 geeft een samenvatting van de frequentiebanden die in het 25 – 2535 MHz gebied opgenomen zijn.

Tabel 30: RF-bronnen die binnen de globale band kunnen opgespoord worden

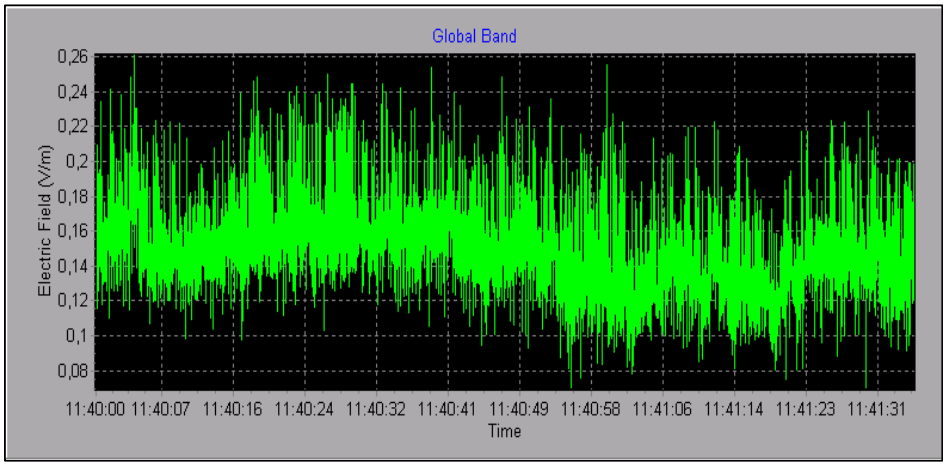
Bronnen/kanalen	Centrale frequentie [MHz]	Bandbreedte [MHz]
Globale band	25 - 2535	
Amateur	25	30
TV	55	30
FM	95	50
TV-DAB-T	216	200
TETRA	365	200
TV2	570	200
TV3	770	200
GSM UP	895	50
GSM DOWN	945	50
GPS	1105	250
DAB	1375	250
DCSu	1650	250
DCSd UMTS	2035	500
Wifi-DATA	2535	500

Tabel 31 geeft de sterkte van het E-veld dat in de globale band gemeten werd.

Tabel 31: E-veld in de 25 MHz – 2535 frequentieband

Meetplaats bij uitgangspoort 43	E-veld in frequentiegebied van 25 MHz tot 2535 MHz	
	Minimum [V/m]	Maximum [V/m]
	0.25	0.91

Figuur 29 geeft een beeld van de verdeling van het E-veld in de tijd. De registratie van het veld gebeurde in de passagiersloods.



Figuur 29: E-veld van de globale frequentieband (down-link) geregistreerd in de passagiersloods van PIER A in de luchthaven van Zaventem

Uit vergelijking van de gegevens van de tabellen 30 en 31 en figuur 29 met de blootstellingslimiet van de Belgische norm berekend i.f.v. de frequentieband (tabel 27) stellen we vast dat de sterkte van het E-veld, dat onder alle omstandigheden gemeten werd, zwakker is dan de maximale toegelaten blootstellingsniveaus voor het algemene publiek. Dit houdt ook in dat de blootstelling, die in dit frequentiegebied te wijten is aan bronnen van buiten de luchthaven, te verwaarlozen is.

2.2.6.5 Besluit en aanbevelingen betreffende de RF-velden op luchthavens

De RF-velden, afkomstig zowel van externe als interne bronnen, die in luchthavens gemeten werden, zijn te zwak om volgens de interpretatie van de Belgische norm (zie tabel 3) een blootstellingsprobleem te vormen voor de passagier en bijgevolg voor de algemene bevolking. Verdere aanbevelingen ter bescherming van de passagier tegen de RF-velden van picocellen en andere bronnen zijn niet nodig.

2.2.7 Algemeen besluit betreffende elektromagnetische velden in luchthavens

De metingen tonen aan dat de globale blootstelling aan respectievelijk de statische, ELF-, IF- en RF-velden in de luchthavens lager ligt dan de maximaal toegelaten waarden die in de ICNIRP-richtlijnen (tabel 4 en 5) en/of Belgische norm (tabel 3) voor het algemene publiek aanbevolen worden.
Bovendien is de blootstelling aan het ELF magnetisch inductieveld in de vliegtuigen ook substantieel lager dan de overeenkomstige blootstellingslimiet volgens de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5). Omdat de blootstelling aan de RF-velden van de picocellen de grootste zorg van de gemeten elektromagnetische velden in de luchthavens vormt, is het belangrijk te onderstrepen dat dit volgens de interpretatie van de Belgische norm geen enkel risico inhoudt voor de gezondheid van de passagier.

2.3 Elektromagnetische velden in het openbaar vervoer

Door het meten van de elektromagnetische velden (EMV-en) in het openbaar vervoer krijgt men inzicht in de veldsterkte waaraan de mens tijdens het reizen met bus, metro, tram en trein blootgesteld wordt.

De EMV-metingen gebeurden enkel in de bussen, metro's en trams die onder het beheer van de MIVB (Maatschappij voor het Intercommunaal Vervoer te Brussel) vallen. Dit betekent dat enkel op de trajecten in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest gemeten werd. De treinen waarin gemeten werd, vallen onder het beheer van de NMBS (Nationale Maatschappij voor Belgische Spoorwegen), in dit geval liepen de meettrajecten over de drie federale gewesten.

De EMV-en die in deze voertuigen voorkomen, zijn afkomstig van de specifieke elektrische uitrusting die nodig is om deze voertuigen operationeel te maken.

2.3.1 Elektromagnetische velden in de bus

2.3.1.1 Inleiding

De elektromagnetische velden waaraan de bevolking tijdens het rijden met de bus blootgesteld wordt, zijn:

- de strooivelden van het statisch (0 Hz) magnetisch inductieveld (vaak DC-veld van direct current genoemd)
- de strooivelden van het magnetisch wisselspanningsveld (vaak AC-veld van wisselstroom genoemd)

De elektrische uitrusting die in de bussen aanwezig is en deze velden kunnen genereren, zijn:

- de apparaten voor de stroomafname
- de stuurapparaten
- de vermogenapparaten, de rem- en controleapparaten
- de omvormergroep met batterij (24 V) en de hulpdiensten die ervan afhangen
- de hoogspanningshulpgroepen

Volgens het activiteitenverslag 2003 van de MIVB [29] werden per bus 54,4 miljoen reizen op het net uitgevoerd. Het gemiddelde bezettingspercentage van alle voertuigen (bus, metro, tram) bedroeg 14,58%. De individuele bezettingsgraad van de bus of een ander voertuig wordt echter niet in het activiteitenverslag vermeld.

2.3.1.2 Materiaal en methode

De elektromagnetische velden werden gemeten in de volgende bustypes:
- Van Hool AG300: busnummer 8833
- JKH PREMIER: busnummer 8520
- Van Hool A300: busnummer 8701

Dit zijn de enige bustypes die MIVB in gebruik heeft.

Op deze bussen werden de volgende EMV-en gemeten:
- het plaatsgebonden statisch magnetisch inductieveld of magnetische fluxdichtheid (B-veld)
- het plaats- en persoonsgebonden[7] ELF magnetisch inductieveld of magnetische fluxdichtheid (B-veld)

Het **plaatsgebonden statisch B-veld** werd op 10 vaste meetpunten in de bus (zie schema's bij meetresultaten) gemeten door middel van de ETM-1 3-axis Hall magnetometer (tabel B1 bijlage 6.1.1).

Het **plaatsgebonden ELF B-veld** werd gemeten door middel van de PMM-uitrusting (tabel B4 en B5 bijlage 6.1.2). Hier werd het frequentiespectrum van het ELF/IF magnetisch veld geanalyseerd binnen het frequentiedomein van 5 Hz tot 100 kHz. De spectrumanalyse werd uitgevoerd in 7 verschillende frequentiebanden die bepaald werden door het instellen van 7 verschillende frequentiebereiken[8]: 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 10 kHz, 100 kHz.
Het plaatsgebonden B-veld werd in iedere bus gemeten onder de drie volgende omstandigheden:
1. stilstaande bussen met draaiende motor
2. bussen rijdende zonder passagiers op het terrein van MIVB
3. bussen vol passagiers rijdende over hun normale traject:
   - Halte Haren naar Naamse Poort met bus 54
   - Naamse Poort naar Schone Kunsten bus 71
   - Schone Kunsten naar Naamse Poort
   - Naamse Poort naar Fetis (Transvaal) en terug Naamse Poort bus 34
   - Naamse Poort naar Halte Haren III Bus 54

[7] Het plaatsgebonden veld is het veld dat op één of meerdere vaste punten in de bus gemeten werd. Voor het meten van het persoongebonden veld (vaak ook dosimetrie genoemd) droeg een proefpersoon één of meerdere ELF-monitor(s) (dosismeter(s)) met zich mee zodat het B-veld kon geregistreerd worden in alle willekeurige punten in de ruimte waar de proefpersoon zich op een bepaald moment bevindt.
[8] Het frequentiebereik wordt meestal span genoemd en is het maximaal frequentiebereik van de frequentieband. Voor het uitvoeren van een analyse in een bepaalde frequentieband wordt op de frequentie-analyser een bepaalde span ingesteld. De PMM-spectrumanalyser waarmee de analyse uitgevoerd werd (zie tabel B5 van bijlage 2) beschikt over 7 spans waarbij de onderste limiet van de frequentieband gelijk is aan 1,2% van de ingestelde span: bijvoorbeeld bij instelling van een span van 100 kHz is de bovengrens van de band 100 kHz, de ondergrens 1,2 kHz en de bandbreedte 99,8 kHz. De ondergrens van de frequentieband is nooit kleiner dan 5 Hz.

Het **persoonsgebonden ELF B-veld** werd breedbandig in de 40 Hz – 1000 Hz frequentieband bepaald door het gelijktijdig dragen van 3 EMDEX LITE (tabel B2 bijlage 6.1.2) op één van de enkels, de heupen en de schouders. Op die manier werd het B-veld op 3 verschillende menshoogtes tijdens de bustrajecten bepaald.

Het persoonsgebonden B-veld werd alleen onder omstandigheid 3 geregistreerd.

De figuren 30 en 31 illustreren respectievelijk een bustype en de plaatsing van de meetsonde op een bepaalde plaats in de bus voor het meten van het ELF veld.

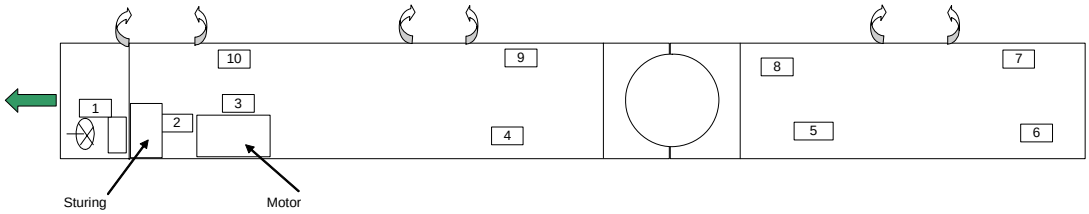
Figuur 30: Bustype AG300 waarin de EMV-en gemeten werden

Figuur 31: Meting van het ELF-veld in een bus

2.3.1.3 Meetresultaten van het statisch magnetisch inductieveld (B-veld)

a) Bustype VH AG300 busnummer 8833

Figuur 32 toont het bovenaanzicht van de bus met de verdeling van de meetpunten (1 – 10) waarin het plaatsgebonden statisch B-veld gemeten werd ter hoogte van de schouders, de heupen en de enkels van een proefpersoon van gemiddelde grootte (1,75 m).



Figuur 32: Schema van AG300 bus met 10 vaste meetpunten

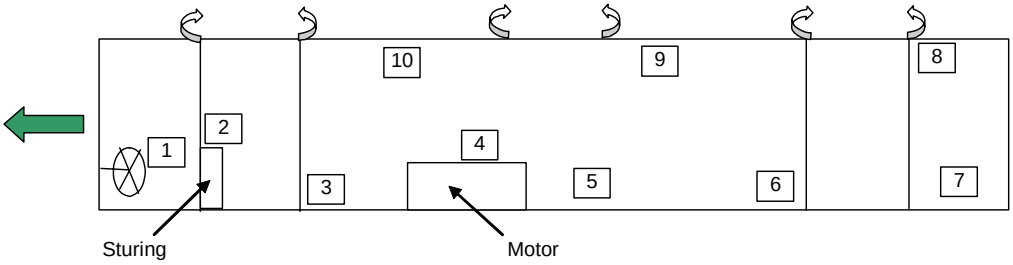
Tabel 32: Verdeling van het statisch B-veld in het bustype VH AG300

Meetpunt in bus	B-veld (mT) schouders	heupen	enkels
1	0,17	0,19	0,19
2	0,15	0,13	0,10
3	0,25	0,23	0,25
4	0,19	0,19	0,18
5	0,17	0,19	0,21
6	0,20	0,20	0,21
7	0,22	0,22	0,23
8	0,24	0,25	0,30
9	0,17	0,14	0,15
10	0,15	0,15	0,18
Gemiddelde	0,19	0,19	0,20
Stdev	0,04	0,04	0,05
Mediaan	0,18	0,19	0,20

Het statisch B-veld dat in ieder punt in de ruimte van de betrokken bus gemeten werd, is substantieel groter dan de backgroundwaarde van 40 à 50 µT (0,04 à 0,05 mT) waaraan de bevolking op een natuurlijke manier blootgesteld wordt. Nochtans stellen wij vast dat de sterkte van ieder B-veld van tabel 32 veel kleiner is dan 40 mT waaraan het algemene publiek volgens de ICNIRP-richtlijn van 1994 (tabel 4) mag blootgesteld worden. De gemiddelde blootstelling is immers overal tenminste 200 keer kleiner dan 40 mT.

b) Bustype VH JKH PREMIER busnummer 8520

Figuur 33 toont het bovenaanzicht van de bus met de verdeling van de meetpunten (1 – 10) waarin het plaatsgebonden statisch B-veld gemeten werd ter hoogte van de schouders, de heupen en de enkels van een proefpersoon van gemiddelde grootte (1,75 m).



Figuur 33: Schema van een JKH PREMIER bus met 10 vaste meetpunten

Tabel 33: Verdeling van het statisch B-veld in het bustype JKH PREMIER

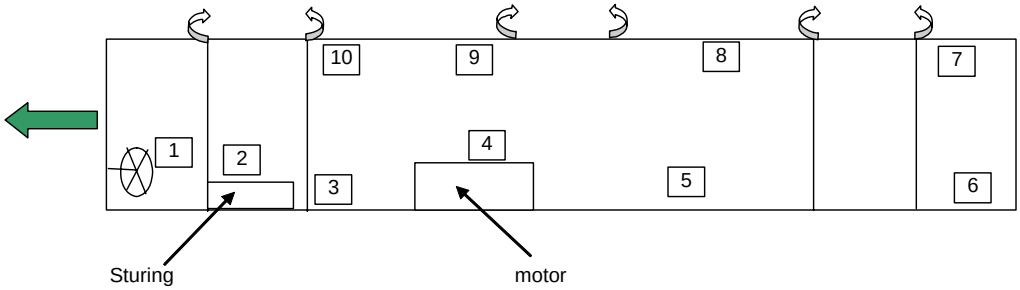
Meetpunt in bus	B-veld (mT)		
	schouders	heupen	enkels
1	0,25	0,33	0,34
2	0,23	0,24	0,25
3	0,11	0,10	0,11
4	0,13	0,16	1,15
5	0,30	0,32	0,33
6	0,25	0,25	0,24
7	0,19	0,18	0,15
8	0,20	0,22	0,21
9	0,10	0,12	0,15
10	0,06	0,08	0,11
Gemiddelde	0,18	0,20	0,30
Stdev	0,08	0,09	0,31
Mediaan	0,20	0,20	0,23

Tabel 33 geeft de sterkte van het B-veld dat in deze punten gemeten werd.

Voor de gegevens van tabel 33 gelden dezelfde vaststellingen als voor die van het eerste bustype AG300. De enige bijkomende vaststelling is dat het gemiddelde B-veld ter hoogte van de enkels (0,30 mT) in de JKH-bus 50% groter is dan dat op dezelfde hoogte in bustype AG300 (20 mT).

c) Bustype VH A300 busnummer 8701

Figuur 34 toont het bovenaanzicht van de bus met de verdeling van de meetpunten (1 – 10) waarin het plaatsgebonden statisch B-veld gemeten werd ter hoogte van de schouders, de heupen en de enkels van een proefpersoon van gemiddelde grootte (1,75 m).



Figuur 34: Schema van A300 bus met 10 vaste meetpunten

Tabel 34 geeft de sterkte van het B-veld dat in deze punten gemeten werd.

Tabel 34: Verdeling van statisch B-veld in bustype A300

Meetpunt in bus	B-veld (mT) schouders	heupen	enkels
1	0,38	0,33	0,30
2	0,13	0,13	0,09
3	0,13	0,11	0,08
4	0,15	0,22	0,22
5	0,18	0,22	0,10
6	0,11	0,19	0,09
7	0,15	0,12	0,10
8	0,15	0,17	0,15
9	0,13	0,15	0,14
10	0,13	0,14	0,17
Gemiddelde	0,16	0,18	0,14
Stdev	0,08	0,07	0,07
Mediaan	0,14	0,16	0,12

Hier gelden dezelfde vaststellingen als voor de twee vorige bussen. Globaal genomen is de veldsterkte in deze bus het zwakst.

d) Blootstellingsstatistieken betreffende het plaatsgebonden statisch B-veld

Tabel 35 geeft een samenvatting van de plaatsgebonden sterkte van het B-veld in de verschillende bustypes. Tevens werden aan de hand van de “pooled data (steekproefgrootte n = 30)” het globale gemiddelde en de 95%-tige betrouwbaarheidsintervallen (95% CL) berekend.

Tabel 35: Globale blootstelling aan het statisch magnetisch inductieveld in de bussen

Bustype	B-veld (mT) schouders	heupen	enkels
VH AG 300	0,19	0,19	0,20
JKH Premier	0,18	0,20	0,30
VH A300	0,16	0,18	0,14
Gemiddelde	0,18	0,19	0,22
Stdev	0,08	0,07	0,07
n	30	30	30

95%CL-O.L	0,15	0,16	0,19
95%CL-B.L	0,21	0,21	0,24

CL: confidence limit, O.L.: onderste limiet, B.L.: bovenste limiet

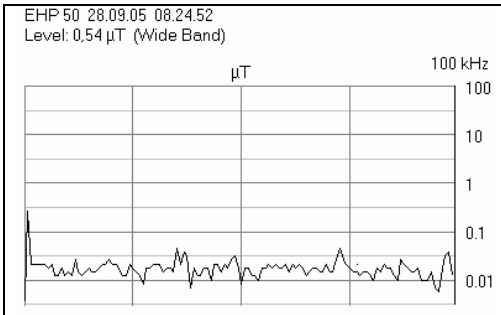
De betrouwbaarheidsintervallen verklaren dat de zekerheid 95 % bedraagt dat wij in de bus ter hoogte van de schouders blootgesteld worden aan een statisch magnetisch inductieveld tussen 0,15 en 0,21 mT. Ter hoogte van de heupen en de enkels is dit niet significant verschillend. Zowel de individuele meetgegevens als de samenvattende blootstellingsstatistieken tonen aan dat het statisch magnetisch veld in de bussen geen probleem vormt voor reizigers met of zonder pacemaker of andere elektronische implantaten.

2.3.1.4 **Meetresultaten van het ELF magnetisch inductieveld**

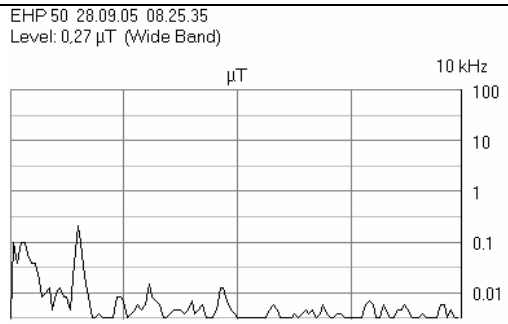
a) Plaatsgebonden magnetisch inductieveld (B-veld)

- Spectrumanalyse in stilstaande bussen met draaiende motor

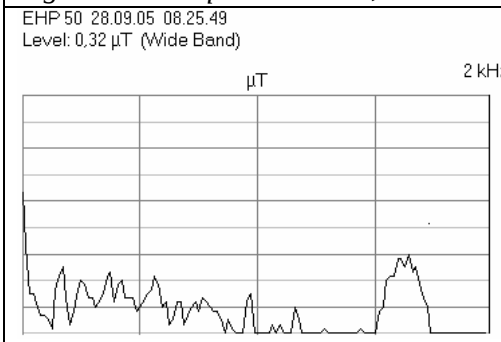
De figuren 35 tot en met 41 tonen de sterkte van het B-veld in functie van de respectievelijke frequentiebanden nabij het elektronicacompartiment van bus VH AG300 met draaiende motor.



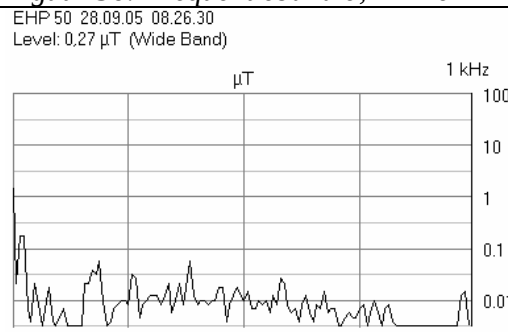
Figuur 35: Frequentieband 1,2 - 100 kHz



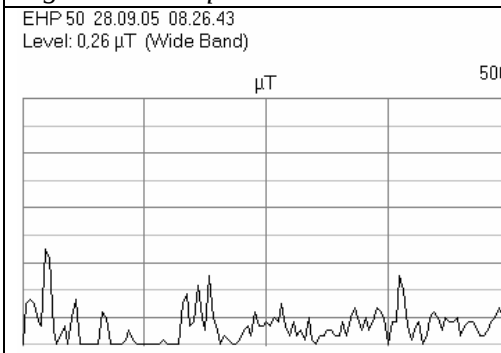
Figuur 36: Frequentieband 0,12 - 10 kHz



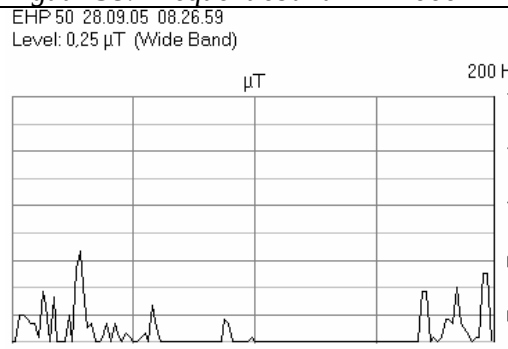
Figuur 37: Frequentieband 24 - 2000 Hz



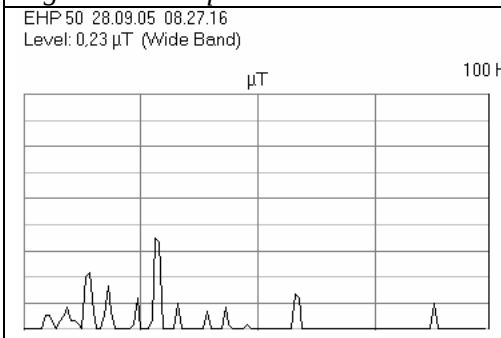
Figuur 38: Frequentieband 12 - 1000 Hz



Figuur 39: Frequentieband 6 - 500 Hz



Figuur 40: Frequentieband 5 - 200 Hz



Figuur 41: Frequentieband 5 - 100 Hz

Uit deze analysen blijkt dat de belangrijkste piekwaarden van het B-veld kunnen optreden bij 25 Hz (figuur 41), 175, 180 en 200 Hz (figuur 40), 1600 Hz (figuur 37) en 1300 Hz (figuur 36). Bij vergelijking van deze piekwaarden met de betrokken referentiewaarden van de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) stellen we vast dat deze piekwaarden geen enkel

risico inhouden voor de gezondheid van de mens. Deze conclusie geldt tevens ook voor de twee andere bussen.

In tabel 36 is de sterkte van het B-veld in functie van de bandbreedte samengevat voor de drie bussen. De analyse gebeurde dicht bij het elektronicacompartiment van iedere bus.

Tabel 36: Sterkte van het B-veld per bustype en per frequentieband

Frequentieband				VH AG300 Bus 8833	JKH PREMIER Bus 8520	VH A300 Bus 8701	ICNIRP (1998)
OL	MP	BL	Freq	B-veld (µT)			
1,2	49,4	100	kHz	0,54	0,29	0,75	6,25
0,12	4,94	10	kHz	0,27	0,16	0,70	6,25
24	988	2000	Hz	0,32	0,16	0,67	6,25
12	494	1000	Hz	0,27	0,11	0,17	100
6	247	500	Hz	0,26	0,11	0,16	100
5	97,5	200	Hz	0,25	0,11	0,14	100
5	48,75	100	Hz	0,23	0,11	0,14	100

OL: onderste limiet van frequentieband, MP: middenpunt van de band, BL: bovenlimiet van band, ICNIRP (1998): maximale blootstellingswaarde die overeenkomt met het MP van de frequentieband

Ofschoon de DC-spanning van de batterij (24 V) omgevormd wordt in een 220 V 50 Hz AC stroom toont de frequentie-analyse aan dat het B-veld het sterkst is in de 1,2 kHz tot 100 kHz band. De reden hiervoor is dat dit de breedste band is (bandbreedte van 99,8 kHz) en de som maakt van alle frequenties die in het elektronicacompartiment aanwezig zijn.
De spectrumanalyse kan beschouwd worden als een methode voor het opsporen van de "worst case" blootstellingssituatie. Daarom zal de plaatsgebonden blootstelling van de passagiers aan het B-veld tijdens de normale bustrajecten geregistreerd worden in het frequentiegebied van 1,2 kHz tot 100 kHz. Daarnaast wordt de persoonsgebonden analyse uitgevoerd waarbij het B-veld geregistreerd wordt in het frequentiegebied van 40 Hz – 1000 Hz.

Tabel 36 toont ook aan dat het sterkst gemeten B-veld (0,752 µT) substantieel kleiner is dan de maximale blootstellingslimiet van de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) waaraan het algemene publiek gedurende 24 uren per dag mag blootgesteld worden.

- B-veld in bussen zonder passagiers

In tabel 37 zijn de resultaten samengevat die gemeten werden tijdens:
- het stilstaan van de bussen met draaiende motor
- het rijden van de bussen op het terrein van de MIVB

Het B-veld werd gemeten in de frequentieband van 1,2 kHz tot 100 kHz.

Tabel 37: B-veld in een stilstaande en een leeg rijdende bus

Meetplaats in stilstaande en rijdende bus	Bustype	B-veld (µT)			Logtijd [min]
		Min.	Max.	Gem.	
Naast elektronicacompartiment	- VH AG300: bus 8833 - JKH PREMIER: bus 8520 - VH A300: bus 8701	0,268 0,266 -	0,863 0,336 -	0,353 0,312 -	1 1 -
Naast motorcompartiment	- VH AG300: bus 8833 - JKH PREMIER: bus 8520 - VH A300: bus 8701	0,306 0,337 1,221	0,851 0,396 1,297	0,622 0,367 1,271	1 1 1
Vooraan - midden bus	- VH AG300: bus 8833 - JKH PREMIER: bus 8520 - VH A300: bus 8701	0,247 0,123 0,100	0,281 0,320 0,140	0,268 0,297 0,110	1 1 1
Midden bus op draaipunt	- VH AG300: bus 8833 - JKH PREMIER: bus 8520 - VH A300: bus 8701	0,251 - 0,763	0,318 - 0,802	0,286 - 0,781	1 † 1
Achteraan in bus	- VH AG300: bus 8833 - JKH PREMIER: bus 8520 - VH A300: bus 8701	0,250 0,251 0,023	0,286 0,293 0,044	0,266 0,267 0,035	1 1 1
Rondrit op terrein: meetsonde tegen motor-compartiment	- VH AG300: bus 8833 - JKH PREMIER: bus 8520 - VH A300: bus 8701	0,251 0,260 0,170	0,500 0,340 0,630	0,339 0,300 0,315	7,6 5,2 7

Min.: minimum; Max.: maximum; Gem.: gemiddeld; VH: Van Hool; JKH: Jonkheere;
-: geen meetwaarden; Logtijd: de tijd dat het B-veld gergistreerd werd

Uit tabel 37 blijkt dat de hoogste maximale B-velden waargenomen worden in de nabijheid van respectievelijk het elektronica- (0,863 µT) en het motorcompartiment (0,851 µT). De hoogste gemiddelde waarde van het B-veld (0,781 µT) wordt waargenomen op het draaipunt in het midden van bus VH A300. Er is geen verschil tussen het B-veld dat gemeten werd in lege stilstaande en lege rijdende bussen.
Indien 6,25 µT aangenomen wordt als strengste blootstellingslimiet die in de frequentieband van 1,2 kHz – 100 kHz door de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) aanbevolen wordt, stellen wij vast dat de blootstellingen zelfs in deze “worst case” situatie conform zijn met de limiet. Er stelt zich in dit geval geen enkel probleem voor dragers van pacemakers of andere elektronische implantaten.

- B-veld in bussen tijdens normale stadsritten met passagiers

Tabel 38 toont de sterkte van het B-veld dat tijdens de normale reistrajecten (bussen propvol met passagiers) gedurende 2 uren op heuphoogte in de “worst case situation” (frequentieband 1,2 kHz tot 100 kHz) geregistreerd werd.

Tabel 38: B-veld in volle bussen tijdens normale reistrajecten

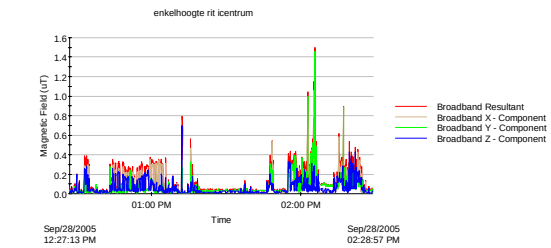
Traject en nummer van bus	B-veld (µT)		
	Min.	Max.	Gem.
Halte Haren naar Naamse Poort met bus 54	0,260	0,531	0,395
Naamse Poort naar Halte Haren III met bus 54	0,213	0,970	0,389
Naamse Poort naar Schone Kunsten met bus 71	0,214	0,756	0,361
Schone Kunsten naar Naamse Poort met bus 71	0,196	0,640	0,305
Naamse Poort naar Fetis (Transvaal) en terug Naamse Poort met bus 34	0,150	0,853	0,276

Min.: minimum; Max.: maximum; Gem.: gemiddelde

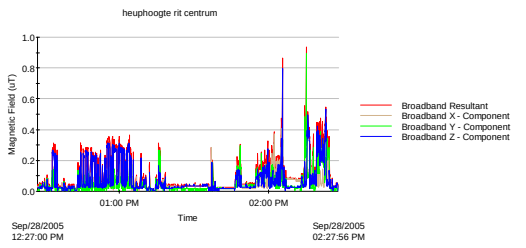
Uit de vergelijking van de gegevens van tabel 37 en tabel 38 blijkt dat stilstaan of rijden met en zonder passagiers geen noemenswaardige invloed heeft op de sterkte van het B-veld dat in de bus gegenereerd wordt. Het sterkste B-veld dat gemeten werd, bedraagt 0,85 µT en is bijna 10 keer kleiner dan de strengste ICNIRP (1998) blootstellingslimiet van 6,25 µT die gehanteerd werd. Dragers van elektronische implantaten kunnen onbekommerd de bus nemen zonder enige kans op interferentie met het B-veld.

2.3.1.4.1 2.3.1.4.2 Persoonsgebonden magnetisch inductieveld (B-veld)

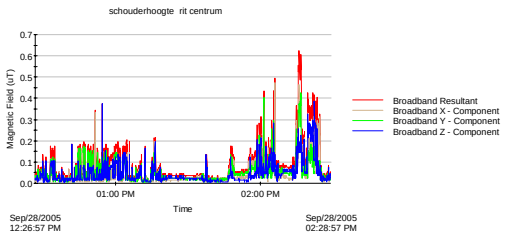
De figuren 42, 43 en 44 tonen respectievelijk het profiel van het B-veld dat tijdens alle busritten gelijktijdig geregistreerd werd op de enkels, de heupen en de schouders van een proefpersoon.



Figuur 42: B-veld op enkelhoogte



Figuur 43: B-veld op heuphoogte



Figuur 44: B-veld op schouderhoogte

In tabel 39 zijn de blootstellingsstatistieken van deze figuren samengevat.

Tabel 39: Persoonsgebonden B-veld geregistreerd tijdens de normale bustrajecten

Plaats van dosismeter	B-veld (µT)				
	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Stdev.	Median
Enkelhoogte	0,01	1,50	0,11	0,13	0,05
Heuphoogte	0,01	0,97	0,11	0,10	0,06
Schouderhoogte	0,01	0,63	0,09	0,09	0,05

De maximale waarde van alle willekeurige punten waarin het B-veld in de ELF-frequentieband tussen 40 Hz en 100 Hz gemeten werd, bedraagt 1,5 µT ter hoogte van de enkel. Deze waarde is substantieel groter dan de natuurlijke background van 0,01 µT, maar betekenisvol lager dan de 100 µT waaraan de algemene bevolking volgens de aanbevelingen van ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) mag blootgesteld worden.

2.3.1.5 Besluit en aanbevelingen betreffende het magnetisch veld in bussen

Uit de meetresultaten kunnen we besluiten dat zowel het statisch als het ELF magnetisch inductieveld (B-veld) in de bussen substantieel groter is dan hun respectievelijke backgroundwaarden die op een natuurlijke wijze in ons leefmilieu gegenereerd worden. Het belangrijkste besluit is nochtans dat de resultante, het B-veld, van beide veldsoorten veel zwakker is dan hun respectievelijke referentiewaarden van ICNIRP-richtlijn 1998 (tabel 5) die voor het algemene publiek met inbegrip van dragers van pacemakers en andere elektronische implantaten aanbevolen worden. Hieruit blijkt dat door de beheerders geen bijkomende acties moeten ondernomen worden om de burger beter te beschermen tegen de elektromagnetische velden die in de bussen geproduceerd worden.

2.3.2 Elektromagnetische velden in de metrostellen

2.3.2.1 Inleiding

De elektromagnetische velden waaraan de bevolking tijdens het reizen met de metro blootgesteld wordt, zijn het statisch magnetisch inductieveld en het magnetisch wisselspanningsveld.
De elektrische uitrusting [30] die in de tractievoertuigen van de metrotrein aanwezig is en deze velden kan genereren, zijn:

- de apparaten voor de stroomafname
- de stuurapparaten
- de vermogenapparaten, de rem- en controleapparaten met o.a. de tractiemotoren[9]
- de omvormergroep met batterij en de hulpdiensten die ervan afhangen
- de hoogspanningshulpgroepen

[9] In een tractievoertuig zijn twee ME 155 S-type tractiemotoren aanwezig die ononderbroken in dienst zijn en de volgende eigenschappen hebben: spanning 350 V, stroom 820 A, snelheid 1688 t/min (niet geshunt), vermogen 263,75 kW, overeenkomstig koppel 152 kgm, maximale aanzetstroom 1200 A, maximale remstroom 1050 A, maximale rotatiesnelheid 3.180 t/min [19]

Volgens het activiteitenverslag 2003 van de MIVB [29] werden per metrostel 102,5 miljoen reizen op het net uitgevoerd. Het gemiddelde bezettingspercentage van alle voertuigen (bus, metro, tram) bedroeg 14,58%. De individuele bezettingsgraad van de metro wordt echter niet in het activiteitenverslag vermeld.

De MIVB beschikt over metrotreinen die respectievelijk bestaan uit twee en drie voertuigstellen. De tweestellen bestaan uit twee in spiegelbeeld aan elkaar gekoppelde tractievoertuigen, de driestellen bestaan uit drie voertuigen waarvan de twee uiterste tractievoertuigen zijn en het middelste een tussenrijtuig zonder tractie. Een metrotrein kan maximum uit vijf voertuigen bestaan.

2.3.2.2 **Materiaal en methode**

De elektromagnetische velden (EMV-en) werden gemeten in een metrostel bestaande uit twee tractiestellen (zie schema bij bespreken van resultaten).

Zoals in de bussen werden de volgende EMV-en gemeten:
- het plaatsgebonden statisch magnetisch inductieveld of magnetische fluxdichtheid (B-veld).
- het plaats- en persoonsgebonden ELF magnetisch inductieveld of magnetische fluxdichtheid (B-veld).

Het **plaatsgebonden statisch B-veld** werd op 10 vaste meetpunten in de metro (zie schema's bij meetresultaten) gemeten door middel van de ETM-1 3-axis Hall magnetometer (tabel B1 bijlage 6.1.1).

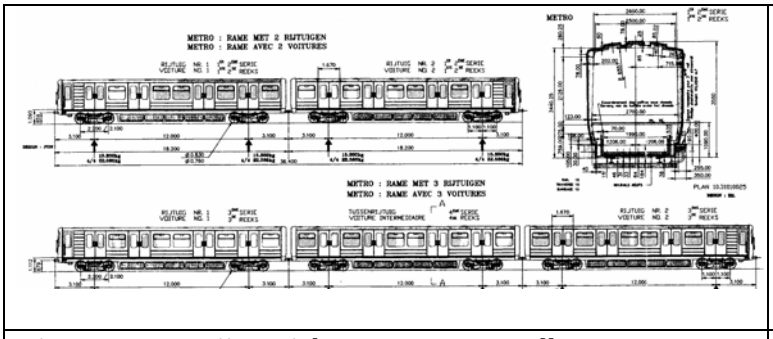
Het **plaatsgebonden ELF B-veld** werd gemeten door middel van de PMM-uitrusting (tabel B4 en B5 bijlage 6.1.2). Na voorafgaandelijke testing werd besloten om de frequentieanalyse van het ELF magnetisch veld uit te voeren in de frequentieband van 24 Hz tot 2 kHz. De metingen werden uitgevoerd tijdens het accelereren, het rijden op kruissnelheid en het remmen van de metrovoertuigen.

Het plaatsgebonden B-veld werd in het trekkende tractievoertuig van een metrotrein met drie voertuigen gemeten. De metingen gebeurden onder de volgende omstandigheden:
- tijdens het accelereren
- tijdens het rijden op kruissnelheid
- tijdens het remmen

Er werd gemeten op twee trajecten:
- de testbaan
- het exploitatietraject

Het **persoonsgebonden ELF B-veld** werd breedbandig in de 40 Hz – 1000 Hz frequentieband bepaald door het gelijktijdig dragen van 3 EMDEX LITE (tabel B2 bijlage 6.1.2) op één van de enkels, heupen en schouders. Op die manier werd het B-veld op 3 verschillende menshoogtes tijdens de trajecten bepaald.

Figuur 45 illustreert zij- en vooraanzicht van een metrotrein met twee en respectievelijk drie metrostellen. Figuur 46 toont de opstelling van de meetsonde om het ELF-veld te meten nabij de deur van de metro.

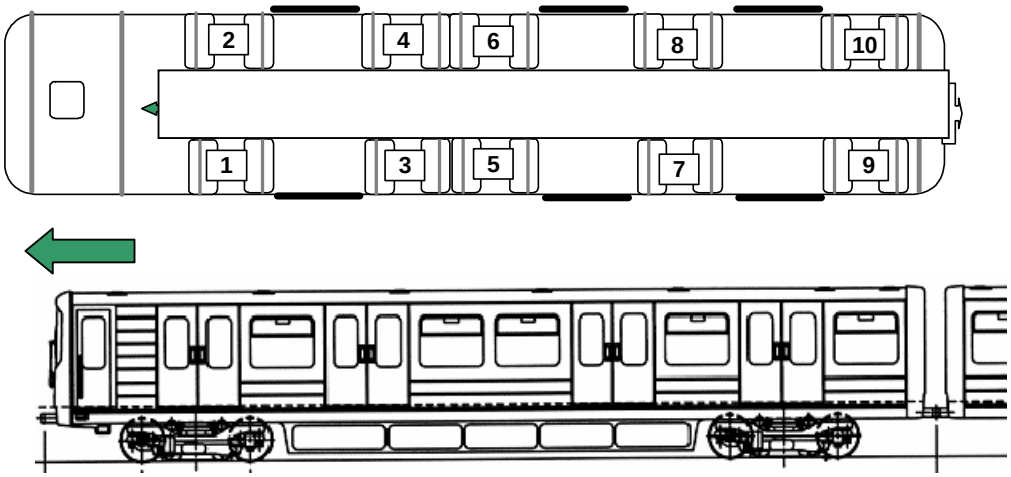


Figuur 45: Zijaanzicht van metrostellen met 2 en respectievelijk 3 voertuigen (bron MIVB)

Figuur 46: Meting in een metrovoertuig

2.3.2.3 Meetresultaten van het statisch magnetisch inductieveld (B-veld)

Figuur 47 toont het boven- en zijaanzicht van het metrostel waarin de EMV-en gemeten werden. In het bovenaanzicht zijn de plaatsen (1 – 10) aangeduid waarin het statisch B-veld gemeten werd.



Figuur 47: Boven- en zijaanzicht van een tractievoertuig waarin de EMV-en gemeten werden

Tabel 40 toont de sterkte van het B-veld dat op borsthoogte van de zittende passagier herhaaldelijk (n) tijdens de verschillende acties van de metro op de 10 plaatsen gemeten werd.

Tabel 40: Statisch B-veld (mT) tijdens verschillende acties van metro op borsthoogte

	Actie Metro										
Meetpunt	Stilstaan		Optrekken		Kruissnelheid		Remmen				Prob.
in metro	mT	n	mT	n	mT	n	mT	n	N	B>0,5 mT	B > 0,5 mT
1	0,12	11	0,29	18	0,16	15	0,15	9	53	0	0,00
2	0,20	1	0,20	1	0,20	1	0,20	1	4	0	0,00
3	0,20	1	0,20	1	0,20	1	0,20	1	4	0	0,00
4	0,12	12	0,40	10	0,16	14	0,26	9	45	1	0,02
5	0,13	7	0,29	10	0,15	18	0,18	13	48	0	0,00
6	0,18	10	0,46	18	0,28	13	0,38	10	51	10	0,20
7	0,11	10	0,13	14	0,10	12	0,13	10	46	0	0,00
8	0,07	6	0,15	4	0,09	6	0,14	7	23	0	0,00
9	0,13	4	0,15	7	0,12	4	0,11	6	21	0	0,00
10	0,12	7	0,18	5	0,12	6	0,14	5	23	0	0,00
Gemiddelde	0,14		0,25		0,16		0,19				0,03
Totaal		69		88		90		71	318	11	

In totaal werden 318 metingen (N) uitgevoerd tijdens het stilstaan (n = 69), het optrekken (n = 88), het normaal rijden (n = 90) en het remmen (n = 318) van de metro.
In ieder meetpunt werd het sterkste B-veld gegenereerd tijdens het optrekken (gemiddelde van 0,25 mT) van het metrostel. Tijdens het afremmen was het B-veld meestal sterker dan tijdens het normaal rijden en het stilstaan. In 1 kans op 5 (0,20) is het B-veld in punt 6 groter dan 0,5 mT (Prob. B > 0,5 mT), in meetpunt 4 is deze kans 1/50 en op de andere plaatsen is de kans onbestaande dat 0,5 mT overschreden wordt. In meetpunt 6 is de kans dat 0,5 mT tijdens het optrekken overschreden wordt ongeveer 1 op 2: de overschrijding van 0,5 mT werd vastgesteld in 8 van de 18 metingen. Tijdens het remmen is deze kans 1 op 4,5 (2/9).
Omdat in meetpunt 6 tijdens het optrekken een redelijke kans bestaat dat de interferentiedrempel van 0,5 mT overschreden wordt is het op basis van de interpretatie van de ICNIRP-richtlijn 1994 (tabel 4) en op basis van het voorzorgsprincipe aangeraden dat dragers van pacemakers of andere ferromagnetische of elektronische implantaten niet plaatsnemen op de zetel die overeenstemt met meetpunt 6. Om dit te verhinderen kan enerzijds een waarschuwingspictogram (zie bijlage 6.2.1) op deze plaats worden aangebracht of anderzijds op de plaats van meetpunt 6 geen zetel geplaatst worden. Om deze aanbevelingen in hun juiste kader te plaatsen moet er nochtans op gewezen worden dat in de literatuur nooit melding gemaakt werd van dergelijke interferenties in metrostellen. Bovendien wordt nergens beschreven hoe groot de kans is dat dit soort interferentie optreedt indien de sterkte van het gemeten B-veld het interferentieniveau van 0,5 mT overschrijdt.

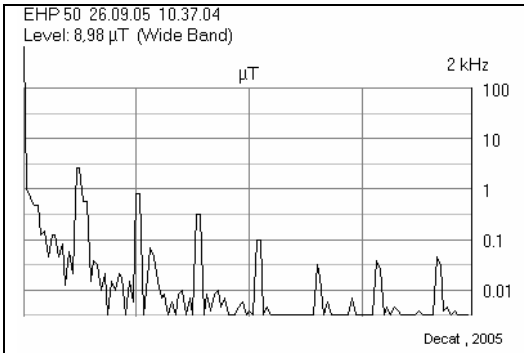
Voor niet-dragers van pacemakers of ferromagnetische of andere elektronische implantaten is er geen enkel risico in deze metrostellen te verwachten. De gemeten waarden zijn immers verwaarloosbaar klein t.o.v. de 40 mT waaraan het algemene publiek doorlopend mag blootgesteld worden volgens de ICNIRP-richtlijn van 1994 (tabel 4).

2.3.2.4 Meetresultaten van het ELF magnetisch inductieveld in de metrotrein

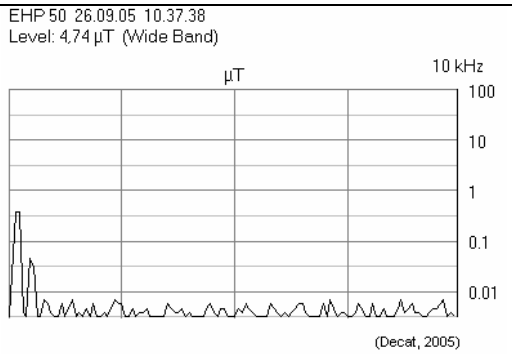
a) Plaatsgebonden magnetisch inductieveld (B-veld)

- Spectrumanalyse

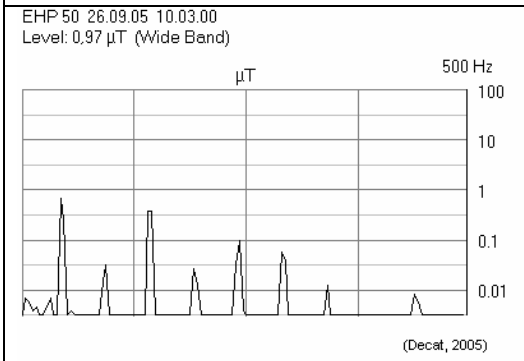
De figuren 48 tot 51 geven een samenvatting van het frequentiespectrum van het B-veld dat in het midden van het 1ste metrostel waargenomen werd:
- boven de spoel[10] tijdens een normale exploitatierit;
- achteraan de spoelzijde tijdens de stilstand.



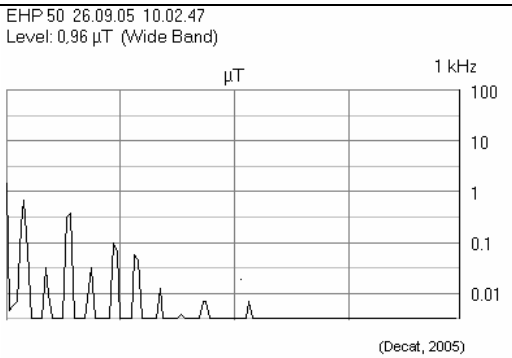
Figuur 48: Spectrum van B-veld boven spoel: frequentieband 24 Hz tot 2000 Hz



Figuur 49: Spectrum van B-veld boven spoel: frequentieband 120 Hz tot 10 000 Hz



Figuur 50: Spectrum van B-veld achteraan de spoelzijde van stilstaand metrostel: frequentieband 6 Hz tot 500 Hz



Figuur 51: Spectrum achteraan de spoel-zijde van stilstaand metrostel: frequentieband 12 Hz tot 1000 Hz

Uit deze figuren leiden we af dat de piekwaarden van het B-veld boven de spoel tijdens het rijden voorkomen in de 24 Hz – 2000 Hz frequentieband en bij stilstand achter de spoel in de

[10] De spoel is een onderdeel van de ingangsfilter die deel uitmaakt van de controle- en vermogenapparaten van de metro. Het is een gemeenschappelijke ingangsspoel voor twee vermogensuitrustingen: de eerste voor de uitrusting van het eerste rijtuig en de tweede voor het tweede rijtuig. Het is een spoel met een open magnetische kring die bestaat uit een centraal magnetische kern en een wikkeling in alu-banden. Dit spoel wordt in een continuregime bepaald op 0,5 mH – 1700 A [22].

6 Hz tot 500 Hz band. De som van de frequenties die op een bepaald willekeurig ogenblik tijdens de exploitatierit optraden in de band van 24 Hz – 2000 Hz bedroeg ongeveer 9 µT en bevat een zestal harmonischen gaande van ongeveer 250 Hz tot 2 kHz (figuur 48). De harmonsichen achter de spoel van het stilstaande metrostel bevinden zich vooral in de 6 Hz tot 500 Hz band (figuur 50).

Voor het toetsen van de blootstelling aan de gemeten piekwaarden met de referentiewaarden van de ICNIRP-blootstellingsrichtlijn van 1998 (tabel 5) gaan we uit van de maximale blootstellingslimiet voor meervoudige frequentie. Volgens de formule:

$$\sum_{10MHz}^{10GHz} \left(\frac{E^2 i}{E^2 i - ref}\right) < 1$$

met :

E^2_i = *gemeten veldsterkte bij een frequentie i*

$E^2_{i\text{-}ref}$ = *referentiewaarde van de norm bij een overeenkomstige frequentie i*

mag de som van het kwadraat van de verhouding tussen het gemeten B-veld van een meetsite (in dit geval de metrotrein) en de referentiewaarde van de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) niet groter zijn dan 1.
Voor het toepassen van deze formule op de piekwaarden die gemeten werden in het 1ste metrostel gaan we uit van de "worst case" situatie waarbij verondersteld wordt dat de piekwaarden die tijdens de stilstand van de metro (figuur 50) geobserveerd werden ook voorkomen tijdens het rijden (figuur 48). Uit deze veronderstelling werd tabel 41 opgesteld.

Tabel 41: Verhouding van het gemeten B-veld en de overeenkomstige referentiewaarde van ICNIRP (1998) voor het beantwoorden aan het meervoudige frequentietoetsingscriterium

Frequentie (kHz)	B-veld (µT)		(Gem/Ref)²
	Gemeten (Gem.) piekwaarde	ICNIRP (1998) Referentie (Ref)	
0,075	1,00	66,67	0,00022
0,125	0,50	40,00	0,00015
0,25	1,50	20,00	0,00562
0,5	1,00	10,00	0,01000
0,75	0,50	6,67	0,00562
1	0,10	6,25	0,00025
1,25	0,05	6,25	0,00006
1,5	0,05	6,25	0,00006
1,75	0,05	6,25	0,00006
$\sum(B_{i(gem)}/B_{i\,(ref)})^2$			0,02207
0,025 kHz - 0,80 kHz: Referentie B-veld (µT) = 5/f (f in kHz)			
0,80 kHz - 3 kHz: Referentie B-veld (µT) = 6,25			

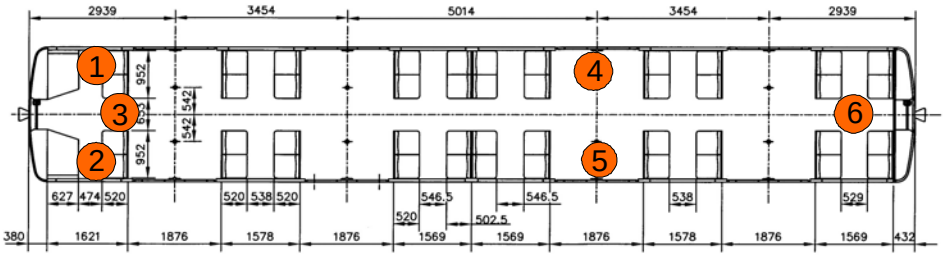
Omdat ieder afzonderlijk gemeten B-veld van tabel 39 kleiner is dan de overeenkomstige ICNIRP (1998) referentiewaarde (tabel 5) enerzijds en $\sum(B_{i(gem)}/B_{i\,(ref)})^2$ tenminste 45 keer

kleiner is dan 1, kan men stellen dat de harmonischen die in het metrostel geproduceerd worden, geen probleem vormen voor de reizigers.

- Blootstelling aan B-veld tijdens acceleratie en afremmen van de metrotrein

Deze metingen werden uitgevoerd op een testtraject zonder passagiers.

Figuur 52 geeft een overzicht van de locaties waar het B-veld gemeten werd tijdens de testritten voor het bepalen van de eventuele invloed van acceleratie en afremming op de grootte van het B-veld t.o.v. de blootstellingslimiet.



Figuur 52: Bovenaanzicht van een 1ste metrostel met uitzetting van de meetpunten

De meetpunten komen overeen met de volgende plaatsen in de metro:
1: vooraan rechts, 2: vooraan links, 3: boven motor vooraan in midden van gang,
4: middendeur rechts, 5: middendeur links, 6: boven motor achteraan.

- **B-veld tijdens accelereren en remmen van metro**

Deze metingen werden uitgevoerd op het testtraject terwijl met vol vermogen geaccelereerd en maximum afgeremd werd. In ieder meetpunt werden de metingen minimaal twee keer (n = 2) herhaald

Tabel 42: Statistieken van het B-veld per meetpunt tijdens het accelereren en afremmen van een metrotrein

Meetpunt	B-veld (µT)			
	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Logtijd (sec)
1	0,45	1,23	0,52	238
n = 5	0,45	1,12	0,75	50
	0,30	0,89	0,51	69
	0,44	1,24	0,45	
	0,46	1,24	0,54	
2	0,30	1,22	0,73	
n = 3	0,30	1,60	0,81	
	0,30	1,42	0,66	119
3	0,12	0,73	0,57	141
n = 4	0,12	0,70	0,38	
	0,11	0,70	0,36	
	0,10	0,77	0,36	

4 n = 4	0,49	1,11	0,65	
	0,52	6,90	3,58	
	0,52	6,75	3,58	116
	0,13	5,87	2,67	146
5 n = 2	0,20	0,48	0,25	
	0,19	3,34	1,37	121
6 n = 4	0,058	0,08	0,06	
	0,06	1,70	0,70	107
	0,06	1,14	0,70	
	0,07	1,70	0,70	

Uit tabel 42 blijkt dat het sterkste B-veld bij herhaling gevonden werd in meetpunt 4 waar tevens de spectrumanalyse van figuur 48 werd uitgevoerd. Uitgaande van de vergelijking die gemaakt werd tussen de gegevens van o.a. figuur 48 en de ICNIRP (1998) blootstellingslimieten voor enkelvoudige en meervoudige frequenties kunnen we stellen dat het B-veld tijdens het accelereren en afremmen ook conform is aan de referentiewaarde van de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5).

- **Blootstelling aan B-veld tijdens normale exploitatierit met passagiers**

Omdat tijdens de exploitatierit de metro zo vol zat dat er slechts mogelijkheid was voor het uitvoeren van één meting werd, omwille van de grootste veldsterkte, de voorkeur gegeven aan meetpunt 4.

Tabel 43 geeft de samenvattende statistieken van de blootstelling aan het B-veld tijdens de heenreis (registratieduur 13,5 min) en de terugreis op de exploitatielijn. Het B-veld werd geregistreerd in de frequentieband van 24 Hz – 2kHz.

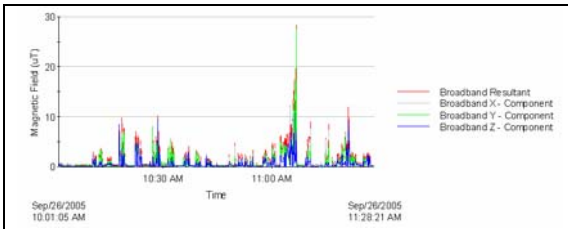
Tabel 43: Statistieken van het B-veld op de exploitatielijn

Meetpunt	Reisweg	Minimum [µT]	Maximum [µT]	Gemiddelde [µT]	Logtijd [min]
4	Heen	0,09	6,36	2,37	13,5
	Terug na rangeren	0,42	7,06	4,13	5

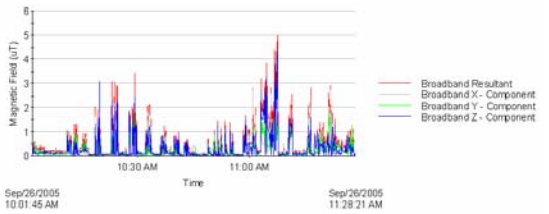
Het maximum B-veld dat tijdens de heen- en terugreis gevonden werd, is hetzelfde als hetgene dat gevonden werd in hetzelfde meetpunt op de testrit tijdens het accelereren en afremmen. Dit houdt dan ook in dat de plaatsgebonden blootstelling in de metro tijdens de exploitatiereizen conform is aan de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) voor enkelvoudige en meervoudige frequenties.

b) Persoonsgebonden magnetisch inductieveld (B-veld)

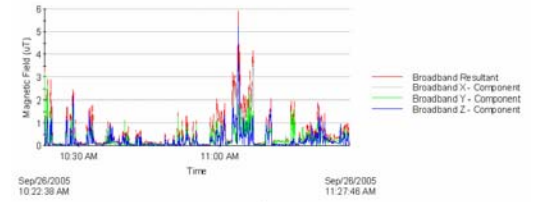
Het persoonsgebonden B-veld werd in het 1ste metrostel gedurende een paar uren geregistreerd in de frequentieband van 40 Hz tot 1000 Hz. Het B-veld werd gelijktijdig geregistreerd ter hoogte van de enkels (figuur 53), de heupen (figuur 54) en de schouders (figuur 55).



Figuur 53: B-veld ter hoogte van enkels



Figuur 54: B-veld ter hoogte van heupen



Figuur 55: B-veld ter hoogte van schouders

Terwijl de figuren 53 tot 55 een beeld geven van de variatie van het B-veld in functie van de registratieduur worden in tabel 44 de blootstellingsstatistieken samengevat.

Tabel 44:Statistieken van het ELF B-veld in een metrostel op enkel-, heup- en schouderhoogte

	B-veld (µT)				
B-veld dosismeter ter hoogte van:	Minimum	Maximum	Gemiddelde	Stdev.	Mediaan
Enkel passagier	0,05	28,5 n = 2	1,86	2,88	0,70
Heup passagier	0,04	5,00	0,66	0,82	0,33
Schouder passagier	0,03	6,00	0,63	0,80	0,28
Broekzak bestuurder	0,03	3,00	1,16	0,31	1,18

n = 2: tijdens de testrit werd dezelfde waarde gemeten

Ter hoogte van de enkel, heup en schouder werd een ogenblikkelijke piekwaarde geobserveerd van respectievelijk 28,5 µT, 5 µT en 6 µT. Indien we deze waarden uitmiddelen, bekomen we een gemiddelde gehele lichaamsblootstelling van ongeveer 13,2 µT. Aangezien de maximale toegelaten gehele lichaamsblootstelling die door de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) voor de algemene bevolking 100 µT bedraagt, vormt 13,2 µT absoluut geen enkel gevaar voor de gezondheid van de mens.
Voor wat de interferentie met pacemakers of andere ferromagnetische of andere elektronische implantaten betreft, is 28,5 µT te zwak om deze implantaten te verstoren.

c) Besluit en aanbevelingen voor reizigers met de metro

- **Statisch magnetisch veld**

De blootstelling aan het statisch magnetisch inductieveld (B-veld) in de metro is volledig conform aan de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) voor personen die geen pacemakers of andere elektronische implantaten dragen. Deze reizigers kunnen onbekommerd de metro nemen.
Omdat er een redelijke kans (1/5) bestaat dat de 0,5 mT grens voor interferentie met pacemakers of andere ferromagnetische of andere elektronische implantaten overschreden wordt op zitplaats 6, wordt aanbevolen dat daar best geen dragers van dergelijke implantaten plaatsnemen. Om alle risico op interferentie uit te sluiten wordt deze plaats best niet als zit- of staanplaats gebruikt. Bovendien wordt op deze plaats liefst een pictogram (zie bijlage 6.2.1) aangebracht dat waarschuwt voor mogelijke interferentie tussen het statisch magnetisch veld dat op deze plaats gegenereerd wordt en de aangehaalde implantaten.

- **ELF magnetisch veld**

De blootstelling aan het ELF statisch magnetisch inductieveld (B-veld) is conform aan de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) en houdt tevens geen gevaar in voor interferentie met elektronische of ferromagnetische implantaten.

2.3.3 Elektromagnetische velden in de tram

2.3.3.1 Inleiding

Indien de tram zich niet in de omgeving van hoogspanningsleidingen en/of zendmasten bevindt is de belangrijkste externe bron van interne blootstelling de elektrische bovenleiding (700 V gelijkspanningsstroom). De belangrijkste interne bronnen zijn de elektrische uitrustingen met o.a. de driefasen motoren (380 V) en de stroomkabels die onder de vloer lopen.

De interne elektromagnetische velden waaraan de bevolking tijdens het reizen met de tram blootgesteld wordt zijn het statisch magnetisch inductieveld en het ELF magnetisch wisselspanningsveld. Door de steeds toenemende elektronica in de tram enerzijds en de dichtheid van zendmasten doorheen het landschap anderzijds werd op een selectieve manier (spectrumanalyse) onderzocht of de radiofrequentiestraling (RF-straling) in het frequentiegebied van 25 MHz tot 3 GHz van enige betekenis kan zijn tijdens het reizen met de tram.

Volgens het activiteitenverslag 2003 van de MIVB [29] werden per tram 63,5 miljoen reizen op het net uitgevoerd. Het gemiddelde bezettingspercentage van alle voertuigen (bus, metro, tram) bedroeg 14,58%. De individuele bezettingsgraad van de tram wordt echter niet in het activiteitenverslag vermeld.

2.3.3.2 Materiaal en methode

In de tram werden de volgende EMV-en gemeten:
- de statische en ELF magnetische inductievelden
- de radiofrequentiestraling (RF-straling) eventueel afkomstig van externe (down-link) zendmasten (radio- & TV-zenders, GSM-masten, etc.), van de interne elektronica of door het gebruik van de mobilofoon (up-link) in de tram

Het **plaatsgebonden statisch B-veld** werd op 12 vaste meetpunten in de tram (zie schema's bij meetresultaten) gemeten door middel van de ETM-1 3-axis Hall magnetometer (tabel B1 bijlage 6.1.1).

Het **plaatsgebonden ELF B-veld** werd gemeten door middel van de PMM-uitrusting (tabel B4 en B5 bijlage 6.1.2).

Het **persoonsgebonden ELF B-veld** werd breedbandig in de 40 Hz – 1000 Hz frequentieband bepaald door het gelijktijdig dragen van 3 EMDEX LITE (tabel B2 bijlage 6.1.2) op één van de enkels, heupen en schouders. Op die manier werd het B-veld op 3 verschillende menshoogtes tijdens de tramtrajecten bepaald.

De **plaatsgebonden RF-straling** werd door middel van spectrumanalyse uitgevoerd in het frequentiegebied van 25 MHz – 3 GHz. De metingen gebeurden door middel van het Fieldcop toestel (tabel B11 bijlage 6.1.5).
Alle metingen werden uitgevoerd tijdens het stilstaan, het rijden op kruissnelheid en het accelereren van de 4 volgende tramstellen:
- tramstel 1: type T2018
- tramstel 2: type 7000 (47 jaar oud)
- tramstel 3: type 7906B
- tramstel 4: type 7802B

Dit zijn de enige types van tramstellen die bij de MIVB in gebruik zijn.
Bij de bespreking van de resultaten wordt geïllustreerd en beschreven waar de plaatsgebonden B-velden gemeten werden.

De figuren 56 en 57 illustreren respectievelijk een tramstel en een meting in een tramstel.

Figuur 56: Tramstel 7802B

Figuur 57: RF- en ELF- meting in tramstel

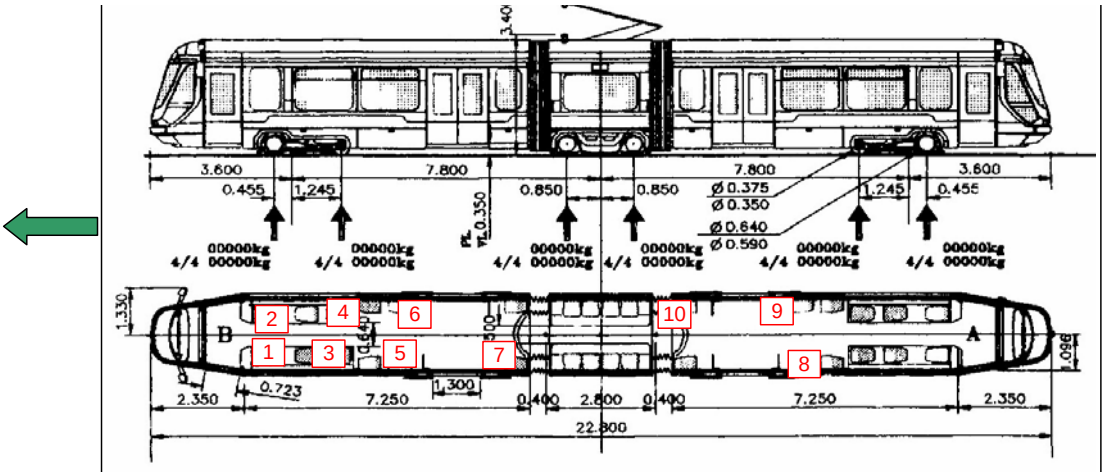
2.3.3.3 Meetresultaten van het statisch en het magnetisch inductieveld (B-veld) in de tram

In dit hoofdstuk wordt eerst de afzonderlijke blootstelling per tramsteltype besproken en daarna worden aan de hand van de samenvattende statistieken het besluit en de eventuele aanbevelingen geformuleerd.

Alle metingen van het statisch B-veld werden uitgevoerd terwijl de tramstellen een testparcours aflegden op de testbaan.

a) B-veld in tramtype 2000 stel 2018

Figuur 58 toont het zij- en bovenaanzicht van het tramstel. Er werd op 10 verschillende plaatsen in het tramstel gemeten (zie meetpunten bovenaanzicht).



Figuur 58: Schema van een tramstel T2000 met de verdeling van de meetpunten

Tabel 45 toont de maximale sterkte van het statisch B-veld dat ter hoogte van de enkels, de heupen en de schouders in de verschillende meetplaatsen gemeten werd. De metingen werden uitgevoerd wanneer de tram stilstond, optrok, normaal reed en afremde.

Tabel 45:Verdeling van het B-veld in een tramstel 2000

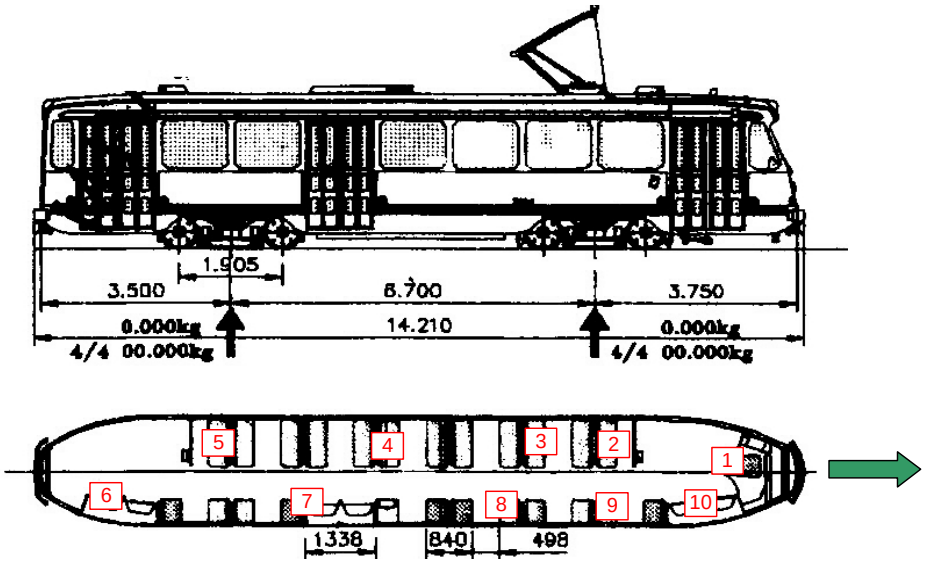
Meetplaats in tram	B-veld (mT) ter hoogte van:		
	schouder	heup	enkel
1	0,43	0,35	0,37
2	0,35	0,37	0,42
3	0,07	0,1	0,22
4	0,11	0,22	0,13
5	0,32	0,06	0,10
6	0,24	0,17	0,16
7	0,09	0,22	0,19
8	0,16	0,14	0,12

9	0,24	0,15	0,17
10	0,09	0,13	0,16

De sterkte van het B-veld dat op de 10 meetplaatsen geobserveerd werd was onder alle omstandigheden veel zwakker dan de maximale blootstellingslimiet van 40 mT (tabel 4) waaraan niet-dragers van elektronische implantaten doorlopend mogen blootgesteld worden. Omdat alle veldsterkten ook kleiner zijn dan de interferentielimiet van 0,5 mT vormt de blootstelling ook geen probleem voor dragers van pacemakers of ferromagnetische of andere elektronische implantaten.

b) B-veld in tramtype 7000 stel 7007

Figuur 59 toont het zij- en bovenaanzicht van het tramstel. Er werd op 10 verschillende plaatsen in het tramstel gemeten (zie meetpunten bovenaanzicht).



Figuur 59: Schema van een tramstel T7000 met de verdeling van de meetpunten

Tabel 46 toont de sterkte van het B-veld dat onder verschillende omstandigheden op borsthoogte van een zittende passagier gemeten werd. Om zeker te zijn dat op bepaalde plaatsen geen interferentieproblemen van het B-veld met elektronische implantaten zouden optreden, werden op deze plaatsen repetitieve (n) metingen uitgevoerd.

Tabel 46: Verdeling van het B-veld in een tramstel T7000

Meetpunt in tram	B-veld (mT) op borsthoogte van zittende passagier		
	n	Gemiddelde	stdev
1	28	0,10	0,02
2	30	0,11	0,03
3	3	0,03	-
4	3	0,03	-
5	3	0,07	-

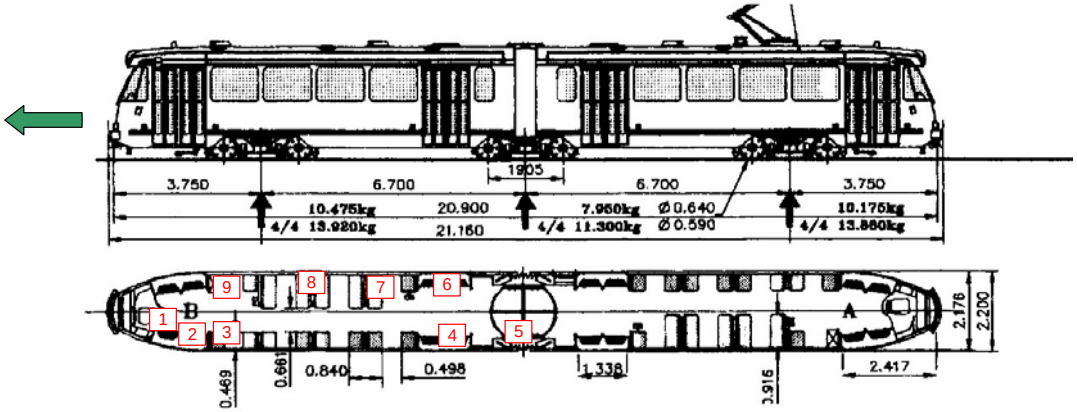
6	28	0,11	0,02
7	29	0,12	0,01
8	29	0,13	0,02
9	3	0,05	-
10	3	0,06	-

De gemiddelde veldsterkten die in tabel 46 weergegeven worden, zijn de gemiddelden van de maximale veldsterkten van de steekproef met 'n' repetitieve meetgegevens.

De sterkte van het B-veld is in deze tram overal conform aan de ICNIRP-richtlijnen voor dragers (tabel 4) en niet-dragers (tabel 5) van pacemakers of ferromagnetische of andere elektronische implantaten. Verdere aanbevelingen zijn overbodig.

c) B-veld in tramtype 7000 stel 7007

Figuur 60 toont het zij- en bovenaanzicht van het tramstel. Er werd op 10 verschillende plaatsen in het tramstel gemeten (zie meetpunten bovenaanzicht).



Figuur 60: Schema van een tramtype 7700 met de verdeling van de meetpunten

Tabel 47 geeft de verdeling van het B-veld in een tramptype 7700.

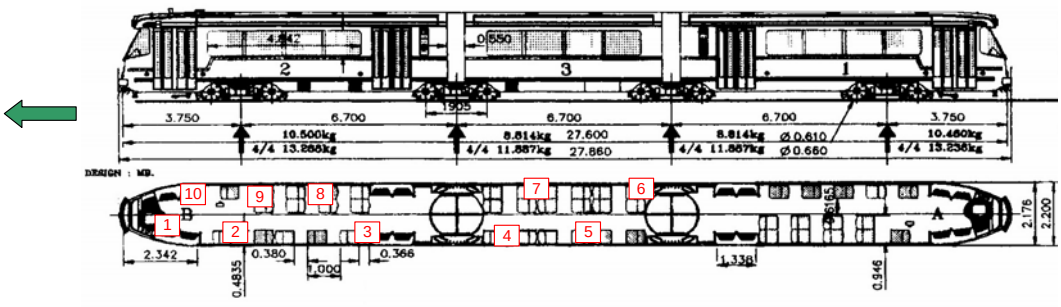
Tabel 47: Verdeling van het B-veld in een tramtype 7700 stel 7802A

Meetplaats in tram	B-veld (mT) op borsthoogte van zittende passagier		
	n	Gemiddelde	Stdev
1	30	0,050	0,02
2	30	0,110	0,02
3	3	0,021	-
4	3	0,015	-
5	3	0,030	-
6	3	0,016	-
7	3	0,013	-
8	3	0,018	-
9	3	0,013	-

De metingen werden uitgevoerd onder dezelfde omstandigheden als in de vorige tram en de sterkte van het B-veld is hier ook overal conform aan de ICNIRP-blootstellingsrichtlijnen voor dragers (tabel 4) en niet-dragers (taebl 5) van pacemakers of ferromagnetische of andere elektronische implantaten.

d) Tramtype 7900 stel 7906B

Figuur 61 toont het zij- en bovenaanzicht van het tramstel. Er werd op 10 verschillende plaatsen in het tramstel gemeten (zie meetpunten bovenaanzicht).



Figuur 61: Schema van een tramtype 7900 met de verdeling van de meetpunten

Tabel 48 geeft de verdeling van het B-veld in een tramptype 7900.

Tabel 48:Verdeling van B-veld in tramstel 7906B

Meetplaats in tram	B-veld (mT) op borsthoogte van zittende passagier		
	n	Gemiddelde	stdev
1	30	0,070	0,02
2	30	0,060	0,03
3	3	0,038	-
4	3	0,041	-
5	3	0,044	-
6	3	0,023	-
7	3	0,014	-
8	3	0,014	-
9	3	0,037	-
10	3	0,042	-

De metingen werden uitgevoerd onder dezelfde omstandigheden als in de vorige trams en de sterkte van het B-veld is hier ook overal conform aan de ICNIRP-blootstellingsrichtlijnen voor dragers (tabel 4) en niet-dragers van pacemakers (tabel 5) of ferromagnetische of andere elektronische implantaten.

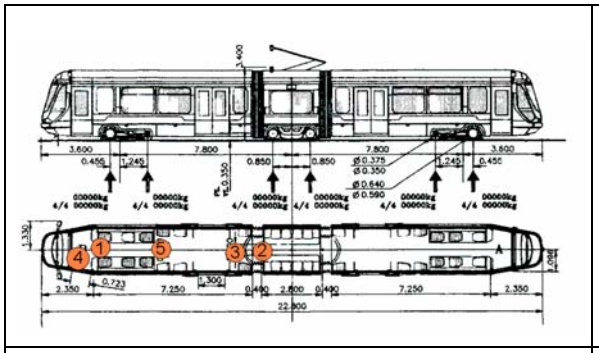
e) Besluit en aanbevelingen

Het statisch magnetisch veld is in alle tramtypes conform aan de ICNIRP-blootstellingsrichtlijnen voor dragers (tabel 4) en niet-dragers (tabel 5) van pacemakers of ferromagnetische of andere elektronische implantaten. Er zijn geen verdere aanbevelingen nodig.

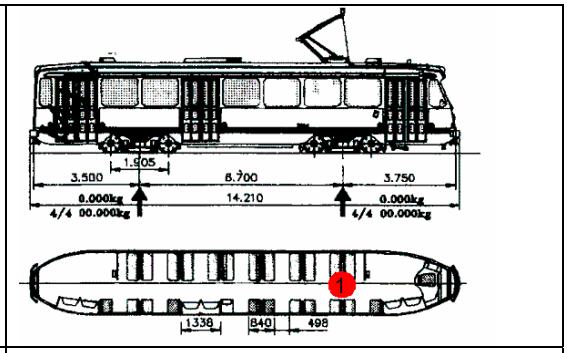
2.3.3.4 Meetresultaten van het ELF magnetisch inductieveld (B-veld) in de tram

a) Plaatsgebonden magnetisch inductieveld (B-veld) in de tramstellen

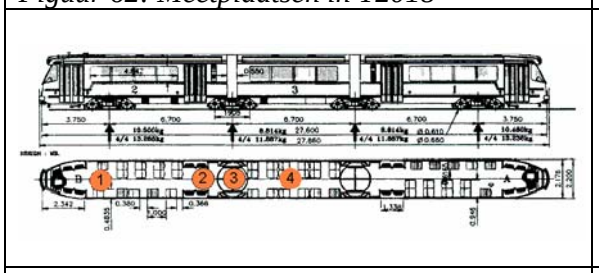
De figuren 62 tot 65 tonen een zij- en een bovenaanzicht van de tramstellen T2018, T7000, T7906B, T7802B. In de meetplaatsen die in het bovenaanzicht van de figuren weergegeven worden, werden één of meerdere spectrumanalysen uitgevoerd met de PMM-meetuitrusting (tabellen B4 en B5 van bijlage 6.1.2).



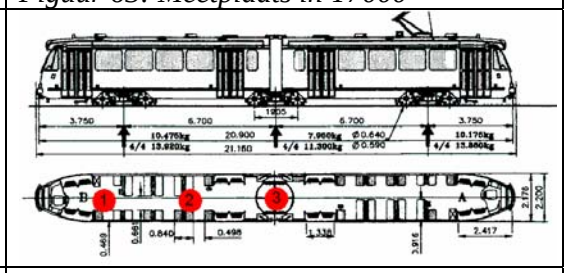
Figuur 62: Meetplaatsen in T2018



Figuur 63: Meetplaats in T7000



Figuur 64: Meetplaatsen in T7906B



Figuur 65: Meetplaatsen in T7802

Tabel 49 geeft de beschrijving van de meetplaatsen waarin zowel de spectrumanalyse als de registratie van het B-veld tijdens de normale exploitatieritten gebeurden.

Tabel 49:Beschrijving van de meetplaatsen in een tramstel T2018

Nummer meetplaats	Beschrijving meetplaats
1	vooraan in tramstel waar de bekabeling van stroomaftakking van de bovenleiding naar beneden loopt, midden in gang. Stroominvoer gebeurt steeds via de voorste zetels ter hoogte van meetplaats 1
2	midden in het tramstel ter hoogte van scharnierpunt
3	boven motoren aan scharnierpunt
4	tegen elektriciteitskast vooraan de bestuurderscabine
5	tussen scharnierpunt en bestuurderscabine

- Spectrumanalyse in stilstaande en rijdende tram tijdens acceleratiefase

In dit geval werd de spectrumanalyse uitgevoerd op meetplaats 3 en 4.

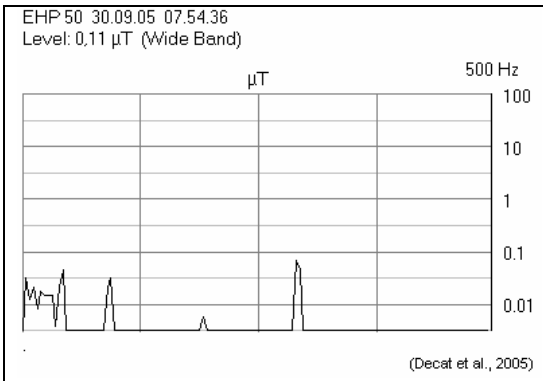
In tabel 50 is de breedbandsterkte van het B-veld dat in de tramstellen respectievelijk voorkomt tijdens het stilstaan en tijdens een moment van acceleratie op vol vermogen.

Tabel 50: Breedband B-veld in overeenkomstige frequentieband per tramstel

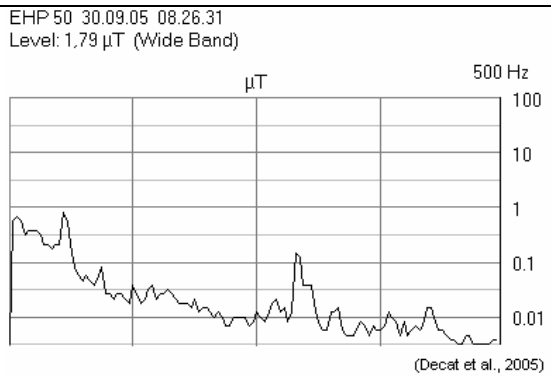
Tramstel-type	Frequentie-band	B-veld (µT)	
		Stilstaande tram (mtp 3)	Rijdende tram
2018	1,2 – 100 kHz	0,271	0,27
	120 – 10 000 Hz	0,093	0,81
	24 – 2 000 Hz	0,093	0,95
	12 – 1 000 Hz	0,116	1,35
	6 – 500 Hz	0,107	1,79
	5 – 200 Hz	0,070	0,41
	5 – 100 Hz	0,087	1,07
7000	1,2 – 100 kHz	0,266	0,27
	120 – 10 000 Hz	0,054	0,13
	24 – 2 000 Hz	0,015	0,22
	12 – 1 000 Hz	0,043	0,05
	6 – 500 Hz	0,024	1,26
	5 – 200 Hz	0,024	1,98
	5 – 100 Hz	0,050	0,72
7906B	1,2 – 100 kHz	0,26	0,27
	120 – 10 000 Hz	0,06	0,28
	24 – 2 000 Hz	0,03	0,56
	12 – 1 000 Hz	0,04	0,59
	6 – 500 Hz	0,09	0,47
	5 – 200 Hz	0,05	2,06
	5 – 100 Hz	0,04	1,05
	1,2 – 100 kHz	0,26	0,27

7802B	1,2 – 100 kHz	0,26	0,27
	120 – 10 000 Hz	0,07	0,11
	24 – 2 000 Hz	0,05	0,12
	12 – 1 000 Hz	0,06	0,15
	6 – 500 Hz	0,05	0,36
	5 – 200 Hz	0,07	0,08
	5 – 100 Hz	0,04	0,11

Tabel 50 toont aan dat de sterkste B-velden zich bevinden in de frequentieband van 5 Hz tot 500 Hz. Bovendien blijkt uit deze tabel dat de veldsterkte steeds merkelijk groter is tijdens het accelereren dan tijdens de stilstand.
De figuren 66 en 67 illustreren het spectrum in de 6 Hz tot 500 Hz band in het tramstel 2018 bij stilstand en bij acceleratie.



Figuur 66: B-veld van een stilstaand tramstel 2018 in de 6 Hz – 500 Hz frequentieband



Figuur 67: B-veld van een accelererend tramstel 2018 in de 6 Hz – 500 Hz frequentieband

Daar waar het spectrum van het B-veld in het stilstaande tramstel eerder afgelijnde discrete pieken vertoont, wordt dit spectrum tijdens de acceleratie omgevormd tot een continu spectrum waarin heel wat meer frequenties, weliswaar meestal binnen het 0,1 µT niveau, een rol spelen dan in de stilstaande fase.

De ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) beveelt in de frequentieband van 25 Hz tot 800 Hz band een blootstellingslimiet van 5/f (f in kHz) aan. Bij 25 Hz komt dit overeen met een limietwaarde van 200 µT, bij 50 Hz met een limietwaarde van 100 µT en bij 800 Hz met een limiet van 6,25 µT. Omdat uit de figuren 66 en 67 blijkt dat de grootste gemeten veldsterkte zich in het algemeen rond 25 Hz bevindt gaan we er van uit dat de tramreiziger doorlopend mag blootgesteld worden aan een limietwaarde van 200 µT. Uit vergelijking van de gegevens van tabel 47 met deze limietwaarden leiden we af dat de blootstelling aan het ELF-veld in de tram geen probleem vormt voor de gezondheid van de mens. Tevens zijn de gemeten veldwaarden zo laag dat er geen gevaar is voor interferentie van het ELF B-veld (niet te verwarren met het statisch B-veld) met pacemakers en ferromagnetische of andere elektronische implantaten.

- Magnetisch inductieveld (B-veld) tijdens normale exploitatietrajecten

Tabel 51 geeft de blootstellingsstatistieken van het B-veld weer dat in de verschillende tramstellen voorkomt in de breedbandfrequentie van 6 Hz tot 500 Hz.

Tabel 51: Blootstellingsstatistieken van de tramstellen tijdens hun exploitatietrajecten

Tramstel	Meetplaats in tramstel	B-veld (µT)			Traject	Logtijd
		Minimum	Maximum	Gemiddeld		
2018	1	0,25	0,29	0,26	1	16,5 min
	2	0,26	0,24	0,28	1	7 min
	3	0,26	0,25	0,29	1	8 min
	4	0,25	0,47	0,31	1	7 min
	5	0,14	1,35	0,31	1	14,2 min
7000	1	0,039	1,175	029	2	hele rit
		0,024	1,434	0,32	2	hele rit
		0,026	1,912	0,32	3	hele rit
7906B	1	0,24	0,28	0,26	4	5 sec
	2	0,24	0,28	0,26	5	3 sec
	3	0,24	0,27	0,32	5	8,5 sec
	4	0,25	0,33	0,29	6	4 sec
	2	0,24	0,30	0,27	6	6,8 sec
7802B	1	0,25	0,28	0,26	7	2,3 min
	1	0,22	0,26	0,28	5	14,1 min
	2	0,19	0,39	0,28	8	9,6 min
	3	0,24	0,28	0,26	9	6,6 min

1: traject Kuregemstraat – Elsene
2: traject van stelplaats Elsene naar Brussel-Zuid en terug
3: traject Brussel-Zuid naar Brussel-Noord door tunnels
4: van stelplaats Elsene naar tunnels
5: in tunnels tussen Brussel-Zuid en Brussel-Noord
6: naar stelplaats Elsene
7: verlaten stelplaats
8: tot voor tunnels Brusssel-Zuid
9: vanaf tunnels Brussel-Zuid tot stelplaats Kuregemstraat

Uit de resultaten van tabel 51 kunnen dezelfde besluiten getrokken worden als uit deze van tabel 48: de blootstelling aan het ELF B-veld is in de tramstellen klein t.o.v. van de blootstellingslimieten in de 25 Hz tot 800 Hz band die door de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) voor niet-dragers van pacemakers of ferromagnetische en andere elektronische implantaten worden aanbevolen. Omdat de blootstellingslimiet voor interferentie van het ELF B-veld en pacemakers of ferromagnetische en andere elektronische implantaten bij 200 µT ligt, stelt het ELF-veld ook geen probleem voor tramreizigers die dergelijke implantaten dragen.

b) Persoonsgebonden magnetisch inductieveld (B-veld) in tramstellen

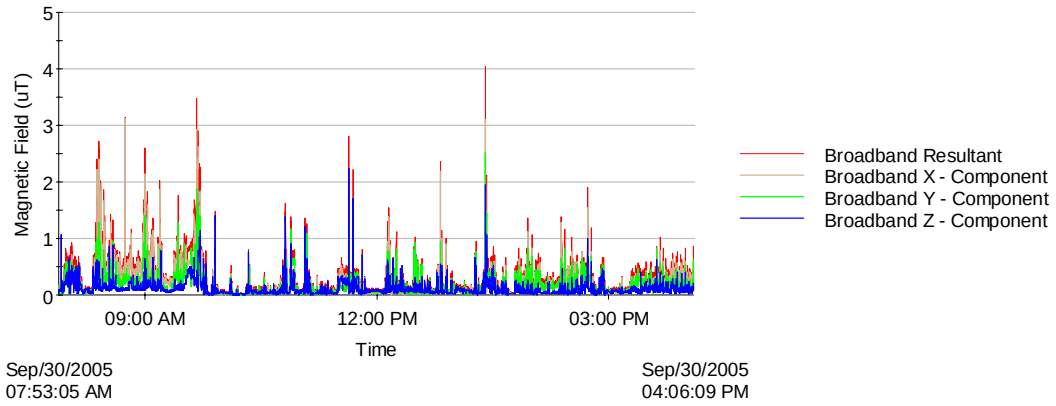
Tabel 52 geeft een samenvatting van de sterkte van het B-veld dat op willekeurige plaatsen in de tramstellen op enkel-, heup- en schouderhoogte van een proefpersoon geregistreerd werd met een dosismeter in de frequentieband van 40 Hz – 100 Hz. Bij de trambestuurder werd het B-veld gedurende de ganse dag ter hoogte van zijn heup geregistreerd.

Tabel 52: Persoonsgebonden magnetisch veld in de frequentieband van 40 Hz – 1000 Hz

Meethoogte en tramstel	B-veld (µT)			
	Min.	Max.	Gemiddelde	Mediaan
Enkelhoogte in een tram T2018 en 7007	0,01	2,63	0,18	0,11
Heuphoogte in een tram T2018 en 7007	0,01	2,01	0,20	0,13
Schouderhoogte in een tram T2018 en 7007	0,01	2,71	0,22	0,14
Bestuurder op heuphoogte (gans de dag)	0,01	4,05	0,31	0,19
Enkelhoogte in een tram 7906B en 7802B	0,01	2,79	0,26	0,15
Heuphoogte in een tram 7906B en 7802B	0,01	1,25	0,13	0,10

De hoogste blootstelling die bij de trambestuurder waargenomen werd, is conform met de strengste -blootstellingslimiet van de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) die bij een frequentie van 1000 Hz 6,25 µT bedraagt. Omdat de spectrumanalyses aantoonden dat het sterkste B-veld in de tramstellen zich beneden een frequentie van 50 Hz bevindt, is het meest aangewezen frequentieniveau waarvan de blootstellingslimiet moet afgeleid worden 40 Hz. Bij 40 Hz is de blootstellingslimiet (ICNIRP, 1998) (tabel 5) waaraan de algemene bevolking doorlopend mag blootgesteld worden 125 µT. Dit houdt in dat alle waargenomen veldsterkten in de tram veel kleiner zijn dan deze limietwaarde waardoor de blootstelling aan het ELF-veld in de tram geen enkel risico vormt.

De veldsterkte waaraan de bestuurder blootgesteld wordt moet vergeleken worden met de beroepsmatige blootstellingen die volgens de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) minder streng zijn dan voor het algemene publiek: omdat de beroepsbevolking gecontroleerd blootgesteld wordt en het algemene publiek niet, ligt de normwaarde waaraan werknemers mogen blootgesteld worden vijfmaal hoger dan die waaraan het algemene publiek mag blootgesteld worden. Bijgevolg mag de trambestuurder bij een frequentie van 40 Hz doorlopend blootgesteld worden aan (5 x 125)µT of 625 µT en is de 4 µT waaraan hij dagelijks blootgesteld wordt verwaarloosbaar klein.
Figuur 68 toont het profiel van het B-veld waaraan de trambestuurder tijdens het hele reistraject blootgesteld werd.



Figuur 68: Blootstellingsprofiel van de trambestuurder

2.3.3.5 Meetresultaten van de radiofrequentie velden (RF-velden) in de tram

Het feit dat men in de tram per GSM bereikbaar is en dat men radio en TV ontvangst heeft, betekent dat ook de tramreiziger aan RF-velden blootgesteld wordt die afkomstig kunnen zijn van verscheidene externe bronnen zoals allerhande zendmasten. Om na te gaan welke de grootte van de RF-velden waaraan de passagier tijdens zijn tramrit doorheen het Brusselse blootgesteld wordt, werden registraties uitgevoerd binnen het frequentiegebied van 25 MHz – 3 GHz.

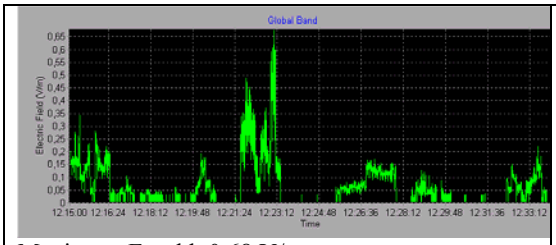
Tabel 53 geeft een overzicht van de centrale frequentiebanden verdeeld over 14 kanalen voor het opsporen en registreren van de straling van externe RF-bronnen zoals GSM-, radio- en TV- en andere zendmasten die in het frequentiegebied van 25 MHz tot 3 GHz opereren.

Tabel 53: Down-link kanalen voor het identificeren en registreren van de RF-straling van zendmasten

Bronnen/kanalen	Centrale frequentie [MHz]	Bandbreedte [MHz]
Globale band	25 - 2535	
Amateur	25	30
TV	55	30
FM PMR	95	50
TV-DAB-T	216	200
TETRA	365	200
TV2	570	200
TV3	770	200
GSM UP	895	50
GSM DOWN	945	50
GPS	1105	250

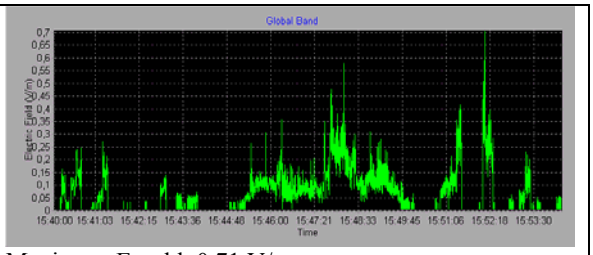
DAB	1375	250
DCSu	1650	250
DCSd UMTS	2035	500
Wifi-DATA	2535	500

De globale bandanalyse van de figuren 69 tot 72 tonen aan dat de hoogst gemeten sterkte van het elektrisch veld (E-veld) tijdens de exploitatieritten in de tramstellen 0,71 V/m (figuur 70) bedraagt. In het metro/tram station van Brussel-Zuid bedroeg de maximale veldsterkte 0,5 V/m.



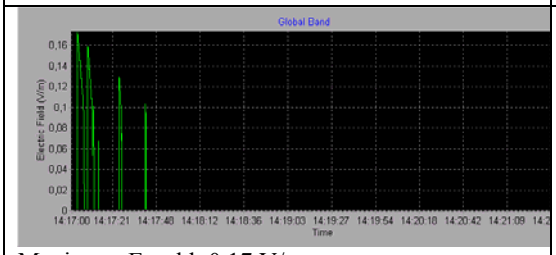
Maximum E-veld: 0,68 V/m

Figuur 69: Exploitatierit met passagiers naar stelplaats in Elsene



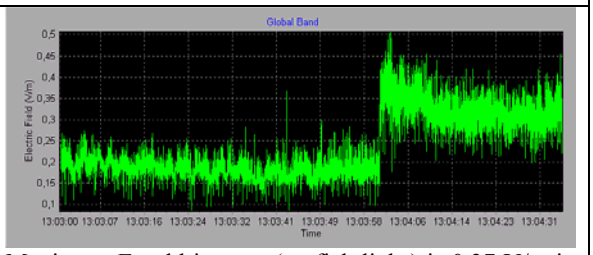
Maximum E-veld: 0,71 V/m

Figuur 70: Exploitatierit (tramstel 7802B) in tunnels tussen Brussel-Zuid en Brussel-Noord



Maximum E-veld: 0,17 V/m

Figuur 71: Exploitatierit met een tramstel 7906B



Maximum E-veld in tram (grafiek links) is 0,37 V/m in tram- en metrostation Brussel-Zuid (grafiek rechts) is dit 0,51 V/m

Figuur 72: RF-straling tijdens exploitatierit en in tram/metro station Brussel-Zuid

De gemeten maximale veldsterkten zijn klein t.o.v. de Belgische normwaarden (tabel 3) van respectievelijk 21,58 V/m en 29,10 V/m voor de 900 MHz en de 1800 MHz frequentiebanden. Bijgevolg is een selectieve analyse per frequentieband (bv. radio- & TV-zenders, GSM-providers, etc.) overbodig.

Uit de resultaten blijkt dat de tramreiziger in het Brusselse blootgesteld wordt aan RF-velden die volgens de normopvatting geen gezondheidsproblemen met zich meebrengen.

2.3.3.6 Besluit en aanbeveling betreffende de EMV-blootstelling in de tram

Uit de vergelijking van het statisch en ELF magnetisch veld met de ICNIRP-richtlijnen van 1994 (tabel 4) en respectievelijk 1998 (tabel 5) enerzijds en het RF-veld met de Belgische norm (2005) anderzijds kunnen we besluiten dat de blootstelling aan deze velden in de tram geen enkel risico inhoudt voor de tramreiziger.

2.3.4 Elektromagnetische velden in de trein

2.3.4.1 Inleiding

In 2004 registreerde de "Nationale Maatschappij der Belgische Spoorwegen (NMBS)" 165,0 miljoen treinreizigers [32].
De elektromagnetische velden waaraan de treinreizigers blootgesteld worden, zijn het statisch magnetisch gelijkspanningsveld (statisch veld) en het magnetisch wisselspanningsveld. Deze velden worden geproduceerd door de elektrische uitrusting die in de trein aanwezig is en door de externe elektrische DC (30 kV) en AC (25 kV, 50 Hz) bovenleidingen.

2.3.4.2 **Materiaal en methode**

Zoals in de andere voertuigen van het openbaar vervoer werden de volgende EMV-en gemeten:

- het plaatsgebonden statisch magnetisch inductieveld of magnetische fluxdichtheid (B-veld)
- het plaats- en persoonsgebonden ELF magnetisch inductieveld of magnetische fluxdichtheid (B-veld)

Het **plaatsgebonden statisch B-veld** werd in de trein gemeten door middel van de ETM-1 3-axis Hall magnetometer (tabel B1 bijlage 6.1.1).

Het **plaatsgebonden ELF B-veld** werd gemeten door middel van de PMM-uitrusting (tabel B4 en B5 bijlage 6.1.2).

Het plaatsgebonden B-veld werd gemeten :

- bij het vertrek van de trein
- tijdens het accelereren
- tijdens het rijden op kruissnelheid
- tijdens het remmen

Het **persoonsgebonden ELF B-veld** werd breedbandig in de 40 Hz – 1000 Hz frequentieband bepaald door het gelijktijdig dragen van 3 EMDEX LITE (tabel B2 bijlage 6.1.2) op de enkel, de heup en de hals. Op die manier werd het B-veld op 3 verschillende menshoogtes tijdens de treintrajecten bepaald.

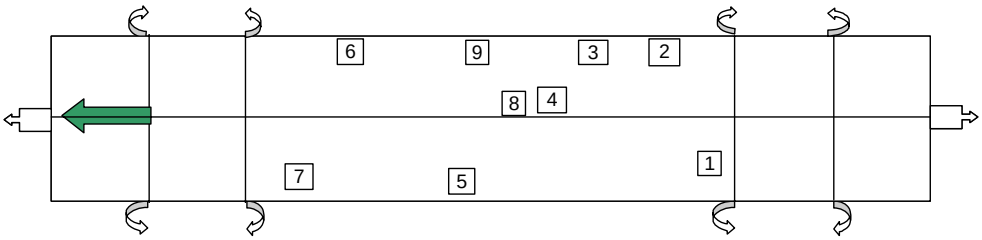
De figuren 73 en 74 illustreren respectievelijk een 96 AM (AM = auto motrice) trein en de plaatsing van de meetsonde voor het registreren van de elektromagnetische velden.

Figuur 73: Foto van een AM96 trein

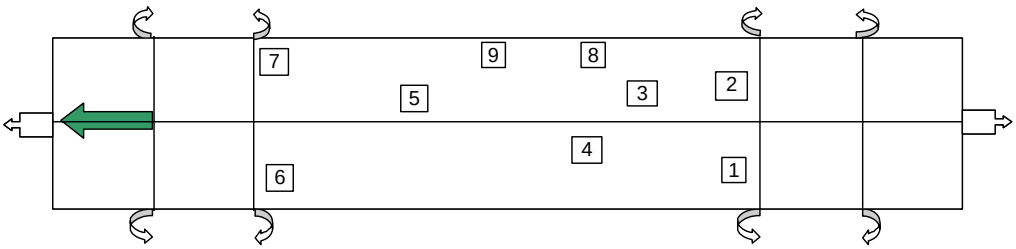
Figuur 74: Meting van elektromagnetische velden in de trein

2.3.4.3 Meetresultaten van het statisch magnetisch inductieveld (B-veld)

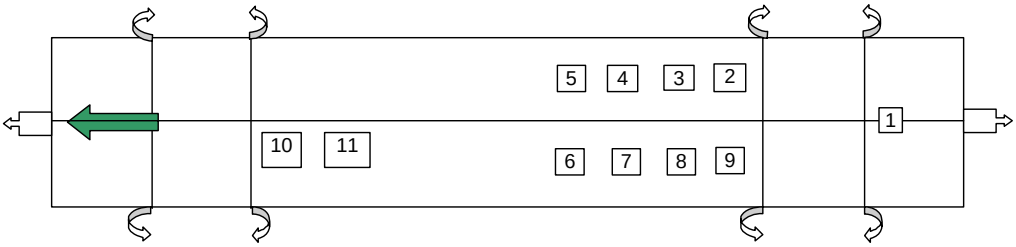
De figuren 75 tot 78 tonen het bovenaanzicht met de verdeling van de meetplaatsen van de treintypes waarin het B-veld gemeten werd.



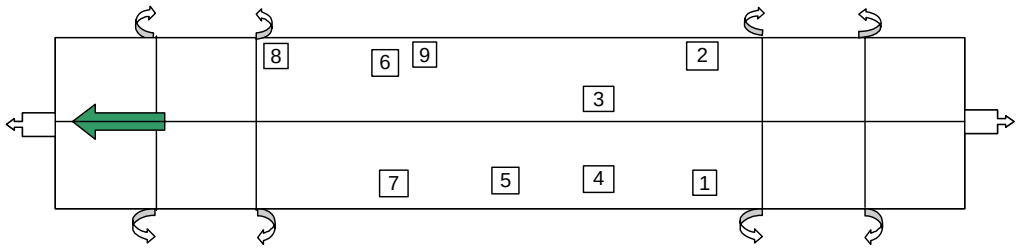
Figuur 75: Treintype MW41, voertuig 4138: traject Berchem - Mol



Figuur 76: Rijtuigtype I11: traject Brugge – Eupen:



Figuur 77: Treintype AM 96, voertuig 543: traject Hasselt – Blankenberge – Knokke



Figuur 78: Rijtuigtype M6: traject Berchem – Brussel-Zuid

Tabel 54 geeft een overzicht van de individuele meetgegevens en de samenvattende blootstellingsstatistieken om besluiten en aanbevelingen op een betrouwbare wijze te kunnen formuleren.

Tabel 54: Blootstelling aan statisch B-veld in de verschillende treinen

Reisweg en treintype	Meetplaats in trein	B-veld (mT) ter hoogte van:		
		schouder	heup	enkel
Berchem - Mol Treintype MW41, voertuig 4138 Diesel rijdt vanaf Herentals zonder bovenleiding	1	0,15	0,11	0,20
	2	0,20	0,15	0,15
	3	0,35	0,35	0,40
	4	0,45	0,40	0,40
	5	0,22	0,30	0,40
	6	0,30	0,30	0,30
	7	0,35	0,40	0,20
	8	0,40	0,30	0,30
Brugge – Eupen Rijtuigtype I11	1	0,10	0,50	0,15
	1 bis	0,23	0,32	0,25
	2	0,25	0,20	0,20
	2 bis	0,20	0,20	0,15
	3	0,30	0,30	0,20
	4	0,19	0,09	0,15
	5	0,15	0,16	0,25
	6	0,38	0,30	0,30
	7	0,25	0,30	0,25
	8	0,25	0,20	0,20
	9	0,35	0,30	0,30
	6	0,45	0,38	0,40
	7	0,30	0,20	0,20
Hasselt - Blankenberge - Knokke Treintype AM96, voertuig 543	1	0,05	0,05	0,05
	2	0,15	0,15	0,15
	3	0,20	0,20	0,20
	4	0,40	0,04	0,30

	5	0,20	0,20	0,20
	6	0,10	0,10	0,15
	7	0,05	0,03	0,06
	8	0,25	0,30	0,35
	11	0,10	0,15	0,12
	12	0,10	0,20	0,10
Berchem – Brussel-Zuid rijtuigtype M6 Dubbeldek met onder- (OV) en bovenverdieping (BV)	1 BV	0,20	0,25	0,25
	2 BV	0,30	0,35	0,25
	3 BV	0,15	0,25	0,10
	4 BV	0,30	0,30	0,25
	5 BV	0,40	0,30	0,40
	6 BV	0,50	0,50	0,50
	7 BV	0,25	0,20	0,20
	1 OV	0,15	0,20	0,15
	5 OV	0,15	0,15	0,16
	7 OV	0,25	0,20	0,20
Blootstellingsstatistieken ⇒	Minimum	0,05	0,03	0,05
	Maximum	0,50	0,50	0,50
	Gemiddelde	0,25	0,24	0,23
	Stdev	0,11	0,11	0,10
	95%-OL	0,21	0,21	0,20
	95%-BL	0,28	0,27	0,27
	Mediaan	0,25	0,20	0,20
	Modus	0,15	0,30	0,20
	n	40	40	40

Uit de vergelijking van de individuele meetresultaten met respectievelijk de blootstellingslimieten die door de ICNIRP-richtlijn van 1994 (tabel 4) aanbevolen worden voor dragers (0,5 mT) en niet-dragers (40 mT) van pacemakers of ferromagnetische en elektronische implantaten stellen we vast dat voor beide groepen bij het reizen per trein:

- de gezondheid niet aangetast wordt: het algemene publiek mag doorlopend blootgesteld worden aan 40 mT;
- het B-veld niet interfereert met pacemakers of andere ferromagnetische of elektronische implantaten: de referentiegrens is vastgesteld op 0,5 mT (zie verder).

Uit de onder- (95%-OL) en bovenlimiet (95%-BL) van de betrouwbaarheidsintervallen kan besloten worden dat de kans dat een persoon die de trein neemt en blootgesteld wordt aan een gemiddeld statisch magnetisch inductieveld, dat ligt tussen 0,20 en 0,28 mT, 95% bedraagt. Er is 5% kans dat de blootstelling kleiner of groter is dan de grenswaarden van dit interval.
De kans dat men aan 0,5 mT blootgesteld wordt, is 4 op 120 of 1/30. De kans dat interferentie met een pacemaker of een ander implantaat optreedt bij het overschrijden van de 0,5 mT limiet wordt niet in de literatuur beschreven.

2.3.4.4 Meetresultaten van het ELF statisch magnetisch inductieveld (B-veld)

In deze rubriek worden de resultaten besproken van het ELF B-veld dat gemeten werd op de volgende reiswegen en treintypes:
- Mol ⇒ Berchem ⇒ Brussel-Zuid ⇒ Mol, Treintype MW41, voertuig 4138
- Brugge ⇒ Eupen, Rijtuigtype I11
- Hasselt ⇒ Blankenberge ⇒ Knokke, treintype AM96, voertuig 543
- Berchem ⇒ Brussel-Zuid, rijtuigtype M6

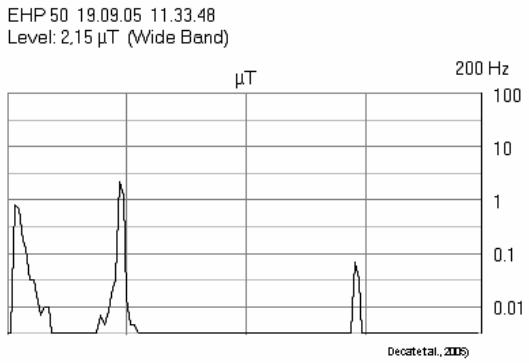
a) Plaatsgebonden ELF magnetisch inductieveld

In tabel 55 zijn de blootstellingsstatistieken samengevat die in verschillende treinen en over verschillende trajecten bekomen werden.

Tabel 55: Plaatsgebonden ELF B-veld in verschillende treinen

Reisweg	Meetomstandigheid	B-veld (µT)			
		Min.	Max.	Gem.	Log-duur
Hasselt ⇓ Blankenberge ⇓ Knokke (AM96 trein)	Hasselt-Leuven (kruissnelheid)	0,04	0,35	0,087	
	Afremmen voor Leuven	0,25	0,28	0,26	6 min
	Accelereren na Leuven	0,01	0,12	0,05	6 min
	Kruissnelheid tussen Leuven en Brussel	0,03	0,76	0,046	
	Brussel-Noord ⇒ Brussel-Zuid	0,02	0,44	0,09	14 min
Brugge ⇓ Eupen Rijtuigtype I11	Gent-Sint-Pieters ⇒ Brussel-Noord	0,04	2,60	0,31	25 min
	Brussel-Noord ⇒ Leuven	0,03	0,44	0,04	20 min
	Hoge snelheid: Leuven – Luik	0,27	4,25	1,84	9,1 min
Berchem ⇓ Brussel-Zuid Dubbeldek Rijtuigtype M6	**1. Bovendek**				
	Berchem ⇒ Brussel-Noord	0,24	0,27	0,26	22 min
	Brussel-Noord ⇒ Brussel-Zuid	0,24	0,28	0,26	9 min
	2. Onderdek				
	Brussel-Zuid ⇒ Mechelen	0,06	0,11	0,24	
	Mechelen ⇒ Berchem	0,03	2,03	0,16	
	Berchem ⇒ Lier	0,01	0,57	0,08	
	Lier ⇒ Herentals	0,21	1,05	0,13	
Treintype MW41, voertuig 4138 Dieseltrein	Herentals naar Mol: zonder bovenleiding	0,02	0,11	0,05	

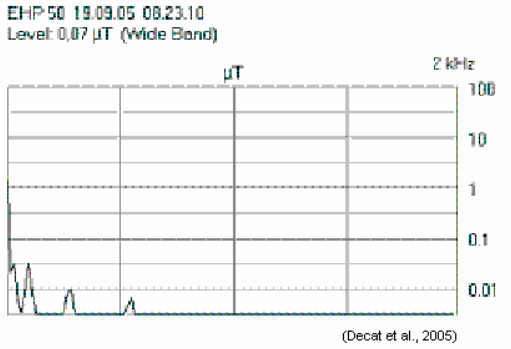
De sterkste B-velden werden waargenomen in het rijtuigtype I11 op het traject van Brugge naar Eupen. Op het traject van Leuven naar Luik, waar tussen Bierbeek en Ans de elektriciteitsaftakking van een 25kV (50Hz) bovenleiding gebeurt, werd een veldsterkte van 4,25 µT waargenomen. Figuur 79 toont het frequentiespectrum van het B-veld dat waargenomen werd zes minuten nadat de trein uit het station van Leuven vertrok en zich waarschijnlijk in de zone rond Bierbeek bevond.



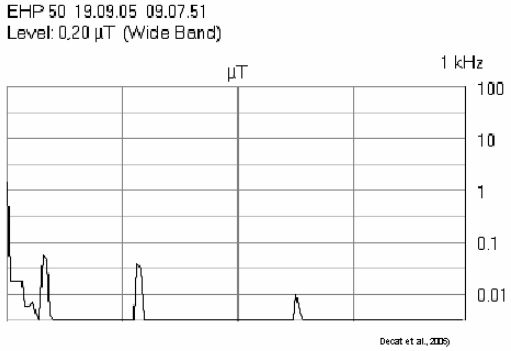
Figuur 79: Frequentiespectrum in rijtuigtype I11 zes minuten na vertrek uit het station van Leuven

Uit deze figuur blijkt dat de hoogste piekwaarde van het B-veld bij de frequentie van de bovenleiding (50 Hz) ligt. Een tweede piek werd geobserveerd tussen 5 Hz en 10 Hz en een derde weliswaar kleinere piek bij 150 Hz.
Om een uitspraak te doen aangaande het risico van deze blootstelling gaan we uit van de sommatieformule voor samengestelde frequenties van ICNIRP (1998). Hierbij wordt het risico bepaald door het al dan niet groter zijn dan 1 van de som van de kwadraten van de verhouding van de gemeten waarde tot de referentiewaarde [$\sum(B_i/ B_{i\ ref})^2 \leq 1$]. Bij toepassing van deze formule op de piekwaarde van figuur 79 vinden we: [$(1/200)^2 + (1,5/100)^2 + (0,1/33.3)^2$] = 0,000265. Deze waarde is bijna 4000 keer kleiner dan 1 en vormt dus absoluut geen risico voor de treinpassagier met of zonder pacemaker. Uitgaande van de risicoformule voor enkelvoudige frequenties (tabel 5) en veronderstellende dat de maximale blootstelling van 4,25 µT slechts veroorzaakt wordt door de 50 Hz frequentieband van de bovenleiding komen we tot hetzelfde besluit, want 4,25 µT is bijna 25 keer kleiner dan de referentiewaarde 100µT.

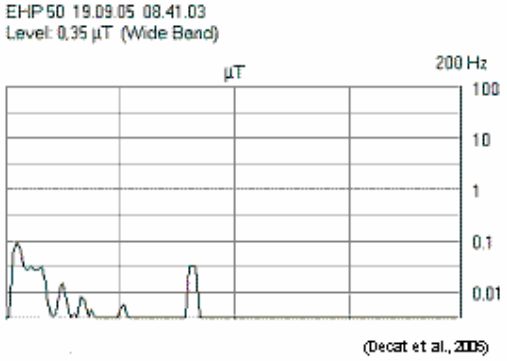
De spectrumanalyses (figuren 80 tot 82) van het B-veld die in de AM96 trein tijdens het vertrek, de acceleratie en het rijden op kruissnelheid uitgevoerd werden, tonen aan dat de ICNIRP,(1998) limietwaarde tijdens geen enkele van de acties overschreden werd. Bijvoorbeeld, bij een frequentie van 625 Hz is de limietwaarde 8 µT. Figuur 81 toont aan dat bij deze frequentie slechts een B-veld van 0,01 µT gemeten werd.



Figuur 80: Spectrum van een AM96 trein bij vertrek



Figuur 81: Spectrum tijdens acceleratie van een AM96 trein na vertrek



Figuur 82: Spectrum van een AM96 trein op kruissnelheid

b) Persoonsgebonden ELF magnetisch inductieveld (B-veld)

- Trajecten Hasselt – Knokke en Brugge - Eupen

Tabel 56 geeft de samenvatting van de resultaten die tijdens de verschillende trajecten in de 40 Hz – 1000 Hz bandbreedte op enkel-, heup- en schouderhoogte geregistreerd werden.

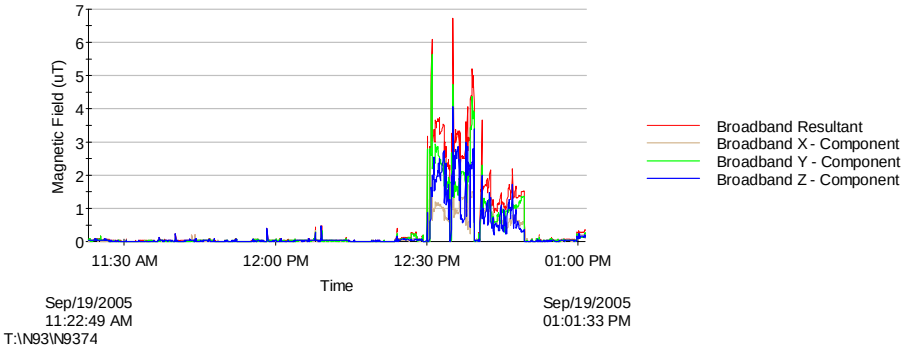
Tabel 56: Persoonsgebonden blootstelling

Treintraject en meethoogte	B-veld (µT)				
	Min.	Max.	Gemiddelde	St. dev.	Mediaan
Hasselt ⇒ Luik (heuphoogte)	0,01	4,73	0,17	0,43	0,05
Hasselt ⇒ Gent (heuphoogte)	0,01	0,58	0,07	0,06	0,06
Gent ⇒ Luik (heuphoogte)	0,01	4,73	0,29	0,60	0,03
Hasselt ⇒ Gent (heuphoogte)	0,01	5,05	0,12	0,24	0,09
Gent ⇒ Luik (heuphoogte)	0,01	4,77	0,03	0,61	0,08

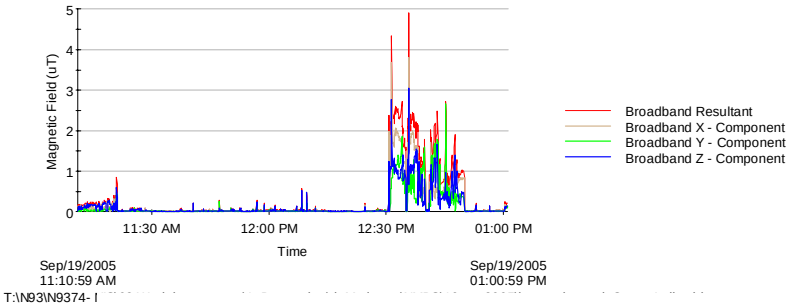
Hasselt ⇒ Luik (enkelhoogte)	0,01	6,75	0,24	0,67	0,05
Hasselt ⇒ Gent (enkelhoogte)	0,01	0,65	0,08	0,07	0,07
Gent ⇒ Luik (enkelhoogte)	0,01	6,75	0,45	0,98	0,04
Hasselt ⇒ Luik (heuphoogte)	0,01	4,90	0,17	0,46	0,04
Hasselt ⇒ Gent (heuphoogte)	0,01	1,05	0,06	0,06	0,05
Gent ⇒ Luik (heuphoogte)	0,01	4,90	0,31	0,67	0,03
Hasselt ⇒ Luik (schouderhoogte)	0,01	4,65	0,18	0,47	0,05
Hasselt ⇒ Gent (schouderhoogte)	0,01	0,07	0,06	0,06	0,05
Gent ⇒ Luik (schouderhoogte)	0,01	4,65	0,33	0,69	0,04

De hoogste veldsterkte van 6,75 µT werd gevonden op de lijn Hasselt - Luik en Gent – Luik. Omdat uit de spectrumanalyse van figuur 79 blijkt dat de hoogste piekwaarde bij 50 Hz ligt, kunnen we besluiten dat de gemeten veldsterkten beduidend lager liggen dan de 100 µT blootstellingslimiet (ICNIRP, 1998) (tabel 5) en dus geen enkel gezondheidsrisico inhouden voor dragers of niet-dragers van pacemakers die op deze trajecten reizen.

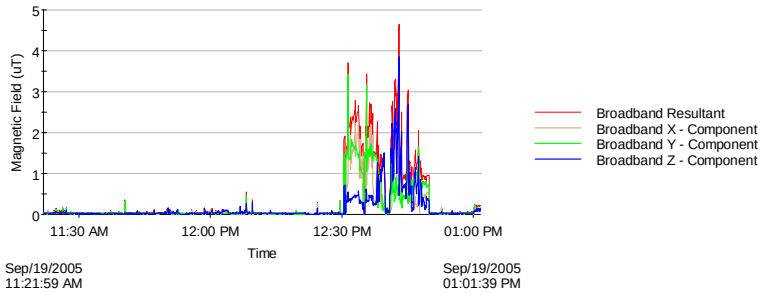
De figuren 83 tot 85 tonen de profielen van de persoonsgebonden blootstelling in deze trein.



Figuur 83: Blootstelling ter hoogte van de enkels



Figuur 84: Blootstelling ter hoogte van de heupen



Figuur 85: Blootstelling ter hoogte van de schouder

- Traject Berchem - Mol

Tabel 57 toont de persoonsgebonden blootstelling aan het magnetisch veld (B-veld) ter hoogte van de enkels, heupen en schouders in de 40 Hz – 1000 Hz band.

Tabel 57: Persoonsgebonden blootstelling

	B-veld (µT)				
Meethoogte	Minimum	Maximum	Gemiddelde	St.dev.	Mediaan
Enkelhoogte	0,01	1,01	0,06	0,08	0,04
Heuphoogte	0,01	1,60	0,06	0,11	0,04
Schouderhoogte	0,01	2,35	0,07	0,14	0,04

Op dit traject is de blootstelling substantieel kleiner dan op de vorige trajecten. Dit wil dus zeggen dat ook hier geen enkel gezondheidsrisico voorkomt voor reizigers met of zonder pacemaker.

c) Besluit en aanbevelingen betreffende ELF magnetisch veld in de trein

Uit de vergelijking van de resultaten van het plaats- en persoonsgebonden ELF B-veld met de blootstellingslimiet die door ICNIRP (1998) (tabel 5) voor het algemene publiek aanbevolen wordt, kunnen wij besluiten dat noch dragers noch niet-dragers van pacemakers of andere elektronische implantaten enig gezondheids- of interferentierisico lopen tijdens het reizen met de trein.

2.3.6 Elektromagnetische velden in hybride bussen

Een hybride voertuig [31] is een voertuig dat beschikt over ten minste één van de twee volgende onderdelen:

- energiereservoirs voor de aandrijving van het voertuig
- drijflijnen, waarvan minstens één van de twee elektrisch is

VITO kreeg van locatiebeheerder AVL Luxemburg (Rue de Bouillon 63, Luxemburg) de toelating om de elektromagnetische velden te meten op twee van hun hybride bussen, nl. de Luxbus en de CUTE bus.

2.3.6.1 Elektromagnetische velden in Luxbus

De bemonsterde luxbus is uitgerust met een 1900cc VW benzine motor, 2 batterijpakketten (312 V 69Ah) en een generator van 40 kW. Figuur 86 geeft een buiten- en binnenzicht van deze bus.

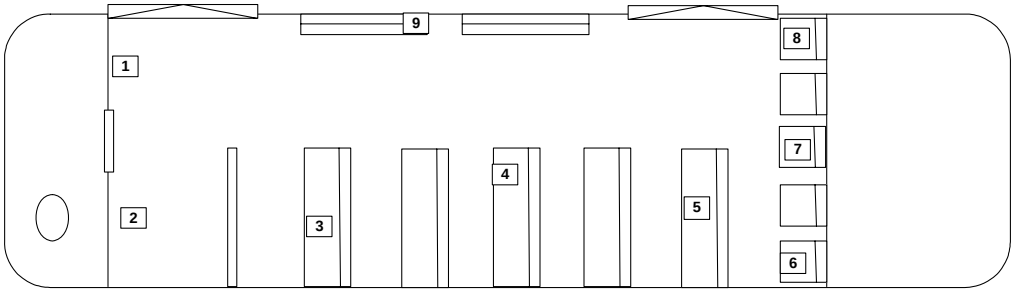
Figuur 86: Buiten- en binnenzicht van een Luxbus

a) Statisch magnetisch inductieveld (B-veld)

2.3.6.1.1 De meting van het B-veld werd op 9 meetplaatsen in de bus door middel van de ETM-1 Teslameter (tabel B1 bijlage 6.1.1) uitgevoerd. Het B-veld werd repetitief geregistreerd doorheen de volgende actiefasen van de bus:

- stilstaan
- optrekken
- normaal rijregime
- remmen

Figuur 87 geeft de indeling van de meetplaatsen in de bemonsterde luxbus.



Figuur 87: Bovenaanzicht van een Luxbus met 9 meetplaatsen

Tabel 58 geeft een overzicht van de gemiddelde (plus standaarddeviatie) blootstelling per meetpunt ter hoogte van verschillende lichaamsdelen van een staande persoon in de bus.
De gehele lichaamsblootstelling is gelijk aan de uitmiddeling van alle meetwaarden per meetpunt.

Tabel 58: Blootstellingsstatistieken van het B-veld (mT) in een Luxbus

Blootstellings - plaats	Blootstellings -statistieken	Meetplaatsen in Luxbus								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Enkels	Gemiddelde	0,09	0,04	0,07	0,20	0,29	0,05	0,04	0,06	0,06
	stdev	0,01	0,01	0,01	0,30	0,35	0,01	0,01	0,03	0,01
	n	14	10	8	6	8	5	7	7	7
Heupen	Gemiddelde	0,08	0,05	0,08	0,09	0,07	0,11	0,06	0,07	0,07
	stdev	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
	n	13	10	8	6	7	7	7	7	7
Schouders	Gemiddelde	0,19	0,06	0,06	0,06	0,08	0,11	0,07	0,09	0,09
	stdev	0,22	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	n	10	5	6	6	5	6	8	8	8
Geheel Lichaam	Gemiddelde	0,11	0,05	0,07	0,12	0,16	0,09	0,06	0,07	0,07
	stdev	0,12	0,02	0,01	0,17	0,24	0,03	0,02	0,02	0,01
	n (totaal)	37	25	22	18	20	18	22	22	22

n = aantal keer dat een meting in hetzelfde meetpunt overgedaan werd doorheen de 4 actiefasen van de bus

Uit deze tabel leiden we af dat de hoogst gevonden gemiddelde waarde (0,29 mT) ter hoogte van de enkels gemeten werd en sterk vermindert ter hoogte van de heupen en de schouders.

Volgens ICNIRP (1994) (tabel 4) mag het algemene publiek doorlopend en over het gehele lichaam blootgesteld worden aan 40 mT. Omdat de gehele lichaamsblootstelling op iedere meetplaats van de bus veel lager ligt, is er volgens de interpretatie van de richtlijn geen enkel gezondheidsrisico te verwachten tijdens het reizen met de Luxbus. Bovendien zijn alle waarden ter hoogte van elk lichaamsdeel en in ieder meetpunt lager dan de 0,5 mT drempelwaarde voor interferentie met pacemakers en andere elektronische implantaten: dit

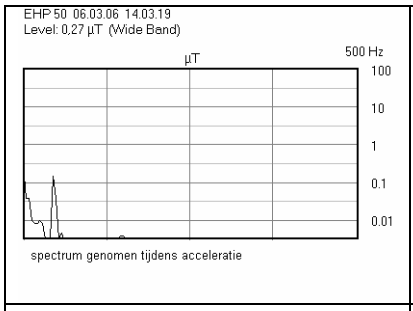
houdt ook in dat dragers van dergelijke implantaten eveneens onbekommerd deze bussen kunnen nemen.

b) ELF magnetisch inductieveld (B-veld)

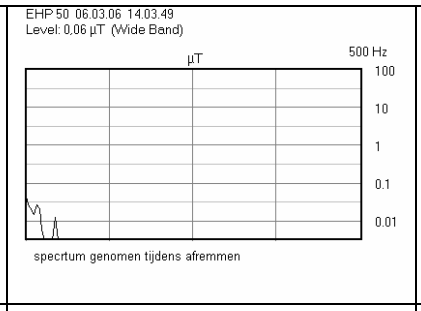
Het ELF B-veld werd gemeten door middel van:
- Emdex Lite 16 2/3 Hz tot 1000 Hz en 40 Hz tot 1000 Hz (tabel B2 bijlage 6.1.2)
- PMM 8053A met probe EHP 50A (tabel B4 & B5 bijlage 6.1.2)

De metingen werden uitgevoerd op 3 meetplaatsen:
- vooraan in de bus tussen passagierszetel
- midden in de bus
- achteraan in bus, tegen achterwand 2de zetel rechts (tegen batterijcompartiment)

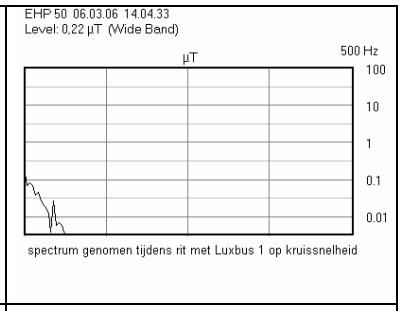
De figuren 88 tot 90 tonen de frequentiespectra die tijdens de verschillende actiefasen van de bus in meetpunt 1 genomen werden.



Figuur 88: Spectrum tijdens acceleratie



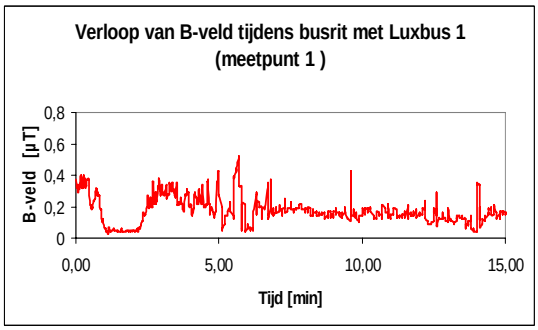
Figuur 89: Spectrum tijdens remmen



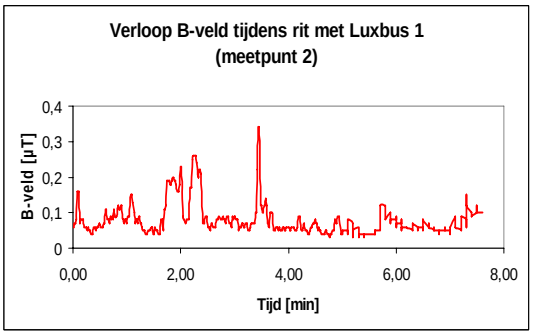
Figuur 90: Spectrum tijdens kruissnelheid

De frequentie-analyse toont aan dat enerzijds de fundamentele frequentie zich in het 0 Hz tot 50 Hz gebied bevindt en dat anderzijds de breedbandblootstelling varieert van 0,06 µT tijdens het remmen en 0,27 µT tijdens het optrekken.

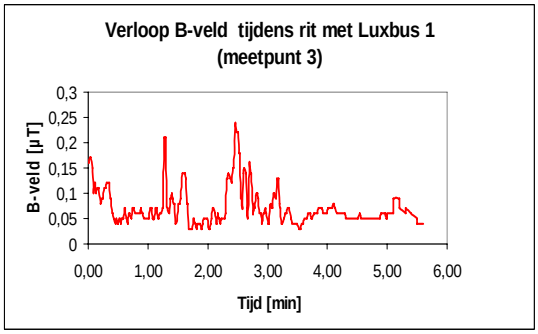
De figuren 91 tot 94 tonen het verloop van het ELF B-veld in functie van de tijd.



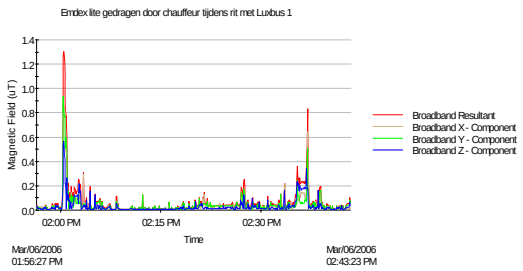
Figuur 91: verloop van het B-veld in het meetpunt 1



Figuur 92: verloop van het B-veld in het meetpunt 2



Figuur 93: verloop van het B-veld in het meetpunt 3



Figuur 94: B-veld waaraan de busbestuurder blootgesteld wordt

Uit deze figuren kan afgeleid worden dat de piekwaarden van het B-veld in de drie betrokken meetpunten en bij de busbestuurder verwaarloosbaar klein zijn t.o.v. de ICNIRP (1998) blootstellingslimiet van 100 µT waaraan de algemene bevolking doorlopend over het gehele lichaam mag blootgesteld worden (tabel 5).

Tabel 59 geeft een samenvatting van de blootstelling die in de Luxbus gedurende 45 minuten geregistreerd werd tijdens een normale exploitatierit.

Tabel 59: Blootstellingstatistieken ter hoogte van de bestuurder en op meetplaats 1 en 2

Meetplaats	B-veld (µT)				
	Min.	Max.	Gemiddelde	St.dev.	Mediaan
Borsthoogte van bestuurder	0,01	1,31	0,07	0,13	0,04
Borsthoogte van zittende passagier in meetpunt 1	0,01	1,27	0,20	0,19	0,14
Borsthoogte van zittende passagier in meetpunt 2	0,01	1,49	0,19	0,13	0,20

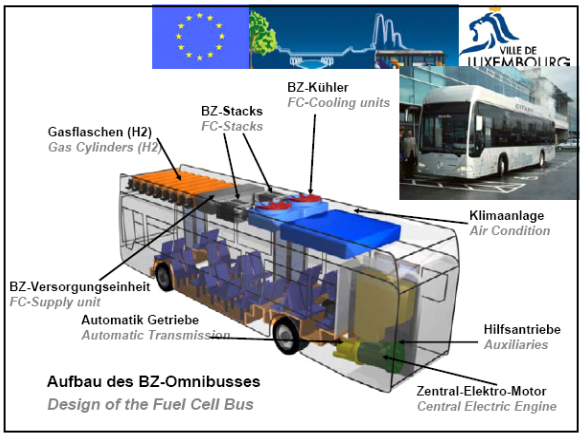
Uit deze gegevens blijkt ook dat geen enkel risico verbonden is aan het reizen met de Luxbus.

2.3.6.2 Elektromagnetische velden in CUTE bus

In het kader van het Europese project Clean Urban Transport for Europe (CUTE) testen 9 Europese stadsvervoerders elk 3 stadsbussen met een brandstofcel. De bussen gaan rijden of rijden in Reykjavik, Madrid, Barcelona, Hamburg, Stuttgart, Luxemburg, Londen en Stokholm.

De CUTE of **brandstofcelbus** is een elektrisch aangedreven stadsbus die via een brandstofcel op het dak van de bus van elektrische stroom wordt voorzien. De brandstof die gebruikt wordt is waterstof. Een brandstofcelvoertuig kan uitgerust zijn ofwel met enkel een brandstofcel ('zuiver brandstofcelvoertuig'), ofwel met een brandstofcel aangevuld met een batterij ('hybride brandstofcelvoertuig'). Noteer dat in elk geval het brandstofcelvoertuig een elektrisch voertuig is.

Figuur 95 geeft een schematisch overzicht en de kenmerken van de CUTE bus waarvan in Luxemburg de elektromagnetische velden gemeten werden.



CUTE Buses – Characteristics:

Fuel:	gaseous hydrogen
Emissions:	without
Waste product:	clean water
Range:	ca. 200 km with one tank
Speed:	up to 70 km/h
FC performance:	ca. 200 kW net
Bus is derived from:	M-B 12 m low-floor CITARO
Drive principle:	FC produces electricity, which drives an electric motor
Electric motor:	Reuland C000 Asynchron 225 kW at 2100 rpm

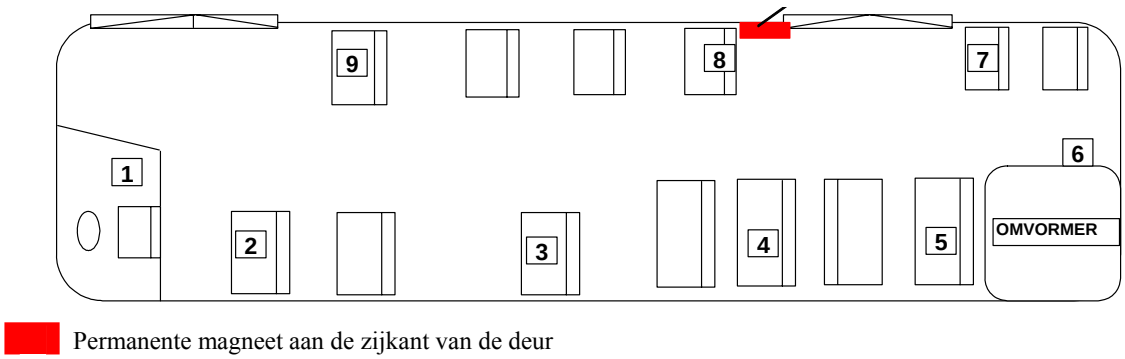
Figuur 95: Schema en kenmerken van CUTE bussen

c) Statisch magnetisch inductieveld (B-veld)

2.3.6.2.1 Het B-veld werd op 9 meetplaatsen in de bus door middel van de ETM-1 Teslameter (tabel B1 bijlage 6.1.1) uitgevoerd. Het B-veld werd repetitief geregistreerd doorheen de volgende actiefasen van de bus:

- stilstaan
- optrekken
- normaal rijregime
- remmen

Figuur 96 toont de indeling van de meetplaatsen in een CUTE bus.



Figuur 96: Bovenaanzicht van een CUTE bus met indeling van 9 meetplaatsen

De ingebouwde permanente magneet genereert langs de deur ter hoogte van het zitvlak van zetel 8 een B-veld van 1,33 mT. Aangezien de veldsterke sterk afneemt met de afstand is de veldsterkte in het midden van de deur reeds gelijk aan het backgroundniveau van 0,04 mT. Omdat volgens ICNIRP (1994) (tabel 4) vanaf een ogenblikkelijke waarde van 0,5 mT interferentie kan optreden met pacemakers of ferromagnetische en andere elektronische implantaten wordt aanbevolen dat dragers van dergelijke implantaten best niet te dicht bij deze magneet komen. Ofschoon in de literatuur geen melding gemaakt werd van de aangehaalde interferentieproblemen en de kans op interferentie bij het overschrijden van 0,5 mT niet gekend is, wordt veiligheidshalve en op basis van het voorzorgsprincipe (nemen van maatregelen zonder dat een effect bewezen is) aangeraden om de bovenvermelde aanbevelingen op te volgen.
Zoals in tabel 60 aangetoond wordt, wordt het 0,5 mT niveau noch in zetel 8 noch in de andere meetplaatsen overschreden en moeten bijgevolg geen bijkomende maatregelen ter bescherming van de passagier genomen worden.

Tabel 60: Verdeling van het statisch B-veld in CUTE bus

Blootstelling	Statistieken	Meetplaatsen in de CUTE bus								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Enkels	Gemiddelde	0,05	0,10	0,06	0,06	0,03	0,08	0,15	0,10	0,09
	stdev	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01
	n	6	7	6	6	4	5	6	9	9
Heupen	Gemiddelde	0,06	0,07	0,03	0,06	0,04	0,04	0,25	0,07	0,08
	stdev	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,10	0,01	0,01
	n	6	8	9	9	12	8	11	11	7
Schouders	Gemiddelde	0,06	0,05	0,02	0,06	0,04	0,04	0,13	0,08	0,09
	stdev	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,03
	n	8	7	8	10	9	7	5	7	10
Gehele lichaam	Gemiddelde	0,06	0,07	0,03	0,06	0,04	0,05	0,17	0,08	0,08
	stdev	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,07	0,02	0,02
	n	20	23	24	26	25	20	22	27	27

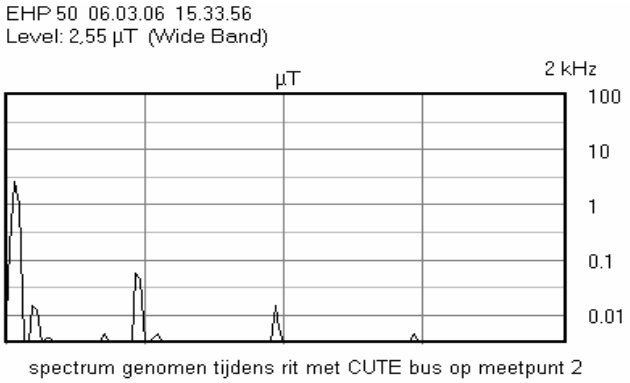
d) ELF magnetisch inductieveld (B-veld)

De metingen werden uitgevoerd op de exploitatietrajecten van deze bussen. Het ELF-veld werd gemeten door middel van:
- Emdex Lite 16 $^{2/3}$ Hz tot 1000 Hz en 40 Hz tot 1000 Hz (tabel B2 bijlage 6.1.2)
- PMM 8053A met probe EHP 50A (tabel B4 & B5 bijlage 6.1.2)

De metingen gebeurden op de 5 volgende meetplaatsen:
- 1: achteraan in bus op laatste zitplaats (40 cm van wand)
- 2: achteraan in bus op laatste zitplaats (tegen rugleuning)
- 3: midden in bus op passagiersplaats (linkerzijde)
- 4: vooraan in bus op 1ste passagiersplaats (linkerzijde)
- 5: achteraan staanplaatsen (meethoogte 1,5 m)

In de meetplaatsen van 1 t.e.m. 4 werd steeds op borsthoogte gemeten.

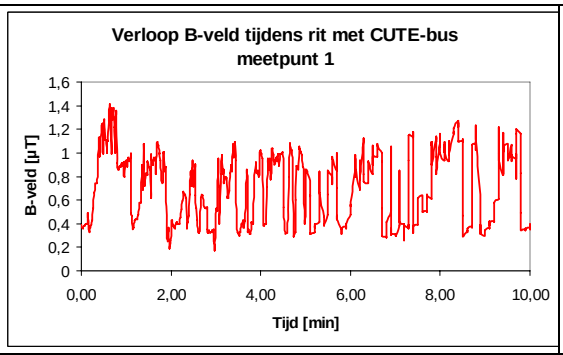
Figuur 97 toont het frequentiespectrum van het B-veld dat in meetpunt 2 genomen werd in het gebied van 24 Hz – 2000 Hz.



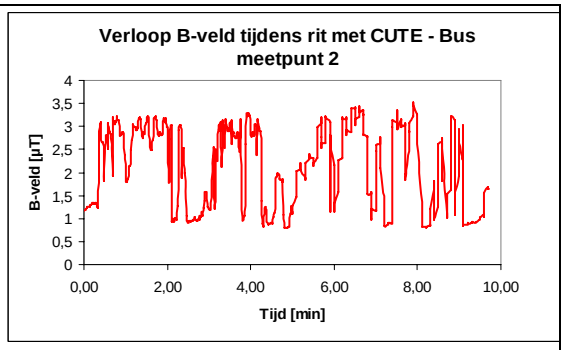
Figuur 97: Frequentiespectrum van het B-veld in de 24 Hz – 2000 Hz band

De fundamentele frequentie en het grootste gewicht van de blootstelling ligt bij 50 Hz. Bij 500 Hz, 1000 Hz en 1500 Hz worden enkele verwaarloosbare piekwaarden waargenomen.

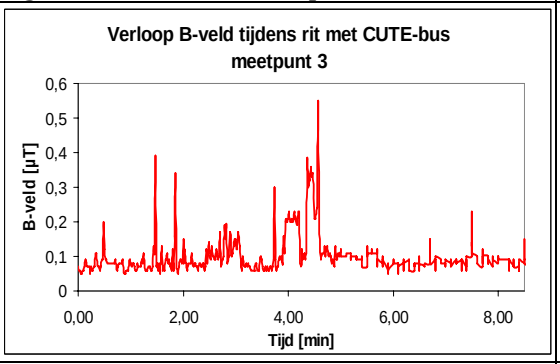
De volgende reeks figuren (98 – 103) tonen het verloop van het B-veld (24 Hz – 2000 Hz) in de verschillende meetplaatsen i.f.v. de tijd.



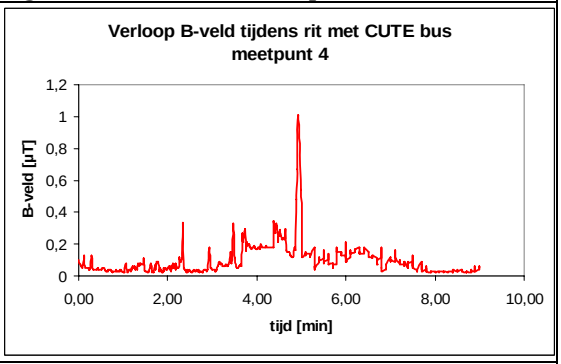
Figuur 98: B-veld in meetpunt 1



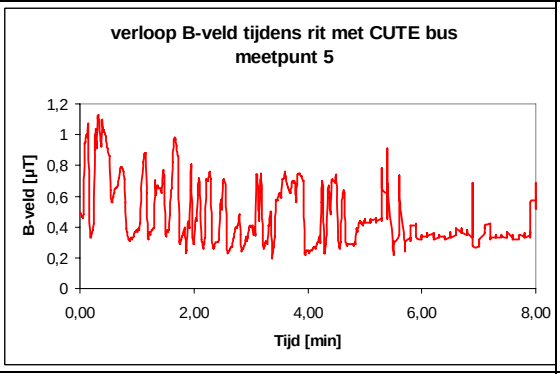
Figuur 99: B-veld in meetpunt 2



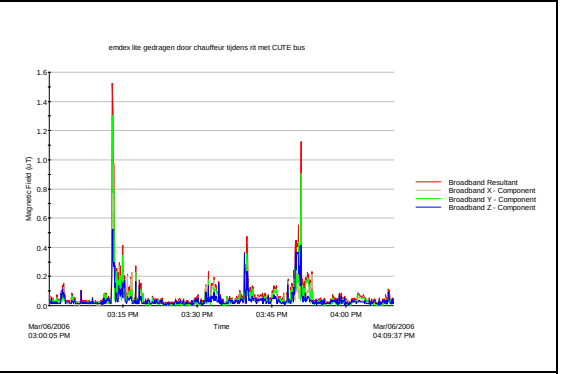
Figuur 100: B-veld in meetpunt 3



Figuur 101: B-veld in meetpunt 4



Figuur 102: B-veld in meetpunt 5



Figuur 103: Blootstelling van busbestuurder

In tabel 61 zijn de blootstellingsstatistieken van deze figuren samengevat.

Tabel 61: Blootstellingsstatistieken van het B-veld in een CUTE bus

Meetpunt	B-veld (µT)		
	Minimum	Maximum	Gemiddelde
1	0,17	1,41	0,76
2	0,79	3,53	2,29
3	0,05	0,55	0,11
4	0,02	1,01	0,14
5	0,20	1,13	0,51
Borsthoogte busbestuurder	0,01	1,53	0,08

Aangezien de algemene bevolking gedurende 24 uur per dag aan een ELF B-veld van 100 µT mag blootgesteld worden (ICNIRP, 1998) (tabel 5), zijn er geen gezondheidsrisico's te vrezen. Bovendien zijn geen interferentieproblemen te verwachten vermits alle gemeten waarden ver beneden de interferentiedrempel van 100-200 µT liggen, die aangehaald wordt in de IRPA/INIRC richtlijnen van 1990 [18].

2.3.6.3 Besluit en aanbevelingen betrefffende de hybride bussen

In de CUTE bus zou op de permanente magneet bij de ingang van de deur een pictogram kunnen aangebracht worden om dragers van pacemakers of andere ferromagnetische of kunnen elektronische implantaten er attent op te maken dat ze, op risico van interferentie van hun implantaten met het statisch magnetisch veld, niet te dicht bij deze magneet mogen komen. Voor het overige zijn zowel de statische als de ELF magnetische velden die in beide bussen gemeten werden conform met de blootstellingslimieten die ICNIRP (1994 en 1998) (tabel 4 en 5) aanbeveelt. Bijgevolg zijn buiten het aanbrengen van het waarschuwingspictogram op de magneet geen bijkomende aanbevelingen ter bescherming van de passagiers tegen elektromagnetische velden nodig.

2.3.7 Algemeen besluit betreffende elektromagnetische velden in het openbaar vervoer

De metingen tonen aan dat de globale blootstelling aan respectievelijk de statische, ELF-, IF- en RF-velden, die in het openbaar vervoer voorkomen, conform zijn met de maximaal toegelaten blootstellingslimieten die in de ICNIRP-richtlijn (1998) en/of Belgische norm (2005) voor het algemene publiek aanbevolen worden om gezondheidseffecten tegen te gaan. Voor wat het risico op interferentie tussen het statisch magnetisch veld en pacemakers of ferromagnetische en andere elektronische implantaten betreft, worden op basis van de ICNIRP-richtlijn (1994) adequate aanbevelingen gedaan om dragers van deze implantaten volledig risicoloos de metro en de CUTE bus te laten nemen.

2.4 Radiofrequentievelden (RF-velden) van picocellen in de stations van Brussel

De RF-velden van de picocellen werden respectievelijk gemeten in het Noord-, Centraal- en Zuidstation van Brussel. Alle metingen werden uitgevoerd met de Fieldcop (tabel B11 bijlage 6.1.5) en/de Narda SRM 3000 (tabel B12 bijlage 6.1.5) spectrometers. In tabel 62 worden de eigenschappen van de gemeten frequentiebanden, die per operator (Base, Mobistar, Proximus) in downlink (richting van het RF-veld: zendmast ⇒ naar mobiele telefoon) geregistreerd werden, samengevat. In de laatste kolom van deze tabel worden de blootstellingslimieten waaraan het algemene publiek volgens de Belgische norm (2005) doorlopend over het gehele lichaam mag blootgesteld worden, samengevat. De limieten werden voor iedere frequentieband berekend volgens:

$0{,}686\sqrt{f}$

met f = aan de frequentie van de band in MHz.

Om uitspraken te doen over het eventueel risico van de blootstelling aan de RF-velden van de picocellen worden de gemeten veldsterkten met deze normwaarden vergeleken.

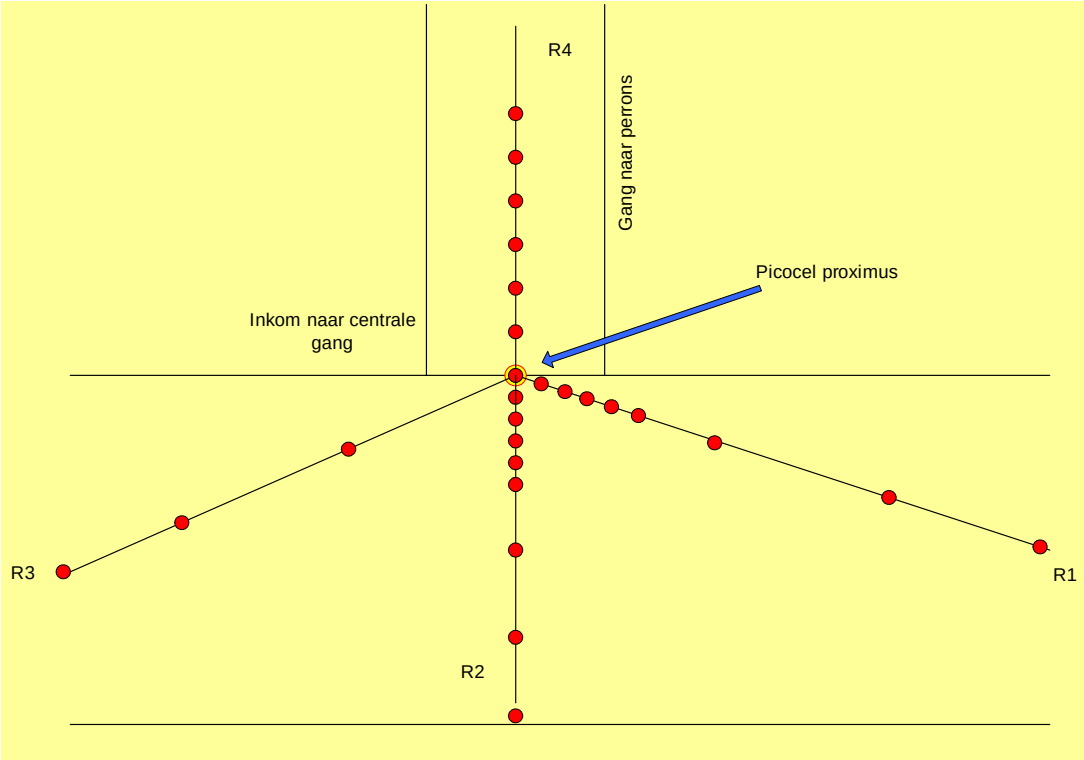
Tabel 62: Gemeten frequentiebanden met overeenkomstige Belgische blootstellingsnorm

Operator	Frequentie (MHz)	Bandbreedte (MHz)	Belgische norm E-veld (V/m)
BASE1	927,5	6,2	20,89
BASE2	933,5	6,2	20,96
PROXIMUS1	938,0	6,2	21,01
MOBISTAR1	944,0	6,2	21,08
PROXIMUS2	950,0	6,2	21,14
MOBISTAR2	956,0	6,2	21,21
PROXIMUS3	1812,5	30,0	29,21
MOBISTAR3	1827,5	30,0	29,33
MOBISTAR3	1846,5	30,0	29,48
BASE3	1869,0	30,0	29,66

2.4.1 Station Brussel-Noord

2.4.1.1 Locatie van picocel en meetmethode

De picocel (Proximus) bevindt zich boven de inkom van de centrale gang op een hoogte van 4,8 m. Op een afstand van 8 m bevindt zich op dezelfde hoogte een wi-fi access point (AP) voor de besturing van de kaartjesautomaten.
Figuur 104 toont de verdeling van de meetpunten t.o.v. de picocel.



Figuur 104: Schema voor het meten van het E-veld van een picocel in Brussel-Noord

Er werd in 4 richtingen (R1 – R4) t.o.v. de picocel gemeten. De meethoogtes waren respectievelijk 0,10 m, 1,00 m en 1,70 m. Op de hoogtes van 0,10 m en 1,70 m werd het elektrisch veld (E-veld) gedurende 1 minuut selectief geregistreerd. Op een hoogte van 1 m gebeurde dit in ieder meetpunt gedurende 6 minuten. De radiale afstanden van de meetpunten t.o.v. de picocel worden in de bespreking van de resultaten gegeven.
In ieder meetpunt werd de GSM 900 en 1800 band van de 3 providers (Base, Mobistar en Proximus) in downlink gemeten: de frequentiebanden zijn in dowlink (voortplantingsrichting van de elektromagnetische golf van de antenne naar de mobilofoon) verschillend van die in uplink (voortplantingsrichting van de elektromagnetische golf van de mobilofoon naar de antenne).

2.4.1.2 Resultaten

Tabel 63 toont de maximale sterkte van het elektrisch veld (E-veld) dat waargenomen werd tijdens de meetduur die met de verschillende meethoogtes overeenstemt.

Tabel 63: Maximaal E-veld (V/m) op meetas R1

ID	Afstand (m)	Meethoogte (m) en meetduur (min)			Gehele Lichaamsblootstelling (rms)
		0,1 m	1 m	1,7 m	
		1 min.	6 min.	1 min.	
		E-veld (V/m)			
1	0	1,52	1,65	1,16	1,46
2	1	1,32	1,67	1,38	1,46
3	2	1,56	1,73	1,89	1,73
4	3	1,25	1,31	1,96	1,54
5	4	1,11	2,39	1,60	1,78
6	5	1,46	1,11	1,63	1,42
7	10	0,98	1,23	1,01	1,08
8	20	0,58	0,78	0,77	0,72
9	30	0,24	0,26	0,31	0,27
Gemiddelde		1,11	1,35	1,30	1,27
95%OL					0,94
95%BL					1,57

- OL & BL: onderste en bovenste limiet van 95% betrouwbaarheidsinterval

Een schatting van de gehele lichaamsblootstelling werd gemaakt door per meetpunt het E-veld uit te middelen over de drie hoogtes. Bovendien werd berekend dat de kans 95% is dat een passagier die zich in het strooiveld van R1 bevindt, blootgesteld wordt aan een E-veld tussen 0,94 V/m en 1,57 V/m. Dit is uiteraard veel lager dan de Belgische normwaarden die in tabel 62 per frequentieband berekend werden. Dit geldt tevens ook voor al de maximaal geobserveerde waarden die in tabel 61 samengevat zijn.

Tabel 64 geeft een overzicht van de maximale sterkte van het E-veld dat in de andere meetassen (R2, R3 en R4) op een hoogte van 1,5 m waargenomen werd. De metingen werden uitgevoerd met de Fieldcop en de meetduur bedroeg 2 min. per meetpunt.

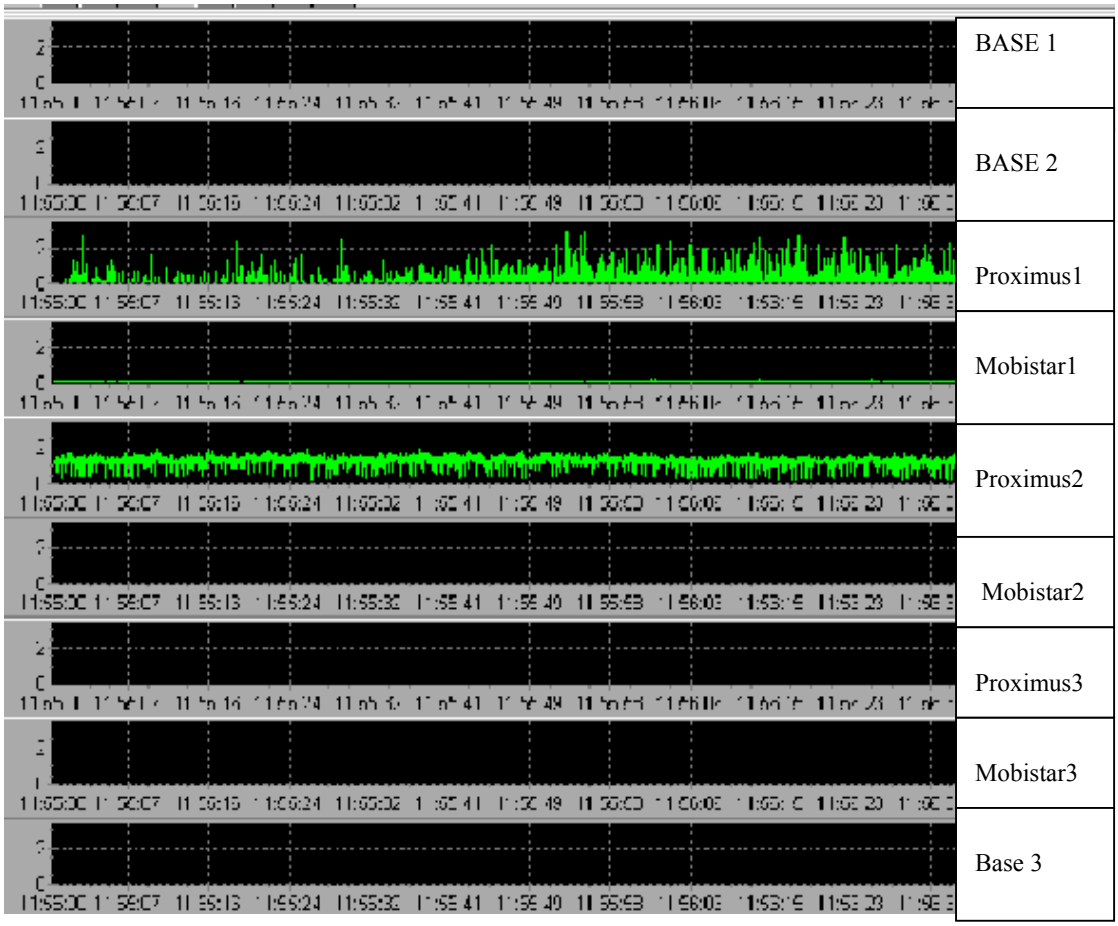
Tabel 64: E-veld (V/m) waargenomen in de meetassen R2, R3 en R4

	Meetas					
	R2		R3		R4	
Afstand (m)	Min. (V/m)	Max. (V/m)	Min. V/m	Max. V/m	Min. V/m	Max. V/m
0	0,26	3,40	-		-	
1	0,00	2,00				
2	0,08	1,65				
3	0,41	4,07				
4	0,23	2,96				
5	0,40	3,76	-	-	0	0,65
10	0,10	2,02	0,06	1,40	0	0,32
15	0,00	1,17	-	-	-	-
20	-	-	0,09	1,30	0	0,21
30	-	-	0,00	0,56	0	0,12
40	-	-	-	-	0	0,00
50	-	-	-	-	0	0,07

-: op deze plaatsten niet kunnen meten

De sterkte van het E-veld is het grootst in de R2-as. De maximale veldsterkte die in deze as op 3 m van de picocel gemeten werd, bedroeg 4,07 V/m en is, zoals alle andere veldsterkten van tabel 63, veel zwakker dan de Belgische norm (tabel 62) waaraan de algemene bevolking doorlopend mag blootgesteld worden.

Figuur 105 toont aan dat het RF-veld dat door de picocel uitgezonden wordt, in de banden van Proximus 1 (938 MHz band met norm = 21,01 V/m) en Proximus 2 (950 MHz band met norm = 21,14 V/m) ligt. Dit toont nogmaals aan dat zich volgens de interpretatie van de norm geen blootstellingsrisico tengevolge van de aanwezigheid van de picocel in Brussel-Noord voordoet.



Figuur 105: Analyse van de frequentiebanden van de picocel in Brussel-Noord

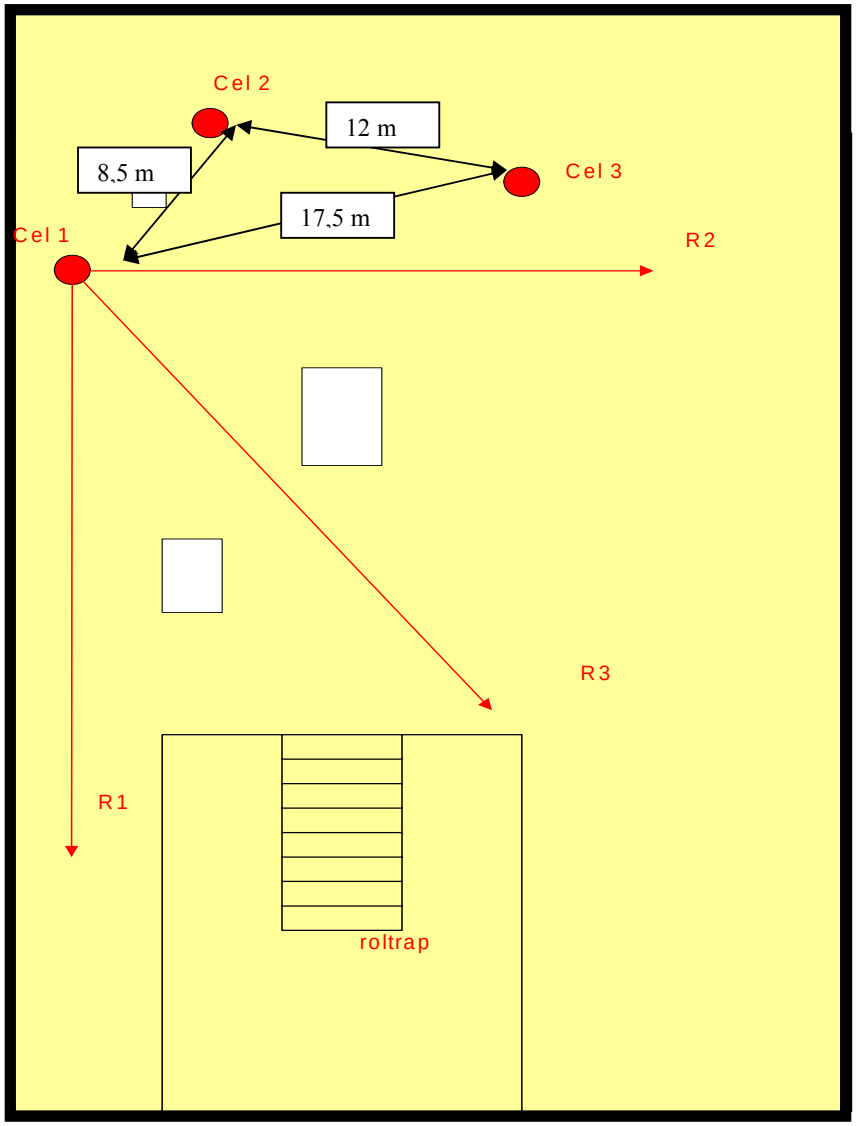
2.4.2 Station Brussel-Centraal

2.4.2.1 Locatie van picocellen en meetmethode

In Brussel-Centraal bevinden zich 3 picocellen die samen een omtrek van 38 m beslaan.
Figuur 106 geeft een situatieschets waarin alle elementen van de metingen begrepen zijn. Er werd op 3 assen (R1, R2 en R3) gemeten.
Op meetas R1 werden de metingen uitgevoerd met de NARDA-spectrometer. De meethoogten en de overeenkomstige meettijden waren:
- hoogte 0,10 m en meetduur 1 minuut
- hoogte 1,00 m en meetduur 6 minuten
- hoogte 1,70 m en meetduur 1 minuut

De radiale meetafstanden werden steeds t.o.v. de ingebeelde loodlijn tussen picocel 1 en de vloer bepaald en bedroegen tussen 0 m en 50 m.

In R2 en R3 werd het E-veld in ieder punt gedurende 2 minuten met de Fieldcop-spectrometer op een hoogte van 1,50 m geregistreerd. De meetafstanden werden op dezelfde manier bepaald als voor de as R1.



Figuur 106: Schema voor het meten van het E-veld van picocellen in Brussel-Centraal

2.4.2.2 Meetresultaten

Tabel 65 geeft de sterkte van het E-veld dat gemeten werd op de as R1.

Tabel 65: Maximaal E-veld (V/m) op meetas R1

ID	Afstand (m)	Meethoogte (m) en meetduur (min.)			Gehele lichaam
		0,1 m	1 m	1,7 m	
		1 min.	6 min.	1 min.	
		E-veld (V/m)			
1	0	1,38	1,38	1,60	1,46
2	1	1,81	2,64	4,66	3,26
3	2	2,87	2,11	2,64	2,56
4	3	1,81	1,92	1,46	1,74
5	4	2,13	1,49	1,07	1,62
6	5	1,83	0,75	1,02	1,28
7	10	0,64	0,82	0,51	0,67
8	20	0,29	0,36	0,17	0,28
9	30	0,19	0,32	0,17	0,24
Gemiddelde		1,44	1,31	1,47	1,46
95%OL					0,78
95%BL					2,04

De kans dat een passagier, die zich ter hoogte van de R1-meetas bevindt, aan een E-veld tussen 0,8 V/m en 2 V/m blootgesteld wordt, bedraagt 95%. De bovenste limiet van dit interval en tevens alle veldwaarden die in tabel 65 samengevat zijn, zijn substantieel zwakker dan de Belgische norm (tabel 62) waaraan de algemene bevolking doorlopend mag blootgesteld worden.

Tabel 66 geeft een overzicht van de maximale sterkte van het E-veld dat in de andere meetassen (R2, R3) op een hoogte van 1,5 m waargenomen werd. De metingen werden uitgevoerd met de Fieldcop en de meetduur bedroeg 2 min. per meetpunt.

Tabel 66: Maximaal E-veld (V/m) op meetas R2 en R3

	E-veld (V/m)			
Afstand (m)	Meetas R2		Meetas R3	
	Min.	Max.	Min.	Max.
0	0,19	2,20		
1	0,17	6,70		
2	0,35	3,70		
3	0,67	4,40		
4	0,55	4,70		
5	0,27	3,50		
10	0,40	6,50	0,10	1,20
15			0,10	1,00
20			0,00	0,70

Uit de vergelijking van de meetgegevens van tabel 66 met de Belgische norm (tabel 62) leiden we af dat zelfs het sterkste E-veld (6,5 V/m), dat in R2 op 10 m van picocel 1 gemeten werd, substantieel kleiner is dan de Belgische norm van 20,9 V/m voor de 900 MHz band en ongeveer 30 V/m voor de 1800 MHz band (tabel 62).

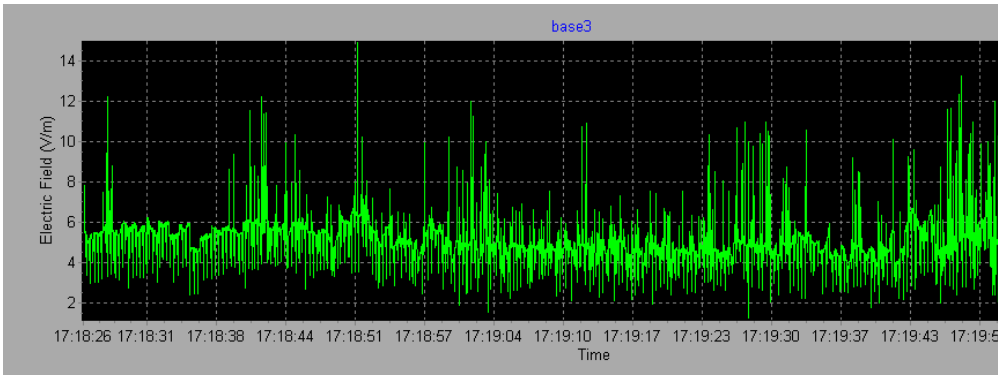
Tabel 67 toont de sterkte van het E-veld respectievelijk onder de picocellen 1, 2 en 3.

Tabel 67: Sterkte van E-veld onder picocellen

	E-veld (V/m)		
Meting onder Picocel:	Minimum	Maximum	Effectieve waarde (rms)
1	0,19	2,50	1,04
2	1,20	15,00	6,21
3	0,09	2,00	0,57

De hoogste waarde werd waargenomen onder picocel 2: de piekwaarde bedroeg 15 V/m en de rms[11]-waarde over de hele meetduur was 6,21 V/m. Figuur 107 geeft het verloop van het E-veld in functie van de bemonsteringstijd.

[11] Rms: de root-mean-square of effectieve waarde van een wisselstroom- of wisselspanningsveld is ongeveer gelijk aan 70% van de amplitude van de sinusgolf.



Figuur 107: Verloop van het E-veld onder picocel 2

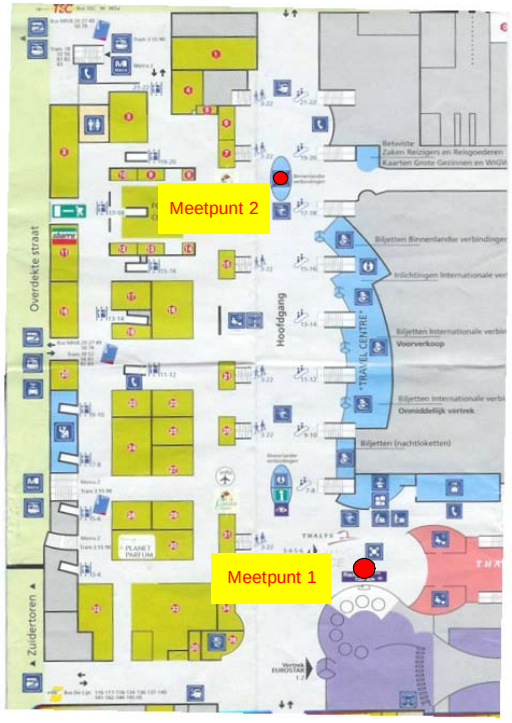
Figuur 107 toont aan dat vaak piekvelden optreden van ongeveer 10 V/m of meer en dat het sterkste E-veld dat gemeten werd 15 V/m bedraagt.

Aangezien noch de tilthoek noch het uitgezonden vermogen van de respectievelijke picocellen gekend zijn, kan de afzonderlijke bijdrage van iedere picocel niet bepaald worden. Het belangrijkste is echter dat de piek van 15 V/m heel kortstondig optrad en bovendien ongeveer de helft bedraagt van de Belgische norm (zie tabel 62) van 29,7 V/m. Bijgevolg zouden volgens dezelfde norm geen gezondheidsrisico te verwachten zijn.

2.4.3 Picocellen in Brussel-Zuid

2.4.3.1 Locatie van picocellen en meetmethode

Zoals op het grondplan (figuur 108) aangeduid staat, werden in Brussel-Zuid 2 picocellen van Mobistar, die zich respectievelijk in meetpunt 1 en 2 bevinden, bemonsterd.



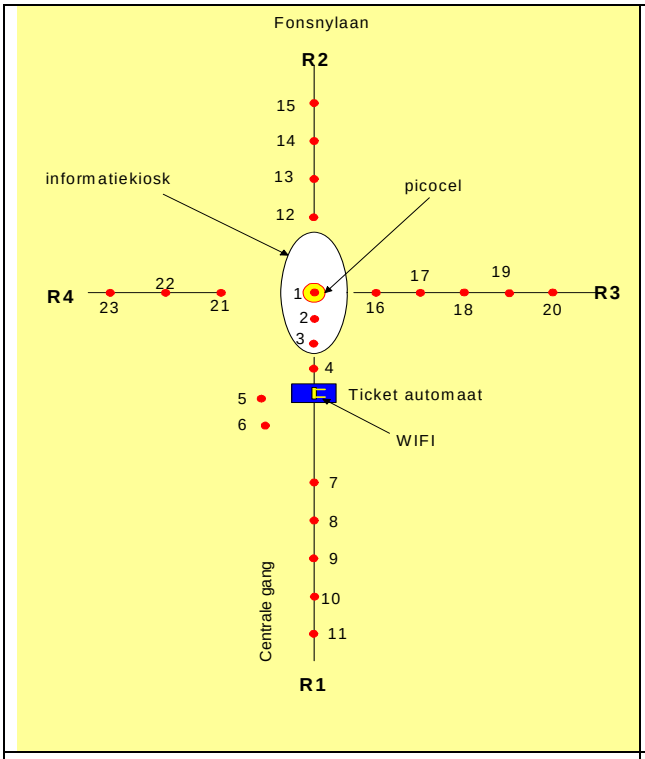
Figuur 108: Grondplan van het station Brussel-Zuid

Op meetas R1 van beide meetplaatsen werden de metingen uitgevoerd met de NARDA-spectrometer. De meethoogten en de overeenkomstige meettijden waren:
- hoogte 0,10 m en meetduur 1 minuut
- hoogte 1,00 m en meetduur 6 minuten
- hoogte 1,70 m en meetduur 1 minuut

In R2 en R3 werd het E-veld in ieder punt gedurende 2 minuten met de Fieldcop-spectrometer op een hoogte van 1,50 m geregistreerd.

a) Situatieschets voor het bemonsteren van picocel 1

De figuren 109 en 110 tonen respectievelijk het meetschema en een voorbeeld van een meetopstelling voor het meten van het elektrisch veld van picocel 1. Op het grondplan komt dit overeen met meetpunt 1.



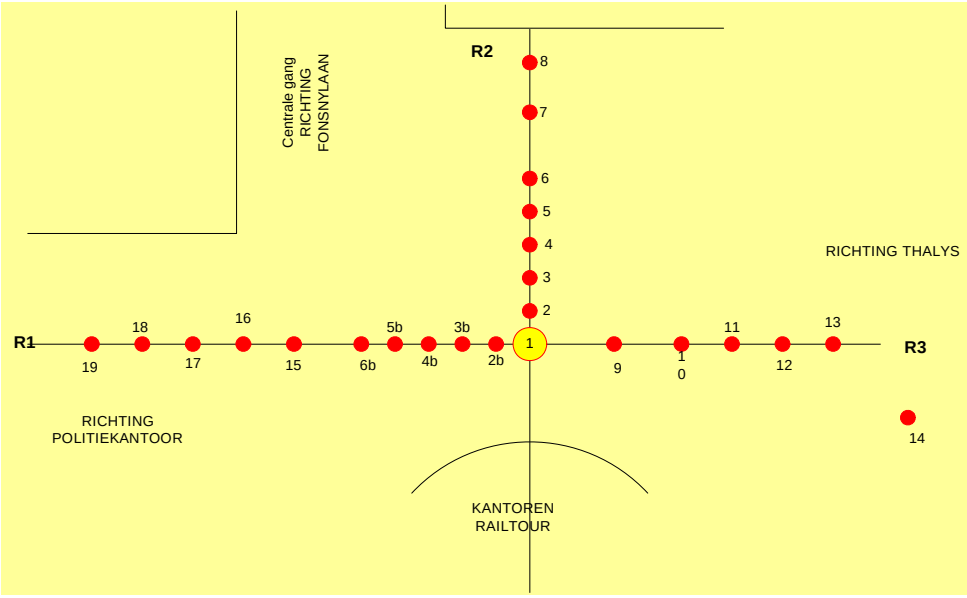
Figuur 109: Meetschema van picocel 1

Figuur 110: Meetopstelling bij picocel 1

Deze picocel bevindt zich boven de informatiekiosk, gelegen in de centrale gang, aan de zijde van Fonsnylaan. Ze hangt 4 m boven het vloeroppervlak en op een afstand van 4,3 m van een ‘wifi access point’ voor de besturing van kaartjesautomaten.

b) Situatieschets voor het bemonsteren van picocel 2

De figuren 111 en 112 tonen respectievelijk het meetschema en een voorbeeld van een meetopstelling voor het meten van het elektrisch veld van picocel 2. Op het grondplan komt dit overeen met meetpunt 2.



Figuur 111: Meetschema voor picocel 2

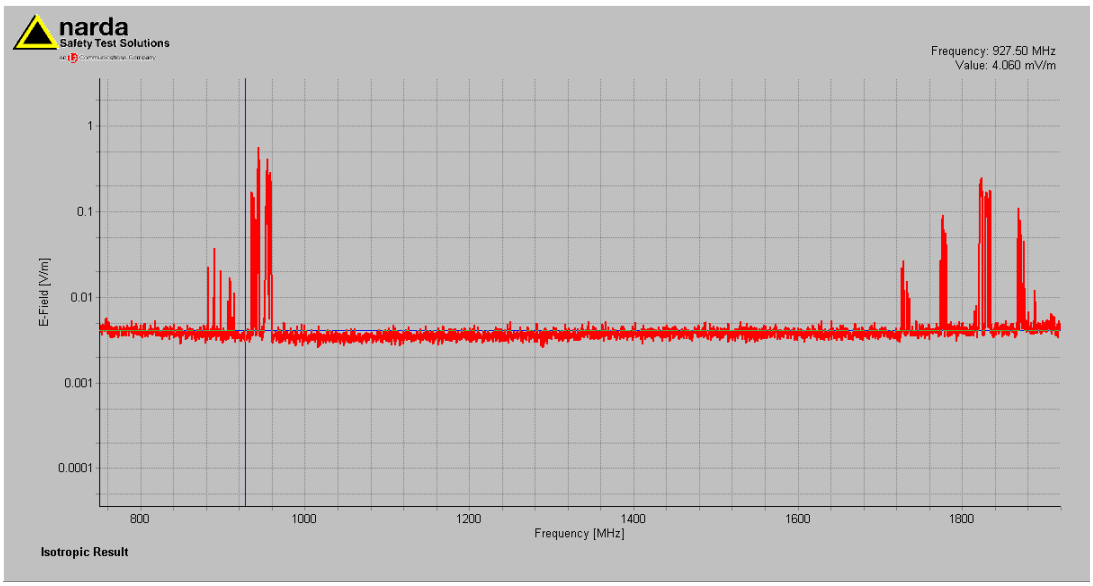
Figuur 112: Voorbeeld van meetopstelling bij picocel 2

Picocel 2 bevindt zich aan de kantoren van Railtour (zijde Hortaplein), ze hangt 3,2 m boven de vloer.

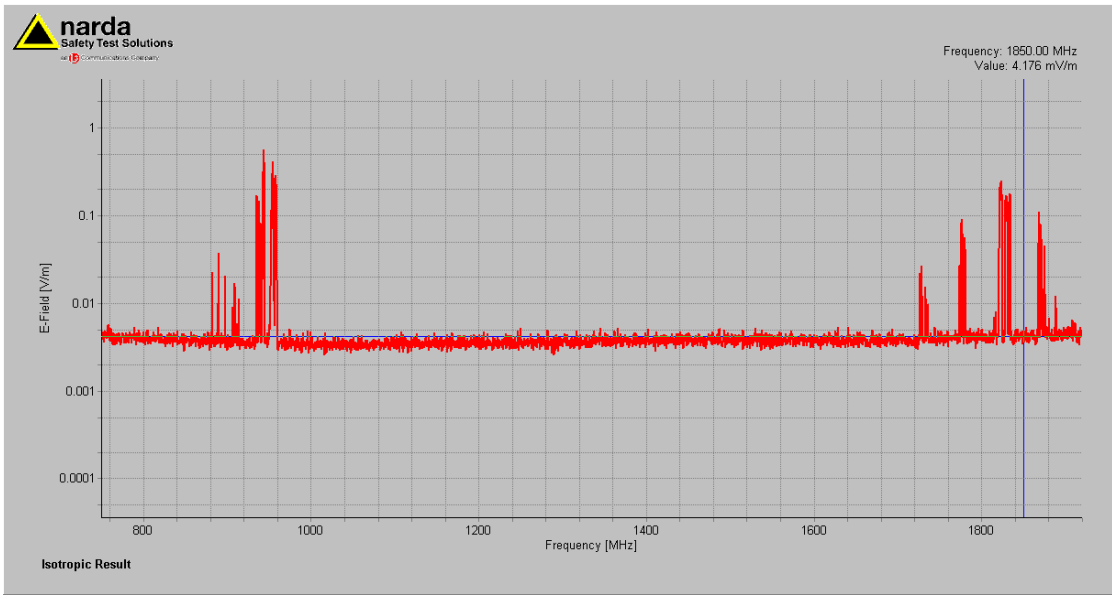
2.4.3.2 Meetresultaten

a) RF-veld van picocel 1

De spectrumanalyses genomen in R1 op 5 m van picocel 1 worden in de figuren 113 en 114 getoond. Ze illustreren dat het gewicht van de blootstelling rond de 930 MHz band (4,06 V/m) en de 1850 MHz band (4,18 V/m) ligt.



Figuur 113: Sterkte van het E-veld bij 927,5 MHz en 1800 MHz



Figuur 114: Sterkte van het E-veld bij 900 MHz en 1850 MHz

Tabel 68 toont de sterkte van het E-veld dat gemeten werd op meetas R1 van de centrale gang in de richting van het Hortaplein. De afstanden zijn bepaald t.o.v. de loodlijn van de picocel.

Tabel 68:Maximaal E-veld van picocel 1 op meetas R1

Meetpunt	Afstand [m]	Meethoogte (m) en meetduur (min.)		
		0,10 m 1 min.	1 m 6 min.	1,70 m 1 min.
		E-veld (V/m)		
1	0	-	0,97	1,48
2	1	0,68	0,89	1,18
3	2	0,79	1,23	1,40
4	3	0,35	0,84	0,76
5	4	0,47	1,23	0,70
6	5	0,56	0,71	0,44
7	10	0,41	0,96	0,46
8	20	0,49	0,50	0,30
9	30	0,34	0,27	0,44
10	40	0,16	0,37	0,40
11	50	0,20	0,32	0,70

-: niet gemeten

Tabel 69 toont het maximale E-veld in meetassen R2 en R3. Merk op dat het E-veld in de drie meetpunten van R4 kleiner was dan de detectielimiet van de PMM-uitrusting waarmee het E-veld breedbandig werd gemeten in de 700 MHz - 3 GHz band.

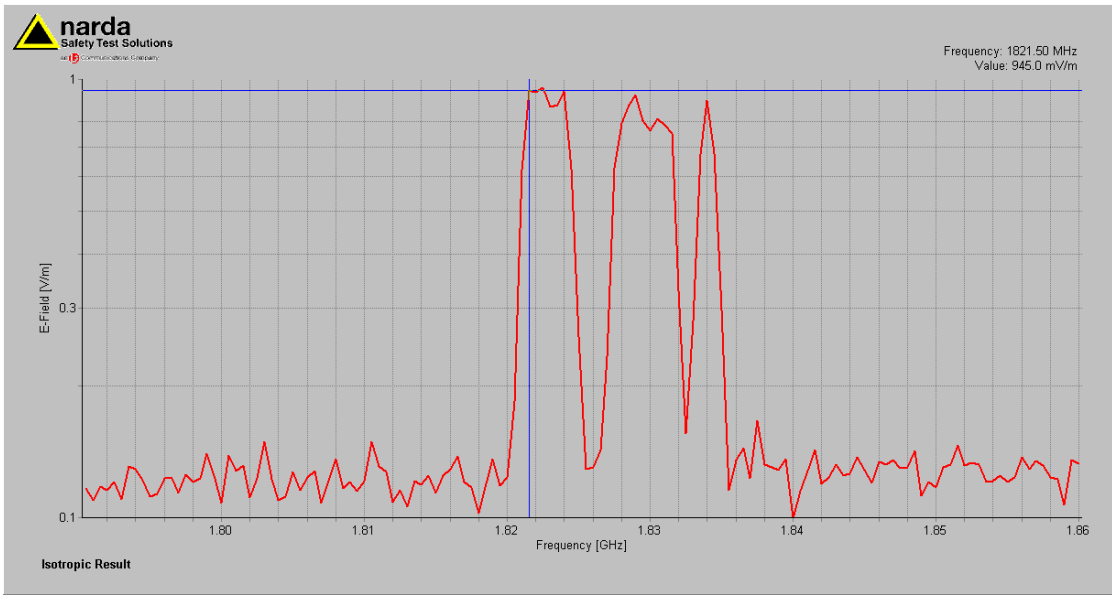
Tabel 69: Maximaal E-veld in de meetassen R2 en R3

		E-veld (V/m)			
		Meetas R2		Meetas R3	
Meetpunt	Afstand (m)	Min.	Max.	Min.	Max.
12	5	0,21	1,96	0,31	1,44
13	10	0,22	1,31	0,16	1,02
14	20	0,05	0,55	0,00	0,34
15	30	0,00	0,24	0,00	0,19
20	40			0,00	0,12

Uit de tabellen 68 en 69 leiden we af dat de maximale veldsterkte die in alle punten gemeten werd vrij zwak is t.o.v. de veldsterkten die gemeten werden in de andere stations en dat ze verwaarloosbaar klein zijn t.o.v. de Belgische norm (2005). In de assen van picocel 1 zijn dus geen gezondheidsrisico's te verwachten.

RF-veld van picocel 2 (Mobistar A06)

De spectrumanalyse van figuur 115 toont aan dat de blootstelling bij deze picocel in de 1800 MHz band ligt.



Figuur 115: Spectrumanalyse van het E-veld van picocel 2

Het maximale E-veld bedraagt bij een frequentie van 1821,5 MHz 0,945 V/m.

Tabel 70 toont de sterkte van het E-veld dat gemeten werd op de meetas R1 van de centrale gang in de richting van het Hortaplein. De afstanden zijn bepaald t.o.v. de loodlijn van de picocel 2.

Tabel 70: Maximaal E-veld op meetas R1 van picocel 2

Afstand [m]	Meethoogte (m) en meetduur (min.)		
	0,1 m 1 min.	1 m 6 min.	1,7 m 1 min.
	E-veld (V/m)		
0	1,06	2,50	3,63
1	1,53	3,03	3,29
2	1,11	2,06	2,37
3	1,91	2,08	3,21
4	1,58	2,53	2,00
5	1,24	1,90	1,66
10	1,04	1,59	1,18
20	0,64	0,91	0,61
30	0,23	0,46	0,33
40	0,50	0,24	0,22

Tabel 71 toont het maximale E-veld dat in de overige meetassen van picocel 2 gemeten werd.

Tabel 71: Maximaal E-veld in de assen R2, R3 en R4 van picocel 2

	E-veld (V/m)					
	As R2 Richting Fosnylaan		As R3 Richting Thalys		As R4 Richting politiekantoor	
Afstand [m]	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
0	1,93	4,48	-	-		
1	2,17	5,59	-	-		
2	1,42	4,79	-	-		
3	0,54	3,13	-	-		
4	0,47	3,43	-	-		
5	0,39	2,49	-	-		
10	0,20	2,29	0,29	2,27	0,07	1,24
15	0,11	1,33	-	-	-	-
20	-	-	0,08	0,90	0,00	0,86
30	-	-	0,00	0,89	0,00	0,35
40	-	-	0,00	0,43	0,00	0,24
50	-	-	0,00	0,42	0,00	0,24
67	-	-	0,00	0,17	-	-

-: plaatsen waar niet kon gemeten worden

Aangezien de tabellen 68 en 69 aantonen dat alle E-velden, die door picocel 2 op persoonshoogte gegenereerd worden, veel kleiner zijn dan de Belgische norm van de betrokken frequentiebanden (tabel 62), is hier ook geen gezondheidsrisico te vrezen.

2.4.4 Algemeen besluit betreffende de RF-velden van picocellen in de stations

Ofschoon de sterkte van de blootstelling aan het RF-veld van picocellen sterk kan variëren van plaats tot plaats zijn alle maximale waarden die in de stations gemeten werden conform met de Belgische norm (2005). Bijgevolg zal volgens de interpretatie van de norm het gezondheidsrisico klein of onbestaande zijn en moeten er geen bijkomende maatregelen genomen worden ter bescherming van de algemene bevolking tegen de RF-velden van picocellen in de stations.

2.4.5 Blootstelling aan radiofrequentievelden (RF-velden) van microcellen

Om het mobilofoonverkeer in kleine gebieden zoals winkelstraten en dergelijke te verzekeren, plaatsen de drie operatoren (Base, Mobistar, Proximus) microcellen. Hun typisch vermogen is beperkt tot 1 watt (W) en ze worden onder een optimale tilthoek op gevels van huizen en appartementen geplaatst. Het uitzendvermogen van microcellen is veel zwakker dan dat van GSM-zendmasten. Dit wil echter niet zeggen dat de sterkte van blootstelling aan het RF-veld dat ter hoogte van de mens door de microcellen gegenereerd wordt kleiner is dan de sterkte van de blootstelling aan het RF-veld dat ter hoogte van de mens door GSM-zendmasten geproduceerd wordt. In de bepaling van de sterkte van de blootstelling speelt de afstand een cruciale rol: omdat de vermogendichtheid van het RF-veld in het verre-veld afneemt met het kwadraat van de afstand ($1/r^2$) (noteer dat de sterkte van het elektrisch veld (E-veld) slechts omgekeerd evenredig is ($1/r$) met de afstand) is het niet uitgesloten dat de blootstelling door microcellen groter is dan deze die veroorzaakt wordt door GSM-zendmasten. De algemene bevolking komt immers dichter bij microcellen dan bij GSM-zendmasten.

2.4.5.1 Steekproef en locaties

Tabel 72 geeft een overzicht van de steekproefgrootte per provider en de locatie van de bemonsterde microcellen.

Het inschatten van de blootstelling van de algemene bevolking aan de RF-velden van de microcellen in Vlaanderen is gebaseerd op een steekproef van 28 microcellen die zo evenredig mogelijk over de drie verschillende providers verdeeld werden.

Tabel 72: Steekproef en locatie van bemonsterde microcellen

ID	Provider	Gemeente/stad	Straat
1	Base	Antwerpen	Sint Jansplein
2	Base	Antwerpen	Veemarkt
3	Base	Brussel	Hectoliterstraat 1
4	Base	Brussel	Nieuwland 155a
5	Base	Brussel	Steenstraat
6	Base	Brussel	't Kintstraat
7	Base	Brussel	Zuidstraat 39
8	Base	Gent	Jan Platijnstraat
9	Base	Luik	St Jean en Isle
1	Mobistar	Antwerpen	Oude Beurs
2	Mobistar	Antwerpen	Schuttershof
3	Mobistar	Brussel	Grasmarkt
4	Mobistar	Brussel	Nieuwstraat / Ken
5	Mobistar	Brussel	Niewstraat / Wolvengracht
6	Mobistar	Gent	Onderstraat
7	Mobistar	Hasselt	Lombaardstraat
8	Mobistar	Kortrijk	OLV-straat
9	Mobistar	Kortrijk	Wijngaardstaat

10	Mobistar	Turnhout	Otterstraat
1	Proximus	Aalst	Nieuwstraat
2	Proximus	Antwerpen	Carnotstraat
3	Proximus	Antwerpen	Frankrijklei
4	Proximus	Antwerpen	Groenplaats
5	Proximus	Antwerpen	Korte Gasthuisstraat
6	Proximus	Gent	Kortrijksepoortstraat
7	Proximus	Gent	Limburgstraat
8	Proximus	Leuven	Tiense straat
9	Proximus	Scherpenheuvel	Noordervest
Totaal 28			

Voor het uitbouwen van de steekproef werd uitgegaan van de lijsten met de locaties van de microcellen die ons door de respectievelijke providers ter beschikking gesteld werden voor de regio Brussel en Vlaanderen. Op de lijst van iedere provider werden de locaties genummerd van 1 tot het aantal microcellen dat op de lijst voorkwam en vervolgens werden 9 of 10 randomgetallen gegenereerd om de locatie van microcellen te selecteren voor het meten van de RF-velden.

2.4.5.2 Methode

Zoals bij de picocellen gebeurde, werden alle selectieve metingen uitgevoerd door middel van de Fieldcop (tabel B11 bijlage 6.1.5) en/of de Narda SRM 3000 (tabel B12 bijlage 6.1.5) spectrometers. In een eerste fase van de metingen werd steeds de hoofdbundel breedbandig gemeten door middel van de PMM-uitrusting met breedbandsonde van 100 kHz tot 3 GHz. Vervolgens werden de andere meetassen uitgezet. Aangezien de metingen in at random bepaalde smallere of bredere straten gebeurden, werd het meetplan steeds aan de plaatselijke situatie aangepast.

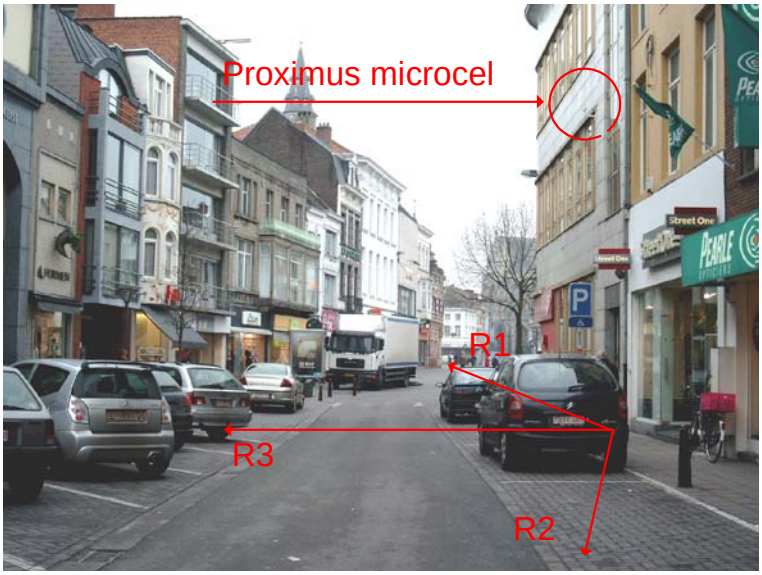
Evenals bij de picocellen werd het elektrisch veld (E-veld) van de microcellen telkens in de “down link” frequenties van de 10 kanalen van de drie Belgische operatoren gemeten (tabel 62). De gemeten RF-velden van de microcellen worden eveneens met de waarden van de Belgische norm (berekend volgens $0{,}686f^{1/2}$) van tabel 62 vergeleken.

De metingen werden uitgevoerd op 3 verschillende hoogten:

- 0,1 m: meetduur 1 minuut.
- 1,0 m: meetduur 6 minuten.
- 1,70 m: meetduur 1 minuut.

Indien mogelijk werd telkens op de volgende afstanden t.o.v. van een microcel gemeten:
0 m, 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m.

Figuur 116 geeft een algemeen beeld van de manier waarop het RF-veld van de microcellen in de geselecteerde straten gemeten werd. De meetassen waarin gemeten werd, worden voorgesteld door R1, R2 en R3.



Figuur 116: Algemeen beeld voor het meten van de RF-velden van microcellen in een straat

2.4.5.3 Resultaten

Tabel 73 geeft een gedetailleerd overzicht van de maximale sterkte (piekwaarde) van het elektrisch veld (E-veld) dat over de volledige meetduur op de verschillende locaties, op verschillende hoogtes, in verschillende meetassen en op verschillende radiale afstanden van de microcellen gemeten werd.

Tabel 73: E-veld van microcellen per locatie, hoogte en afstand

Locatie	Provider	H (m)	As	E-veld (V/m) op een afstand (m) van										
				0	1	2	3	4	5	10	20	30	40	50
Hasselt		0,1		0,3	0,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5		
Lombaardstraat		1		0,2	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,2	0,3	0,6		
Mobistar		1,75		0,2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6		
Gemiddelde				0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,6		
Antwerpen		0,1	R1	0,6	1,0	1,0	0,7	0,4	0,8	0,3	0,4	0,4		
Schuttershof		1	R1	1,0	1,2	0,9	1,1	0,8	0,8	1,1	0,8	0,6		
Mobistar		1,75	R1	1,6	1,0	1,3	1,1	1,2	1,0	0,8	0,8	0,7		
		1	R2	0,9	0,8	1,6	1,0	1,4	1,0	1,0	1,1	1,4		
Gemiddelde				1,0	1,0	1,2	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8		
Antwerpen		0,1		2,0	1,0	0,6	0,9	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3		
Oude Beurs		1		1,4	1,6	0,8	1,0	1,1	1,0	1,1	0,6	0,4		
Mobistar		1,75		2,2	1,3	1,4	1,0	1,1	1,1	0,7	0,3	0,6		
Gemiddelde				1,8	1,3	0,9	1,0	0,9	0,9	0,7	0,4	0,4		
Antwerpen		0,1	R1	0,4	1,0	1,4	1,2	0,5	1,0	0,6	0,3	0,2	0,3	0,2
Sint Jansplein		1	R1	0,7	0,4	1,1	1,9	1,2	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3

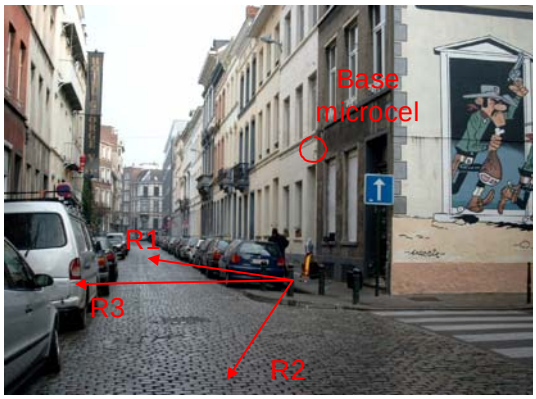
Base	1,75	R1	0,7	1,3	1,2	1,5	0,9	0,8	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2
	1,5	R2	2,2	3,1	4,9	6,0	5,0	3,8	3,6	5,3	2,3	1,4	1,5
		R3	2,2	1,3	1,0	1,1	0,9	1,5	0,7	0,7	0,4	0,3	0,4
Gemiddelde			1,2	1,4	1,9	2,3	1,7	1,5	1,2	1,4	0,7	0,5	0,5
Antwerpen	0,1	R1	0,3	0,7	0,9	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4	0,6	0,3	0,2
Veemarkt	1	R1	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6	1,0	0,7	0,5	0,3	0,3
Base	1,75	R1	0,5	1,0	1,0	0,6	0,9	1,1	0,9	0,8	0,5	0,3	0,2
	1,5	R2	0,7	1,6	1,7	1,5	1,3	1,2	1,3	0,5	0,3	0,3	0,3
		R3	0,7	0,7	1,1	1,9	1,5	1,6	1,2	0,8	0,4		
Gemiddelde			0,5	1,0	1,2	1,1	1,1	1,2	1,0	0,6	0,4	0,3	0,3
Antwerpen	0,1	R1	0,8	1,2	1,2	2,2	2,4	2,4	1,0	1,7	1,8	1,3	1,0
Frankrijklei	1	R1	1,3	1,9	2,8	3,1	3,0	2,9	2,0	3,5	2,9	1,6	1,5
Proximus	1,75	R1	1,2	2,2	2,1	4,0	2,7	3,3	2,3	3,8	2,3	1,6	1,3
	1,5	R2	1,8	2,9	5,3	4,3	4,8	4,8	2,9	3,2	3,6	2,9	1,6
		R3							2,1				
		R4								2,6	3,8		
Gemiddelde			1,2	2,1	2,8	3,4	3,2	3,4	2,1	3,0	2,9	1,9	1,4
Antwerpen	0,1	R1	2,0	1,9	2,2	2,7	2,7	3,1	2,0	1,7	0,9	1,1	0,5
Carnotstraat	1	R1	1,3	1,9	2,8	3,1	3,0	2,9	2,0	3,5	2,9	1,6	1,5
Proximus	1,75	R1	3,1	3,0	4,1	3,0	3,6	2,9	3,3	1,5	0,8	1,0	0,7
	1,5	R2	3,5	4,6	5,5	5,5	3,9	3,7	5,3	2,5	3,1	1,8	1,1
		R3								3,2			
Gemiddelde			2,5	2,8	3,6	3,6	3,3	3,2	3,1	2,5	1,9	1,4	1,0
Antwerpen	0,1	R1	1,3	1,6	2,2	1,3	1,9	1,6	1,0	2,1	1,0	0,9	0,8
Korte Gasthuisstr	1	R1	1,8	1,9	3,2	3,1	2,2	2,9	1,9	2,0	1,5	0,8	1,0
Proximus	1,75	R1	1,3	2,6	2,7	3,0	3,5	1,7	1,2	1,4	2,1	1,0	0,8
	1,5	R2	3,3	3,2	3,2	4,8	5,9	4,8	2,4	4,5	2,7	1,5	1,3
		R3							4,0	2,6	3,8	1,7	1,4
		R4							3,5				
Antwerpen	Groendalstraat								1,8	2,9	2,7	1,5	
Wiegstraat	Wiegstraat					3,8	2,9	3,7	4,5	2,3	1,1	2,0	0,9
Gemiddelde			1,9	2,3	2,8	3,2	3,3	2,9	2,5	2,5	2,1	1,3	1,0
Antwerpen	0,1	R1	0,3	0,5	1,0	1,2	1,2	0,9	0,4	0,8	0,7	0,4	0,3
Groenplaats	1	R1	0,7	0,8	1,0	1,3	1,3	1,0	0,7	1,2	1,2	0,6	0,5
Proximus	1,75	R1	0,9	1,1	1,4	1,2	1,2	1,3	0,7	1,3	0,6	0,7	0,3
	1,5	R2	1,6	1,3	2,4	2,1	3,3	1,3	1,4	1,9	1,1	0,8	0,7
		R3							0,9	1,3			
		R4							1,6	2,1	1,5	1,4	2,1
Gemiddelde			0,9	0,9	1,5	1,5	1,7	1,1	0,9	1,4	1,0	0,8	0,8
Turnhout	0,1	R1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Otterstraat	1	R1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2
Mobistar	1,75	R1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1
	1,5	R1	0.3	0.37	0.34	0.53	0.42	0.68	0.22	0.19	0.44	1.3	0.54
	1	R2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,1	0,1	0,3	0,2
	1	R3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2			

Gemiddelde			0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
Kortrijk	0,1	R1	0,4	0,3	0,3	0,7	1,0	0,9	0,5	0,8	0,8	0,6	0,3
Wijngaardstaat	1	R2	0,3	0,3	0,4	0,9	0,7	0,5	0,2	0,3	0,4	0,3	0,5
Mobistar	1,75	R1	0,7	0,4	0,9	1,5	1,0	1,0	0,6	0,5	0,8	0,4	0,4
	1,5	R1	0.43	0.79	1.05	1.68	1.88	2.19	0.87	0.69	0.81	0.72	0.48
	1	R3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,7	0,6				
Gemiddelde			0,4	0,3	0,5	0,9	0,8	0,8	0,5	0,5	0,7	0,4	
Kortrijk	0,1	R1	0,5	0,7	0,6	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,6
OLV-straat	1,75	R1	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	1,1
Mobistar	1	R2	0,6	0,7	0,7	0.731	0,4	0,5	0,8	0,4	0,5	0,4	0,4
	1	R3	0,6	0,6	0,3	0,5	0,4	0,3	0,8				
	1,5	R3	1.02	1.45	0,9	0.87	0.52	0.84	0.55				
Gemiddelde			0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,7
Gent													
Onderstraat	0,1	R1	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9	0,9	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3
Mobistar	1	R2	0,8	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,5	0,5	0,8	1,2	1,3
		R3	0,8	0,6	0,7	0,7	0,7	1,5	1,1				
	1,75	R1	0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,6	0,5	0,8	0,6	0,8	0,5
	1,5	R1	1,4	1,0	1,6	1,1	1,8	1,4	1,4	1,0	0,9	0,8	0,5
Gemiddelde			0,8	0,7	0,8	0,8	1,0	1,1	0,8	0,6	0,6	0,8	0,6
Gent	0,1	R1	0,4	0,6	0,6	0,4	0,8	0,6	0,4	0,8	0,6	0,4	0,3
Limburgstraat	1	R1	0,5	0,9	0,7	0,5	0,7	0,6	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5
Proximus	1,75	R1	0,4	0,5	0,7	0,6	0,9	0,5	0,7	1,1	0,8	0,6	0,8
	1,5	R2		0,9	0,9	1,2	0,7	1,4	0,7	1,6	1,0	0,8	0,5
		R3						1,2	1,2	0,7	0,5	0,7	0,5
Gemiddelde			0,5	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,7	1,0	0,7	0,6	0,5
Gent	0,1	R1	1,0	1,5	1,1	1,1	0,8	1,2	0,9	0,7	0,2	0,2	0,2
Jan Platijnstraat	1	R1	1,1	1,2	0,8	1,4	1,2	2,4	0,9	0,4	0,2	0,2	0,2
Base	1,75	R1	1,2	1,3	1,7	2,4	1,4	1,1	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2
	1,5	R2	1,7	4,3	4,2	4,7	3,7	1,7	1,4	0,4	0,2	0,2	0,2
		R3						2,9	2,0				
Gemiddelde			1,2	2,1	2,0	2,4	1,8	1,9	1,2	0,5	0,2	0,2	0,2
Gent	0,1	R1	0,7	1,1	1,4	1,9	2,3	1,7	1,3	1,7	2,0	1,0	0,6
Kortrijksepoortst15/03/2006	1	R1	1,6	1,8	2,8	3,4	3,1	1,6	1,7	2,1	3,2	1,1	1,7
Proximus	1,75	R1	1,3	1,7	2,6	3,1	2,5	1,5	2,4	2,3	1,3	1,0	1,3
	1,5	R2	1,8	2,3	4,9	5,5	6,5	3,3	1,9		1,2	1,1	1,9
		R3							2,8	1,8	2,6	1,8	1,3
Gemiddelde			1,4	1,7	2,9	3,5	3,6	2,0	2,0	2,0	2,0	1,2	1,4
Brussel	0,1	R1	1,5	2,1	1,5	1,2	1,5	1,5	0,8				
Nieuwstraat/Ken	1	R1	2,1	3,1	2,4	2,5	2,7	2,2	1,7				
Mobistar	1,75	R1	3,1	2,7	2,3	2,1	2,5	2,1	1,6				
	1,5												
	1	R2	2,1						1,8	1,2	1,2	1,2	0,8
	1	R3	2,1						3,5	2,8	2,4	1,5	1,1

Gemiddelde			2,2	2,7	2,1	1,9	2,2	1,9	1,9	2,0	1,8	1,3	1,0
Brussel	0,1	R2	0,9	1,0	1,0	0,8	0,8	0,9	0,8	1,4	0,8	0,5	0,4
Niewstraat/	1	R2	1,2	1,8	1,2	1,4	2,1	1,1	1,3	2,0	0,9	0,5	0,4
Wolvengracht	1,75	R2	1,4	0,8	1,2	1,2	1,2	1,5	1,3	1,8	1,0	0,5	0,5
Mobistar	1,5												
	1	R4							1,3	0,8	0,9	0,9	0,7
	1	R3							1,3	1,1	1,2	0,3	0,3
	1	R1								1,7	1,4	2,7	1,7
Gemiddelde			1,2	1,2	1,1	1,1	1,4	1,2	1,2	1,5	1,0	0,9	0,7
Brussel	0,1	R1	0,4	1,1	1,6	1,9	2,0	1,8	0,8	1,6	0,8	1,0	0,7
Grasmarkt	1	R1	1,1	1,5	2,0	2,0	1,8	1,7	1,5	2,2	1,4	1,5	1,9
Mobistar	1,75	R1	0,9	2,1	2,3	1,7	1,8	1,4	1,4	1,4	1,2	2,0	1,5
	1,5	R1											
	1	R2	1,1						2,2	2,1	1,4	0,7	1,0
	1	R3	1,1						1,3	1,0	1,5	1,4	1,0
Gemiddelde			0,9	1,6	1,9	1,9	1,9	1,6	1,44	1,7	1,3	1,3	1,2
Brussel	0,1	R1	1,0	1,0	0,7	0,7	0,9	0,7	0,6	0,5	1,2	0,5	0,4
Hectoliterstraat 1	1	R1	1,4	1,1	1,2	1,3	1,0	1,0	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7
Base	1,75	R1	1,5	1,5	1,3	1,0	1,0	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6	0,5
	1,5	R2	1,6	2,8	2,9	4,2	3,8		3,3				
		R3	2,4	2,4	3,3	2,6	2,9	2,1	1,6	0,5			
		R4									0,8		
Gemiddelde			1,6	1,7	1,9	2,0	1,9	1,1	1,3	0,5	0,9	0,6	0,5
Brussel	0,1	R1	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,6	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4
Steenstraat	1	R1	0,7	0,6	0,9	0,6	0,7	0,7	0,5	0,4	0,6	0,6	0,4
Base	1,75	R1	0,6	1,0	0,5	0,7	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
	1,5	R2	1,2	2,6	4,2	4,3	3,1	4,6	2,7				
		R3	1,8	1,7	2,2	2,4	1,9	1,8	1,2	0,8	0,5	1,4	
		R4											0,4
Gemiddelde			0,9	1,3	1,6	1,7	1,3	1,7	1,1	0,5	0,5	0,8	0,4
Brussel	0,1	R1	0,5	1,0	1,0	0,8	0,7	0,9	0,5	0,4	0,3	0,1	0,2
Zuidstraat 39	1	R1	0,6	0,6	1,2	0,9	1,2	0,7	0,9	1,8	0,3	0,2	0,3
Base	1,75	R1	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	1,0	0,7	0,4	0,3	0,2	0,3
	1,5	R2	1,8			2,1	2,1	1,8	1,3	1,1	0,7	0,3	
		R2		1,6	1,8				2,2				
Gemiddelde			0,9	1,0	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	0,9	0,4	0,2	0,3
Brussel	0,1	R1	0,5	0,9	1,4	1,2	1,7	1,6	1,5	0,3	0,3	0,3	0,3
Nieuwland 155a	1	R1	0,9	1,0	1,3	1,4	1,2	1,1	1,4	0,5	0,3	0,5	0,3
Base	1,75	R1	0,9	1,1	1,8	1,4	1,1	0,7	0,8	0,3	0,2	0,2	0,2
	1,5	R2	1,4	3,2	3,8	4,8	4,2	3,9	3,4	3,1			
		R3						1,4	2,7	1,2	0,9	0,8	
Gemiddelde			0,9	1,5	2,1	2,2	2,1	1,8	2,0	1,1	0,4	0,5	0,3
Brussel	0,1	R1	1,1	2,0	2,6	2,8	2,0	1,1	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1
't Kintstraat	1	R1	1,4	2,3	3,4	2,3	1,7	0,8	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2
Base	1,75	R1	2,1	2,7	2,6	2,2	1,7	1,1	0,7	0,5	0,2	0,2	0,2
	1,5	R2	4,2	6,5	3,4	2,2	4,6	2,3	2,5	1,3	0,4	0,6	0,7

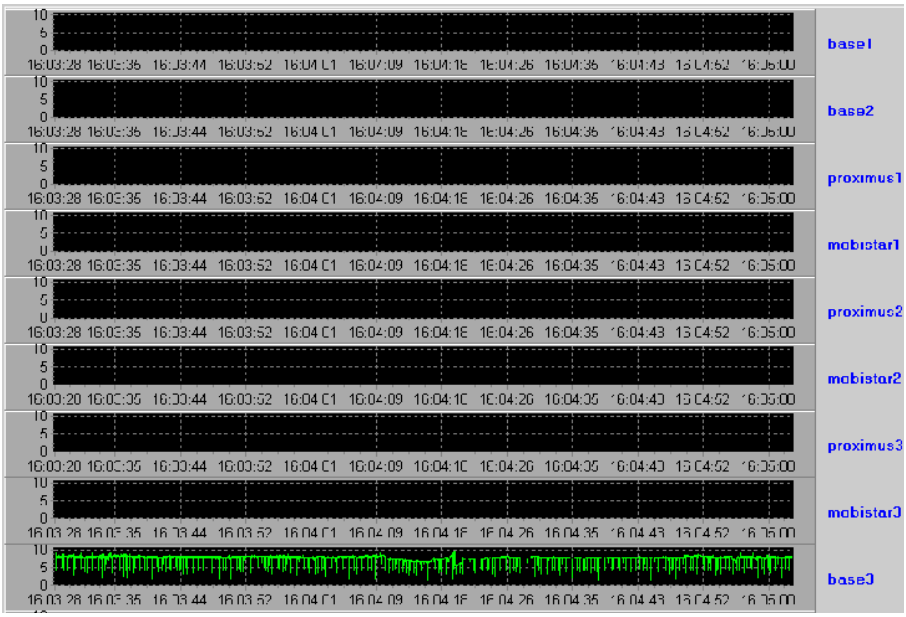
		R3			11,4	9,5	4,8	4,3	6,5				
Gemiddelde			2,2	3,4	4,7	3,8	3,0	1,9	2,2	0,5	0,3	0,3	0,3
Aalst	0,1	R1	0,4	0,4	0,5	0,8	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,6	0,3
Nieuwstraat	1	R1	0,3	0,5	0,4	1,1	1,2	0,7	1,0	0,8	0,5	0,6	0,4
Proximus	1,75	R1	0,4	0,4	0,4	0,8	0,7	1,0	0,6	0,6	0,6	0,4	0,2
	1,5	R2	0,9	0,7	0,6	1,3	1,6	1,4	2,0	0,9	1,1	1,1	1,4
		R3				1,4			1,3	0,9	1,1	0,8	1,4
Gemiddelde			0,5	0,5	0,5	1,1	1,0	0,9	1,1	0,8	0,8	0,7	0,7
Leuven	0,1	R1	0,4	0,8	0,5	0,6	0,4	0,6	0,6	1,1	0,9	0,6	0,5
Tiense straat	1	R1	0,7	1,2	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	1,0	0,5
Proximus	1,75	R1	1,2	1,1	1,2	0,9	0,7	0,9	1,0	0,6	1,4	0,8	1,1
	1,5	R2	3,9	1,9	1,4	2,7	1,4	2,3	0,8	0,8	1,4	1,2	1,3
		R3						1,6	1,9	1,1	3,1	0,8	0,9
Gemiddelde			1,5	1,2	1,0	1,3	0,8	1,2	1,0	0,9	1,5	0,9	0,9
Scherpenheuvel	0,1	R1	1,1	2,1	1,3	1,0	0,8	1,2	3,2	2,6	1,8	1,0	0,7
Noordervest	1	R1	2,0	1,7	2,3	1,5	1,8	2,4	3,2	3,0	1,1	1,4	1,2
Proximus	1,75	R1	1,4	2,2	2,1	2,1	2,4	3,3	4,4	2,1	1,3	1,0	0,8
	1,5	R4	2,5	3,9	1,6	3,0	1,9	5,1	5,2	2,6	1,4	1,9	1,3
		R2								2,5	1,7	0,9	0,8
		R2							4,5	2,8	2,1	1,5	1,5
Gemiddelde			1,7	2,5	1,8	1,9	1,7	3,0	4,1	2,6	1,6	1,3	1,0
Luik													
St Jean en Isle	0,1	R1	3,9	3,1	3,4	2,4	2,9	2,8	5,5	2,4	1,0	0,7	1,2
Base	1	R1	2,9	3,5	3,0	2,6	3,4	3,5	4,4	1,3	1,2	1,0	1,1
	1,75	R1	5,0	3,9	4,2	3,3	4,0	2,6	5,1	2,5	1,1	2,0	1,4
	1,5	R2	4,7	5,2	6,1	3,5	5,1	2,9	2,2	1,3	2,0	1,9	1,4
		R3	4,7	4,8	6,4	6,7	3,4						
Gemiddelde			4,3	4,1	4,6	3,7	3,7	3,0	4,3	1,9	1,3	1,4	1,3

De belangrijkste conclusie uit tabel 73 is dat geen enkele piekwaarde en aldus zeker geen rms-waarde (rms = piek/√2 = 70,7% van amplitude) die in de 1294 meetpunten waargenomen werd, de blootstellingslimieten waaraan de algemene bevolking volgens de Belgische norm (2005) doorlopend mag blootgesteld worden, overschrijdt. De grootste piekwaarde van het E-veld (11,4 V/m) werd op een hoogte van 1,5 m gemeten in meetas R2 (figuur 117) op 2 m van de loodlijn van de microcel die zich in Brussel ('t Kintstraat) op een hoogte van 4,3 m bevindt.



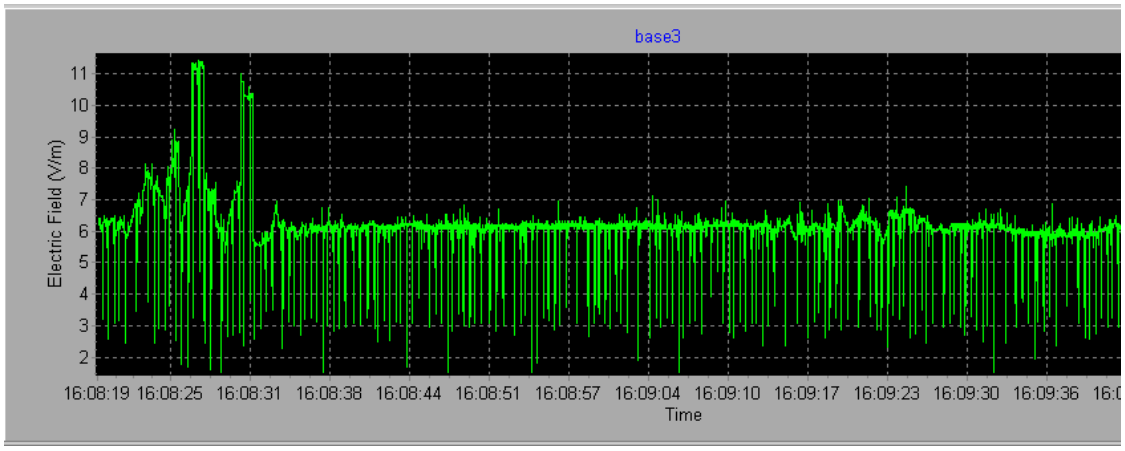
Figuur 117: Meetschema van E-veld in de 't Kindstraat in Brussel

De analyse van de blootstelling in meetas R2 per provider (figuur 118) toont aan dat geen andere provider dan Base een bijdrage levert tot de veldsterkte die in de 't Kintstraat gemeten werd.



Figuur 118: Spectrumanalyse van E-veld per provider in de 't Kintstraat in Brussel

In figuur 119 wordt het verloop van het E-veld van base3 uitvergroot.



Figuur 119: Verloop van het E-veld in meetas R2 van de microcel in de in 't Kintstraat te Brussel

We stellen vast dat de blootstelling aan 11,4 V/m slechts een kleine fractie van de totale registratietijd bedraagt. De effectieve veldsterkte (rms) bedroeg op dit punt 6,215 V/m en is aldus veel kleiner dan 29,66 V/m (= limietwaarde bij Base3 band van 1869 MHz) waaraan de algemene bevolking volgens de Belgische norm (2005) doorlopend mag blootgesteld worden. Volgens de interpretatie van de Belgische norm houdt de blootstelling aan deze waarden van deze microcel geen gezondheidsrisico in voor de voorbijganger. Om de referentiewaarde van deze norm te overschrijden, en aldus enig risico in te houden, moet de rms-waarde van de tijdsgewogen gemiddelde blootstelling over een periode van 24 uur over het gehele lichaam groter zijn dan 29,66 V/m. De Belgische norm (2005) noch de ICNIRP-richtlijn (1998) houden rekening met de piekblootstelling van het E-veld.

In tabel 74 worden de blootstellingsstatistieken samengevat.

Tabel 74: Blootstellingsstatistieken van het E-veld gegenereerd door microcellen

Statistieken	**Afstand tot microcel (m)**											
E-veld (V/m)	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**Totaal**
Minimum	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Maximum	5,0	6,5	11,4	9,5	6,5	5,1	6,5	5,3	3,8	2,9	2,1	11,4
Gemiddelde	1,3	1,5	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	1,0	0,8	0,7	1,4
stdev	1,0	1,2	1,6	1,5	1,3	1,1	1,3	1,0	0,9	0,6	0,5	1,2
95% OL	1,0	1,2	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,0	0,9	0,7	0,6	1,3
95% BL	1,5	1,8	2,1	2,2	2,0	1,8	1,8	1,5	1,2	1,0	0,9	1,5
Aantal metingen (n)	117	114	116	116	116	118	135	125	122	109	106	1294

- OL en BL: onder- en bovenlimiet van het 95% betrouwbaarheidsinterval

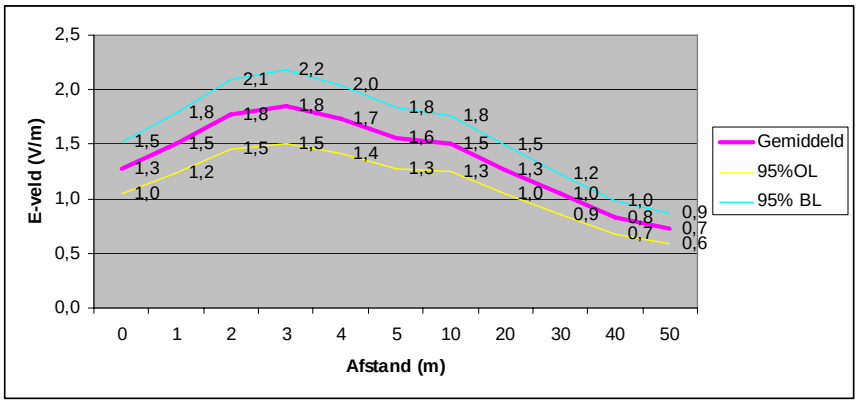
Tabel 74 toont dat het gemiddelde van de maximale veldsterkten die samengevat werden in tabel 73 varieert tussen 0,7 V/m (op 50 m van de cellen) en 1,8 V/m (op 2 m ervan). De relatief grote standaardafwijking (stdev) t.o.v. het gemiddelde wijst erop dat een grote

variatie in individueel gemeten veldsterktes kan optreden: in onze steekproef schommelt de veldsterkte van 0,1 V/m tot 11,4 V/m. Wanneer we de gegevens, die in de verschillende meetassen en op verschillende hoogtes bekomen werden, mengen (pooled data) per meetafstand tonen, de 95% betrouwbaarheidsintervallen het volgende aan:

- met een zekerheid van 95% kunnen we stellen dat de gemiddelde maximale blootstelling onder een microcel (0 m) tussen 1 V/m en 1,5 V/m bedraagt, we hebben echter een kans van 5% om ons te vergissen.
- met dezelfde zekerheid kunnen we aannemen dat we op 50 m van de microcel blootgesteld worden aan een gemiddelde maximale velsterkte die ligt tussen 0,6 V/m en 0,9 V/m.

Wanneer het totaal aantal (1294) gegevens gemengd word,t kunnen we het volgende stellen: wanneer een persoon een straat doorloopt waar een microcel actief is, bedraagt de kans 95% dat hij blootgesteld wordt aan een gemiddelde maximale veldsterkte tussen 1,3 V/m en 1,5 V/m.

Figuur 120 geeft het verloop van de gemiddelde (plus onder- en bovenlimiet van het 95% betrouwbaarheidsinterval) maximale blootstelling in functie van de afstand tot de microcel. Hierin wordt aangetoond dat de blootstelling het grootst is wanneer een persoon zich bevindt op een afstand van 2 m tot 4 m van de microcel.



Figuur 120: Gemiddelde maximale blootstelling i.f.v. de afstand tot de microcel

2.4.5.4 Algemeen besluit en aanbevelingen betreffende de microcellen

Net zoals bij de picocellen kan besloten worden dat, ofschoon de veldsterkte betekenisvol kan variëren, de blootstelling conform is aan de Belgische norm (2005) ter bescherming van de algemene bevolking tegen RF-velden in het 10 MHz tot 10 GHz gebied. Bijgevolg moeten geen bijkomende maatregelen genomen worden. Niettegenstaande men uitgegaan is van een at random getrokken representatieve steekproef zijn deze gegevens echter slechts momentopnamen van de dag. Voortgaande op de betrekkelijk grote variatie in blootstelling die zowel bij de pico- als de microcellen kan optreden zou het veiligheidshalve aangeraden zijn om de sterkte van de RF-velden van deze cellen periodiek in een paar meetpunten (bv. tussen 0 m en 10 m van de cel) te controleren.

3 BLOOTSTELLING AAN ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN IN BIBLIOTHEKEN

3.1 Inleiding

Om te onderzoeken welke de grootte van de blootstelling aan de elektromagnetische velden (EMV-en) in bibliotheken is, werden metingen uitgevoerd in een bibliotheek van Leuven en van Mol. Om reclame of antireclame te vermijden worden de merknamen van de toestellen waarvan de EMV-en gemeten werden niet vermeld.

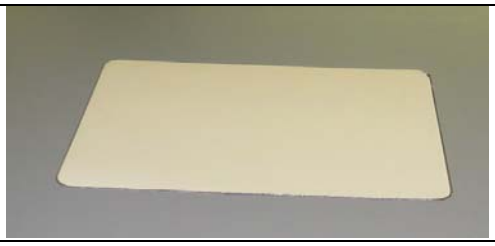
3.2 Materiaal en methode

3.2.1 Bronnen

De bronnen waarvan de EMV-en in de bibliotheken gemeten werden, zijn:

- een handoplaadtoestel (50 Hz) voor het opladen of activeren van de geïnactiveerde magnetische beveiligingsstrips of -etiketten die zich op de rug van de boeken bevinden (figuur 121). De EMV-en van dit toestel konden alleen in de bibliotheek in Mol gemeten worden. De eigenschappen van het toestel zijn: spanning 230 V, frequentie 50 Hz, toegelaten stroom 3,5 A.
- twee snoerloze magnetische ontlaadplaten (figuur 122). Deze platen, ook inactiveerplaten genoemd, worden meestal in de toonbank of de balie van de bibliotheek ingebouwd. De permanente magneet, die bekleed is met duurzaam laminaat, dient voor het ontladen of inactiveren of demagnetiseren van de actieve beveiligingsstrip. In beide bibliotheken werden de EMV-en van 1 plaat gemeten. Behalve de afmetingen (335x260x4 mm) van de plaat werden ons geen eigenschappen van de permanente magneet, die permanent een statisch magnetisch veld (0 Hz) produceert, ter beschikking gesteld. Volgens de technische fiche zou de hoogte van het magnetisch veld 5 cm tot 8 cm bedragen.
- twee antidiefstalpoorten (figuur 123) met open detectiepanelen die voorzien zijn van een zender en een ontvanger. De hoogte van de panelen is 1,44 m, de breedte varieert van 0,507 m tot 0,670 m en de doorloopbreedte is ± 85 cm. De voeding is 220/240 V, 50 Hz en de zendfrequentie van de detectiepanelen is 230 Hz.

Figuur 121: Handoplaadtoestel



Figuur 122: Ontlaadplaat

Figuur 123: Detectiepanelen van een antidiefstalpoort in de bibliotheek van Mol

3.2.2 Meetmethode

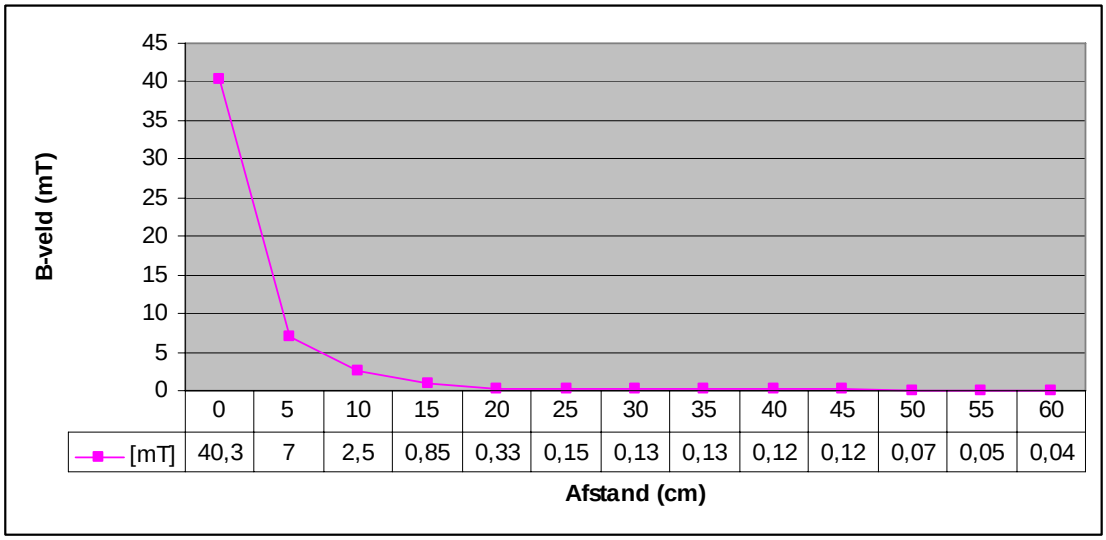
Het statisch veld van de ontlaadplaat werd gemeten door middel van ETM-1 3-axis Hall magnetometer (tabel 1 van bijlage 6.1.1).
De spectrumanalyses van het 50 Hz ELF-veld van het handoplaadtoestel en het 230 Hz ELF veld van de antidiefstalpanelen werden respectievelijk uitgevoerd door middel van de PMM-uitrusting voor spectrometrie (tabel B4 en B5 van bijlage 6.1.2).

3.3 Meetresultaten

3.3.1 Elektromagnetische velden in een bibliotheek van Leuven

3.3.1.1 Statisch magnetisch veld van ontlaadplaat

Figuur 124 toont de afname van het statisch magnetisch veld (B-veld) in functie van de afstand tot de plaat.

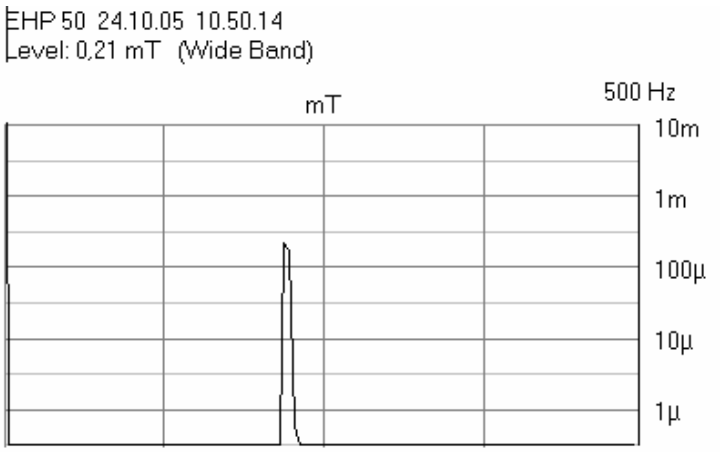


Figuur 124: Statisch magnetisch veld van ontlaadplaat versus afstand

Vanaf 5 cm van de plaat is het B-veld conform met de maximale blootstellingslimiet van 40 mT waaraan niet-dragers van pacemakers en andere elektronische implantaten volgens de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) zonder risico mogen blootgesteld worden.
Om het interferentierisico met pacemakers uit te sluiten, zouden dragers ervan best op 20 cm van de plaat blijven, eigenlijk zouden ze veiligheidshalve niet mogen werken met deze platen.

3.3.1.2 Elektrisch en magnetisch veld van antidiefstalpoort

Figuur 128 toont dat de fundamentele werkingsfrequentie van de poort bij 230 Hz ligt en de detectiepanelen geen harmonische frequenties produceren.



Figuur 125: Frequentiespectrum van het B-veld van een antidiefstalpoort

Tabel 75 toont het elektrisch (E-veld) en magnetisch (B-veld) veld die respectievelijk in de frequentieband van 6 – 500 Hz gemeten werden op verschillende plaatsen t.o.v. de antidiefstalpoort.

Tabel 75: E-veld en B-veld van een antidiefstalpoort in een bibliotheek van Leuven

Meetplaats	Meethoogte (cm)	Rms-waarde van:	
		E-veld (V/m)	B-veld (µT)
	15	86	82
Tussen detectiepanelen	90	84	221
	170	45	16
Gemiddelde		72	106
	15	36	5,1
1 m vóór poort	90	36	4,6
	170	20	5,0
Gemiddelde		31	5,0
	15	10	2,4
2 m vóór poort	90	9,6	2,7
	170	6,0	2,4
Gemiddelde		9,0	3,0
	15	3,3	1,1
3 m vóór poort	90	3,4	1,3
	170	2,0	1,2
Gemiddelde		3,0	1,0

Tabel 75 toont dat de blootstelling aan het B-veld tussen de detectiepanelen zeer hoog (221 µT op 90 cm hoogte) kan oplopen. Terwijl het B-veld tussen de panelen sterk varieert met de hoogte, verdwijnt deze variatie naarmate men zich van de panelen verwijdert. Bovendien neemt de sterkte van het E-veld en B-veld snel af met de afstand.

- Direct gezondheidsrisico

De referentiewaarde die overeenkomt met de maximale blootstellingslimiet van de ICNIRP-richtlijn (1998) bedraagt voor het magnetisch veld 21,8 µT ($5/f_{(kHz)}$: zie tabel 5) en voor het elektrisch veld 1087 V/m ($0{,}25/f_{(kHz)}$: zie tabel 5). Indien de meetgegevens van tabel 75 met deze waarden vergeleken worden, stellen we vast dat het E-veld onder alle omstandigheden conform is met de limietwaarde, maar het B-veld niet. Tussen de detectiepanelen wordt het referentieniveau van 21,8 µT sterk overschreden op een hoogte van respectievelijk 15 cm (82 µT) en 90 cm (211 µT). Deze overschrijding houdt echter niet in dat de basisrestricties van de ICNIRP-richtlijn (1998) overschreden worden, noch dat er een gezondheidsrisico voor het blootgestelde individu bestaat. Op basis van het voorzorgsprincipe (nemen van acties zonder dat een effect bewezen is) wordt nochtans aanbevolen dat de fabrikant het B-veld van dergelijke poorten reduceert tot een waarde die lager is dan het referentieniveau van 21,8 µT dat bij een frequentie van 230 Hz overeenkomt.

- Interferentierisico van B-veld met pacemakers

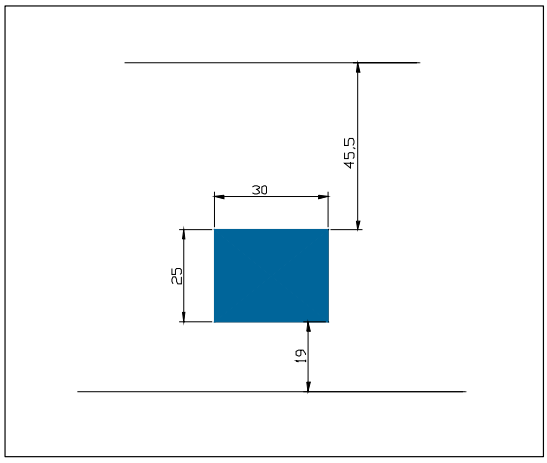
Uitgaande van een B-veld van 221 µT (tabel 75) werd door middel van de formules [23] van tabel 8a – 8d de gemiddelde interferentiedrempel berekend die voor de verschillende soorten (unipolair, bipolair) en categorieën (0 of 1) pacemakers van toepassing is (zie legende bij de tabellen 8a – 8d). Uit de berekening blijkt dat de gemiddelde toegelaten interferentiewaarde van (31,3 ± 15,2) met een gemiddelde factor (overblootstellingsfactor) van 9,6 ± 4,7 overschreden wordt.
Alhoewel in de literatuur de kans niet beschreven wordt dat een pacemaker gestoord wordt bij overschrijding van de interferentiedrempel, wordt ook hier voorzichtigheidshalve aanbevolen om de sterkte van het B-veld zodanig te reduceren dat ieder risico op interferentie uitgesloten wordt (overblootstellingsfactor < 1).

3.3.2 Elektromagnetische velden in een bibliotheek van Mol

3.3.2.1 Statisch magnetisch veld van een ontlaadplaat

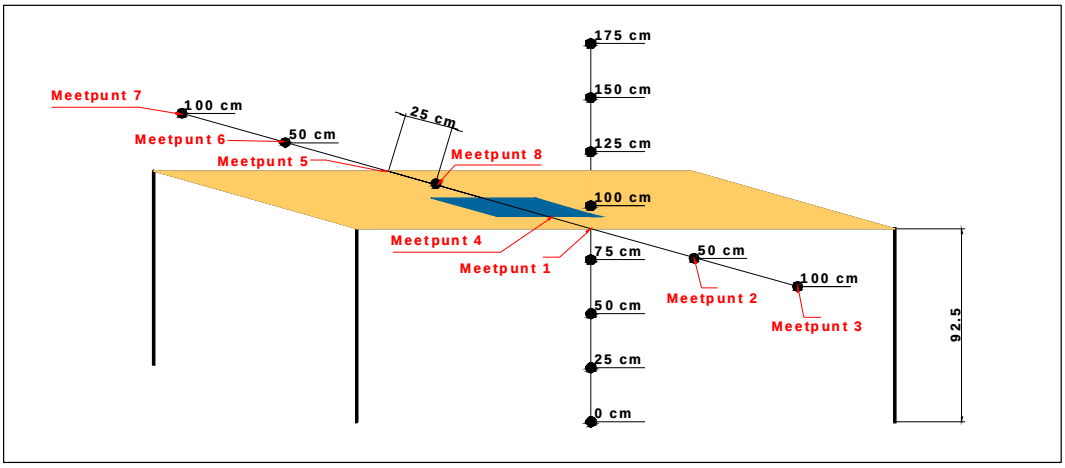
De eigenschappen van de permanente magneet van de ontlaadplaat zijn niet gekend.

Figuur 126 toont het schema van de inbouw van de ontlaadplaat (31 x 25,5 cm) in de tafel: de afstand tussen de plaat en de tafelrand in de richting van de klant bedraagt 45,5 cm en in de richting van de bibliotheekbediende 19 cm.



Figuur 126:Ingebouwde ontlaadplaat

Figuur 124 toont het schema voor het meten van het magnetisch veld van de in de tafel ingebouwde ontlaadplaat in de bibliotheek van Mol.



Figuur 127: Meetschema ontlaadplaat in de bibliotheek van Mol

De klant wordt blootgesteld in het vlak dat doorkruist wordt door de meetas in de richting van meetpunt 5 tot meetpunt 7. De blootstelling van de bediende gebeurt in de tegenovergestelde richting.

Tabel 76 toont de sterkte van het B-veld dat in deze meetpunten gemeten werd.

Tabel 76: Statisch magnetisch veld van een ontlaadplaat ineen bibliotheek van Mol

	B-field (mT)							
	Mpt-1	**Mpt-2**	**Mpt-3**	**Mpt-4**	**Mpt-5**	**Mpt-6**	**Mpt-7**	**Mpt-8**
Hoogte (cm)								
0	0,08	0,08	0,09		0,08	0,10	0,11	
25	0,10	0,10	0,08		0,08	0,09	0,11	
50	0,18	0,10	0,08		0,04	0,08	0,10	
75	0,58	0,12	0,08	19,59	0,08	0,09	0,10	
100	0,99	0,09	0,08	10,45	0,18	0,10	0,10	0,91
125	0,31	0,07	0,08	0,55	0,19	0,12	0,10	0,36
150	0,04	0,05	0,08	0,09	0,17	0,11	0,11	0,17
175	0,02	0,05	0,07	0,08	0,15	0,11	0,11	0,12

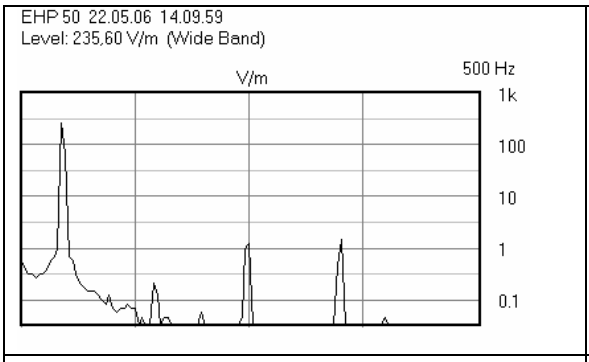
De sterkte van het B-veld is in ieder meetpunt (mpt) conform met de 40 mT en de 200 mT blootstellingslimieten die in de ICNIRP-richtlijn (1994) respectievelijk voor de algemene en de beroepsbevolking aanbevolen worden. Dragers van pacemakers werken best niet met deze inactiveerplaten: aan de tafelrand (Mpt-1) richting bediende wordt de 0,5 mT interferentiedrempel op twee hoogtes overschreden. In het blootstellingsvlak (Mpt 5 – 7)

van de klant wordt deze interferentiedrempel nergens overschreden en moeten geen bijkomende maatregelen genomen worden.

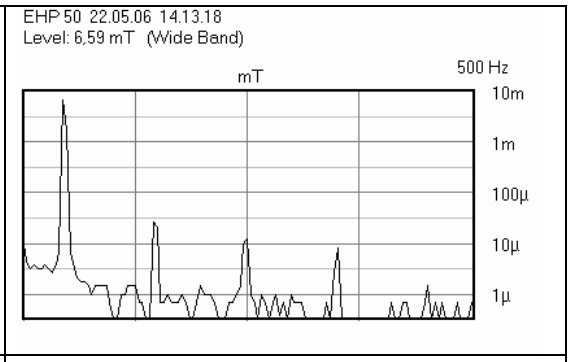
3.3.2.2 ELF elektrisch en magnetisch veld van handoplaadtoestel

Door met het handoplaadtoestel over de rug van het boek te glijden, wordt het beveiligingsetiket geactiveerd.

De figuren 128 en 129 tonen respectievelijk de frequentiespectra van het elektrisch (E-veld) en magnetisch veld (B-veld) van het handoplaadtoestel (230 V - 50 Hz - 3,5 A).



Figuur 128: Frequentiespectrum van het E-veld van het handoplaadtoestel



Figuur 129: Frequentiespectrum van het B-veld van het handoplaadtoestel

Naast de fundamentele frequentie van 50 Hz worden een drietal harmonischen gevonden die echter geen meerwaarde van betekenis aan de grootte van het E- en B-veld toevoegen.

Tabel 77 toont het E-veld en B-veld dat gemeten werd op verschillende afstanden van het handoplaadtoestel.

Tabel 77: E-veld en B-veld van handoplaadtoestel

Afstand (cm)	Rms-waarden van:	
	E-veld (V/m)	B-veld (mT)
0	323,23	Over load
0,2	296,00	20,55
0,5	235,60	18,92
1	191,62	12,93
2	168,45	9,12
3	79,47	6,59
4	94,90	4,11
5	86,63	3,04
6	72,67	2,54
7	67,10	1,80
8	59,99	1,49
9	54,58	1,08
10	33,53	0,84
15	22,40	0,29
20	13,24	0,15
30	9,53	43,35 µT
40	9,03	19,91 µT
50	9,34	2,75 µT
100	9,80	1,59 µT

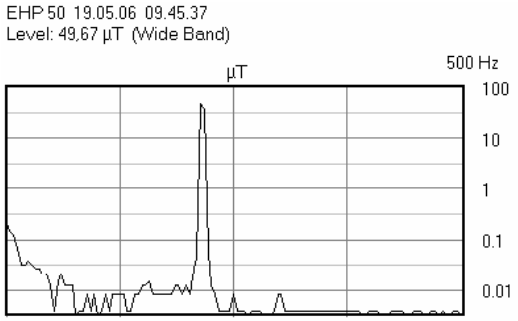
Uit de tabel kunnen we besluiten dat dicht bij het handoplaadtoestel een vrij sterk E-veld en een zeer sterk B-veld geproduceerd wordt. Omdat de sterkte van beide velden snel afneemt i.f.v. de afstand en de activering van de beveiligingsetiketten niet gebeurt in de omgeving van de klant, levert het handoplaadtoestel geen bijkomende blootstelling voor de algemene bevolking op. Dit is in tegenstelling tot de blootstelling van de werknemer: de operator die het handoplaadtoestel bedient, wordt door direct contact met de hand aan een onmeetbaar hoog (overload) B-veld blootgesteld. Op 10 cm van het toestel is het B-veld (0,84 mT) nog ongeveer een factor 1,7 sterker dan het referentieniveau van de ICNIRP-richtlijn van 1998 (tabel 5) dat voor beroepsmatige blootstellingen 0,5 mT (500 µT) bedraagt. Bij het opladen van de boeken neemt de operator vaak een reeks boeken in de hand of op de arm en glijdt alzo met het handoplaadtoestel over de rug van de boeken om de beveiligingsetiketten ervan op te laden. Dit houdt in dat de blootstelling zich niet alleen beperkt tot de handen, maar dat ook andere lichaamsdelen zoals de borst, de nek en het hoofd afwisselend aan hogere en lagere veldsterktes kunnen blootgesteld worden. In dit verband wordt aangeraden dat de operator de boeken oplaadt op een manier dat deze lichaamsdelen zo weinig mogelijk blootgesteld worden.

Een hiaat in de ICNIRP-richtlijn van 1998 is dat de 0,1 mT (100 µT) limiet die voor de algemene en de 0,5 mT (500 µT) limiet die voor de beroepsbevolking gelden de maximale limieten zijn waaraan beide groepen doorlopend over hun gehele lichaam mogen blootgesteld worden. ICNIRP (1998) voorziet geen referentiewaarden voor partiële lichaamsblootstelling zoals handen, hoofd, borst of andere ledematen. Bijgevolg kan men zich niet baseren op de interpretatie van de ICNIRP-richtlijn om een uitspraak te doen betreffende het gezondheidsrisico ten gevolge van de blootstelling aan de hoge velden die

door het handoplaadtoestel geproduceerd worden. Bovendien bestaan er geen relevante studies over het verband tussen de blootstelling aan het elektrisch en/of het magnetisch veld van handopladers en de gezondheidseffecten van de operator. In dit verband wordt sterk aanbevolen een studie uit te voeren op basis van een betrouwbare inschatting van de blootstelling, een betrouwbare numerieke dosimetrie (berekenen van de geïnduceerde stroom in lichaamsdelen) en efficiënte biologische testsystemen. De relatie tussen deze parameters zou tot een betrouwbare besluitvorming moeten leiden over gezondheidsrisico's van de handoplaadtoestellen.
Omdat het referentieniveau van 0,5 mT overschreden wordt, wat daarom niet wil zeggen dat de basisrestrictie overschreden wordt, wordt op basis van het voorzorgsprincipe aanbevolen dat de operator deze handtoestellen tijdens het gebruik zo ver mogelijk van zijn lichaam houdt. Dragers van pacemakers, ferromagnetische of andere elektronische implantaten mogen zeker niet met deze toestellen werken omdat de interferentiedrempel van 100 – 200 µT, die in de IRPA/INIRC-richtlijn van 1990 [18] aanbevolen wordt, zeer sterk kan overschreden worden.
Constructeurs van deze toestellen zouden enerzijds moeten onderzoeken of hetzelfde activeringsrendement niet behaald kan worden door toepassing van actieve mitigatie waarbij een lagere EMV-productie gepaard gaat. Anderzijds moeten zij nagaan of de mogelijkheid bestaat om de sterkte van het B-veld te reduceren door passieve EMV-mitigatie (omhullen van handoplaadtoestel door ferromagnetisch (mumetaal) of sterk geleidend materiaal (aluminium of koper)).

3.3.3 Elektrisch en magnetisch veld van antidiefstalpoorten

Figuur 130 toont aan dat de fundamentele frequentie van de golf die door de detectiepanelen uitgezonden wordt 230 Hz is en dat geen harmonischen van betekenis aanwezig zijn.



Figuur 130: Frequentiespectrum van hetvB-veld van een antidiefstalpoort in Mol

Tabel 78 geeft de resultaten weer van het elektrisch (E-veld) en magnetisch veld (B-veld) in de omgeving van de antidiefstalpoort.

Tabel 78: E-veld en B-veld van een antidiefstalpoort

Meetplaats	Meethoogte (cm)	Rms-waarde van: E-veld (V/m)	B-veld (µT)
	15	4,8	38
Tussen poort	90	12,4	33
	170	2,6	25
Gemiddelde		6,6	32
	15	1,2	5,2
1 voor poort	90	7,1	1,4
	170	1,0	5,4
Gemiddelde		3,1	4,0
	15	2,5	1,12
2 m voor poort	90	0,9	2,4
	170	1,4	0,8
Gemiddelde		1,6	1,44

Het E-veld dat onder alle omstandigheden gemeten werd, ligt ver beneden de blootstellingsnorm van 1087 V/m ($0{,}25/f_{(kHz)}$) die door ICNIRP(1998) voor het elektrisch veld aanbevolen wordt.

Het grootste B-veld dat tussen de detectiepanelen gemeten werd, bedraagt 38 µT en het gemiddelde 32 µT. Wanneer men zich verder van de poort verwijdert, neemt de sterkte van de blootstelling snel af.

- Direct gezondheidsrisico

Tussen de detectiepanelen is de gemiddelde sterkte van het B-veld (32 µT) groter dan de referentiewaarde (21,8 µT) van de ICNIRP-richtlijn (1998). Op basis van het voorzorgsprincipe wordt dan ook aanbevolen dat de fabrikant het B-veld van dergelijke poorten reduceert tot een waarde die lager is dan het referentieniveau.

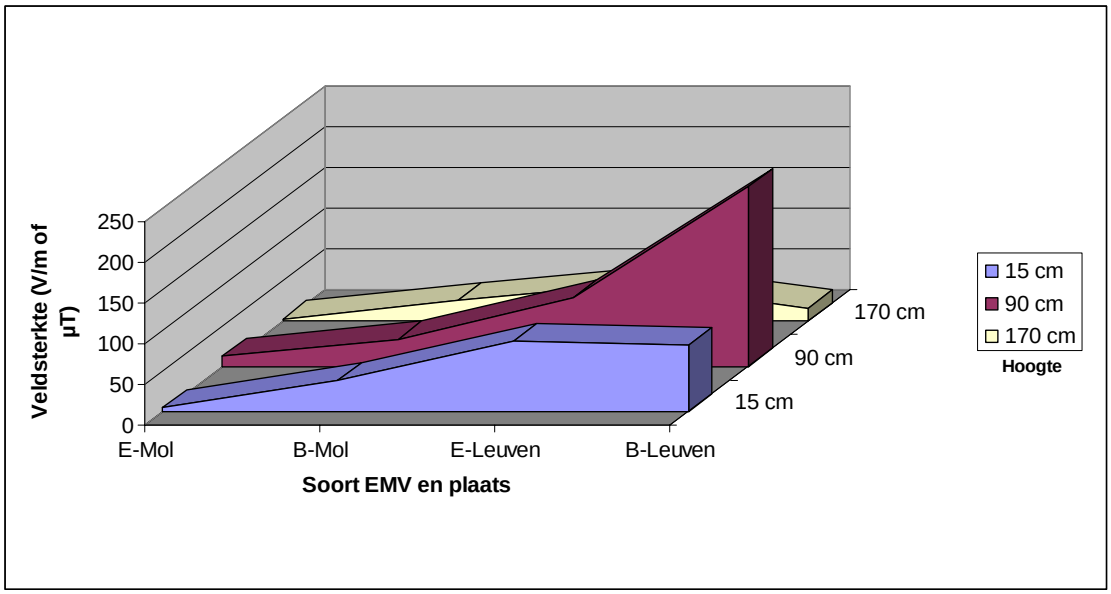
- Interferentierisico van B-veld met pacemakers

Uitgaande van een B-veld van 32 µT (tabel 78) werd door middel van de formules [23] van tabel 8a – 8d de gemiddelde interferentiedrempel berekend die voor de verschillende soorten (unipolair, bipolair) en categorieën (0 of 1) pacemakers van toepassing is (zie legende bij de tabellen 8a – 8d). Uit de berekening blijkt dat de gemiddelde toegelaten interferentiewaarde van (31,3 ± 15,2) met een gemiddelde factor (overblootstellingsfactor) van 1,4 ± 0,77 overschreden wordt.
Alhoewel in de literatuur de kans niet beschreven wordt dat een pacemaker gestoord wordt bij overschrijding van de interferentiedrempel, wordt ook hier voorzichtigheidshalve aanbevolen om de sterkte van het B-veld zodanig te reduceren dat ieder risico op interferentie uitgesloten wordt (overblootstellingsfactor < 1).

3.4 Vergelijking van de elektromagnetische velden van de antidiefstalpoorten van beide bibliotheken

Het doel van deze vergelijking is na te gaan of de sterkte van de elektromagnetische velden voor gelijkaardige toepassingen al dan niet kan gereduceerd worden.

Figuur 131 toont het verloop van het elektrisch en magnetisch veld die in beide bibliotheken op dezelfde hoogtes (15, 90 en 170 cm) tussen de detectiepanelen gemeten werden. Beide poorten worden voor hetzelfde doel gebruikt en werken op dezelfde frequentie van 230 Hz.



Figuur 131: E-veld en B-veld van een antidiefstalpoort in Leuven en Mol

De resultaten van de figuur tonen aan dat het E-veld en het B-veld (B-Mol en B-Leuven) die respectievelijk tussen de panelen in de bibliotheek van Leuven (E-Leuven en B-Leuven) gemeten werden betekenisvol groter zijn dan die welke tussen de panelen in Mol (E-Mol en B-Mol) gemeten werden. Omdat het hier om dezelfde poorttypes gaat, betekent dit dat dezelfde doeleinden kunnen bereikt worden met een lagere en bijgevolg een optimalere zendintensiteit van de elektromagnetische golf. Leveranciers zouden daaraan moeten denken.

3.5 Algemeen besluit en aanbevelingen betreffende de EMV-en in bibliotheken

De bezoekende klant (vertegenwoordiger van het algemene publiek) wordt tijdens de passage van de antidiefstalpoort kortstondig blootgesteld aan een magnetisch veld dat sterker is dan het toegelaten referentieniveau van de ICNIRP-richtlijn (1998): op basis van de interpretatie van deze richtlijn kan niet besloten worden of deze vorm van overblootstelling een gezondheidsrisico inhoudt of niet; dit zou verder onderzocht moeten worden. Tijdens de passage wordt eveneens de interferentiedrempel voor elektronische implantaten overschreden: welk het interferentierisico is onder deze vorm van overblootstelling zou ook verder onderzocht moeten worden.

Tijdens het opladen van de beveiligingsstrips van de boeken kunnen de operatoren, naargelang de handelingen die uitgevoerd worden, lokaal blootgesteld worden aan een magnetisch veld dat ver boven het toegelaten referentieniveau ligt dat voor een gehele lichaamsblootstelling van werknemers door ICNIRP (1998) aanbevolen wordt. De interpretatie van deze richtlijn laat niet toe om te besluiten of deze handelingen met een handoplaadtoestel gezondheidsrisico's inhouden of niet. Dragers van pacemakers, ferromagnetische of andere elektronische implantaten mogen zeker niet met deze toestellen werken. Het is aanbevolen dat deze personen ook niet aan een balie werken waar een magnetische ontladingsplaat is ingebouwd. In dit verband zou een waarschuwingspictogram (zie bijlage 6.2.1) op een duidelijk zichtbare plaats in de omgeving van de balie moeten aangebracht worden.

Omdat een grote variatie in de grootte van blootstelling aan het magnetisch veld bij gelijksoortige antidiefstalsystemen kan optreden, is het aangeraden om de EMV-blootstellingscapaciteit van alle soorten antidiefstalsystemen op een betrouwbare manier in de praktijk te onderzoeken. Bovendien zouden deze gegevens kunnen dienen als uitgangsbasis voor het bepalen van het gezondheidsrisico door middel van dosimetrie (bepalen van de geïnduceerde stroom bij frequenties (f) lager dan 100 kHz en de SAT bij f > 100 kHz) en aangepast biologisch onderzoek. Ondertussen zouden leveranciers van dergelijke systemen hun apparaten voor gelijksoortige toepassingen zodanig moeten optimaliseren dat het blootstellingsniveau hetzelfde is voor dezelfde toepassingen.

4 ALGEMEEN BESLUIT

Uit het rapport kunnen we in eerste instantie besluiten dat de mens op eender welke plaats in Vlaanderen blootgesteld wordt aan een grote verscheidenheid van elektromagnetische velden die variëren in frequentie en in sterkte. Om tot een overzichtelijke besluitvorming te komen werd tabel 79 opgesteld. Deze tabel geeft een algemene samenvatting van de meetgegevens met de aanduiding van de locatie of de sub-locatie waar de referentiewaarde van een bepaalde blootstellingsrichtlijn of –norm overschreden wordt zonder dat dit evenwel inhoudt dat de basisristrictie van de richtlijn of norm overschreden wordt.

Tabel 79: Algemene samenvatting

			Gemeten elektromagnetisch veld				
Locatie / zender	**Sub-locatie/ voertuig**	**Criterium**	**Statisch veld**	**ELF**	**VLF**	**IF**	**RF**
Elektrozaken		Bls-norm					
		Int.-norm	**Tabel 9**				
Grootwarenhuizen		Bls-norm					
		Int.-norm					
Luchthavens	Deurne	Bls-norm					
		Int.-norm					
	Zaventem	Bls-norm					
		Int.-norm					
Openbaar vervoer	Bus	Bls-norm					
		Int.-norm					
	Hybride bus	Bls-norm					
		Int.-norm	**Figuur 96**				
	Metro	Bls-norm					
		Int.-norm	**Tabel 40**				
	Tram	Bls-norm					
		Int.-norm					
	Trein	Bls-norm					
		Int.-norm					
	Vliegtuig	Bls-norm					
		Int.-norm					
Picocellen	Luchthaven	Bls-norm					
		Int.-norm					
	Stations	Bls-norm					
		Int.-norm					
Microcellen	Winkelstraten	Bls-norm					
		Int.-norm					
Bilbliotheken	Leuven	Bls-norm		**Tabel 75**			
		Int.-norm		**Tabel 75**			
	Mol	Bls-norm		**Tabel 77**			
		Int.-norm		**Tabel 78**			

Legende	
	: niet gemeten
	: meetwaarden conform met blootstellingsnorm of -richtlijn
	: mogelijk risico met verwijzing naar betrokken tabel of figuur
Bls-norm	: blootstellingsnorm voor beoordeling van direct risico
Int.-norm	: blootstellingsnorm voor beoordeling van interferentie

Op basis van de samenvatting (tabel 79) kunnen we enerzijds besluiten dat het algemene publiek in de meeste locaties blootgesteld wordt aan elektromagnetische veldsterktes die binnen het 0 Hz tot 3 GHz frequentiespectrum conform zijn aan het referentieniveau van de internationale blootstellingsrichtlijnen van ICNIRP en/of van de Belgische blootstellingsnormen (indien die bestaan). Op basis van de interpretatie van deze richtlijnen/normen is op de meeste plaatsen die onderzocht werden dus geen gezondheidsrisico voor het algemene publiek te verwachten. Uit de resultaten komt echter ook naar voor dat in bibliotheken waar veel gebruik gemaakt wordt van antidiefstalsystemen sterke magnetische velden in de onmiddellijke omgeving van deze apparaten/toestellen geproduceerd worden. Indien er een blootstellingsrisico zou zijn, vormen deze velden eerder een risico voor de werknemer dan voor de klant (algemene publiek) die de bibliotheek bezoekt. Inderdaad, bij gebruik van oplaadhandtoestellen voor het activeren van beveiligingsstrips kunnen de operatoren lokaal blootgesteld worden aan een zeer sterk magnetisch veld waarvan men op basis van de interpretatie van de huidige ICNIRP-richtlijn (1998) niet kan oordelen of deze blootstelling gezondheidsrisico's inhoudt of niet. De bezoekende klant wordt tijdens het passeren van de detectiepanelen van de antidiefstalpoorten aan een magnetisch veld blootgesteld dat het referentieniveau van de blootstellingsrichtlijn sterk kan overschrijden. Ook hier laat de afweging t.o.v. de huidige blootstellingsrichtlijnen niet toe om te besluiten of een dergelijke korstondige blootstelling tijdens de passage risicovol is of niet.
Betreffende de interferentie van de elektromagnetische velden met elektronische implantaten komen we tot het besluit dat het statisch magnetisch veld in bepaalde sub-locaties het referentieniveau overschrijdt waarop interferentie met pacemakers, ferromagnetische of andere elektronische implantaten kan optreden. Dit is o.a. het geval dicht bij luidsprekers in elektrozaken, in de omgeving van de aangehaalde antidiefstalsystemen in bibliotheken, op een bepaalde plaats in de metro en in de hybride bussen. Bovendien moet men dicht bij luidsprekers oppassen omdat het statisch magnetisch veld daar zo sterk is dat metalen objecten met kracht kunnen aangetrokken worden en kwetsuren kunnen veroorzaken. De nodige aanbevelingen worden hiervoor gegeven in de bespreking van de resultaten van de betrokken apparaten, toestellen of locaties.

Op basis van de interpretatie van de blootstellingsrichtlijnen en/of -normen waartegen de meetresultaten afgewogen worden, moet men er in het algemeen op wijzen dat blootstellingen die een risico zouden kunnen inhouden eerder een uitzondering zijn dan een regel. Desalniettemin mag men de waakzaamheid over de blootstelling aan de elektromagnetische golven van deze systemen niet verslappen en dit zeker niet omdat we door de toenemende elektronisatie en nieuwere ICT-systemen steeds meer afzakken naar een leefomgeving die overspoeld dreigt te worden door golven waarvan men de risico's van het samenspel van de frequenties niet kent.

5 BELEIDSAANBEVELINGEN

Aangezien elektromagnetische velden (EMV-en) in sommige gevallen verantwoordelijk kunnen zijn voor interferentieproblemen of directe gezondheidsrisico's, zou de overheid een kader kunnen scheppen om het engineeringsconcept voor het optimaliseren van de EMV-blootstelling bij het ontwerp van het apparaat, toestel, installaties of voertuig te betrekken. Uitgaande van de technische specificaties van de elektrische en elektronische componenten en beschikbare ruimtes zou door middel van EMV-simulatietechnieken de EMV-blootstelling onder alle omstandigheden kunnen geoptimaliseerd worden. Om dit te verwezenlijken en bovendien het algemeen publiek onder alle omstandigheden te beschermen tegen overmatige blootstellingen aan EMV-en, zou België moeten beschikken over blootstellings- en interferentienormen die zich uitstrekken over het volledige elektromagnetische spectrum van de niet-ioniserende straling: dit gaat van 0 Hz (statisch veld) tot 3 Petahertz (1 PHz = 10^{15} Hz) ultraviolet licht. Momenteel beschikt België slechts over blootstellingsnormen betreffende de EMV-en van GSM-zendmasten (10 MHz – 10 GHz). Nochtans toont dit document aan dat laagfrequente elektromagnetische velden zoals bijvoorbeeld het statisch magnetisch veld (0 Hz) en het ELF magnetisch veld niet minder risicovol zijn dan de hogere frequenties waarmee de Belgische norm slechts rekening houdt. Daarom zou het aangewezen zijn dat de overheid nationale blootstellingsnormen uitvaardigt die het gehele frequentiespectrum beslaan en die zowel rekening houden met directe als indirecte risico's. Vergelijkende metingen hebben uitgewezen dat het ene systeem heel wat sterkere elektromagnetische velden produceert voor hetzelfde doel als het andere gelijksoortige systeem. Daarom moeten constructeurs en leveranciers aangezet worden om hun systemen te optimaliseren: het gewenste doel realiseren met een minimum aan EMV-blootstelling zou het uiteindelijke doel moeten zijn.

Uitgaande van de wetenschap dat meten slechts een momentopname is en dat, weliswaar binnen de normen, sterke blootstellingsvariaties aan RF-velden afkomstig van pico- en microcellen waargenomen werden, zou de overheid een kader kunnen scheppen om deze velden op regelmatige tijdstippen (bv. eenmaal per jaar) steekproefsgewijs te controleren. Dit zou ook moeten gebeuren met andere bronnen die nieuwe technologieën gebruiken om het gewenste doel te bereiken. Omdat in België er een totaal gebrek is aan gegevens over de blootstelling aan elektromagnetische velden van antidiefstalsystemen en onze metingen aangeven dat vooral operatoren aan sterke magnetische velden van dergelijke systemen blootgesteld worden en men het risico ervan niet kent, zou de overheid onderzoek moet bevorderen dat klaarheid schept tussen blootstelling, dosis en gevolg. In eerste instantie zou een specifieke, betrouwbare meetcampagne moeten kunnen opgezet worden om de blootstelling van de antidiefstalsystemen onder elke vorm in kaart te brengen.
Omdat we bovendien steeds meer en meer evolueren naar een draadloze maatschappij, denk maar aan de nieuwe technologieën zoals i-city, UMTS, A.S.T.R.I.D. en WI-MAX, zou de blootstelling eraan van in het begin in kaart moeten kunnen gebracht worden. Terwijl het nu nog altijd een probleem vormt, zou men bovendien gemakkelijk moeten kunnen beschikken over de technische specificaties en de locaties van deze bronnen.

6 BIJLAGEN

6.1 Meetinstrumenten

6.1.1 Meetinstrument voor het meten van het statisch veld

Tabel B 1: Specificaties van ETM-1 3-axis Hall magnetometer

METROLAB Instruments SA	
Ranges	1 - 9.99 mT, 199.9 mT, 1999 mT “DC full scale”
Resolution	0.01 mT, 0.1 mT, 1 mT
Accurancy	± 2% of reading or ± 3 digits
Temperature coefficient of the gain	± 0.05 % /°C (from 25 °C)
Measurement mode	3-axis or one axis, i.e. Bz or Bx, By
Interface	RS 232c

6.1.2 Meetinstrumenten voor het meten van ELF-velden (extreme low frequency)

Tabel B 2: Specificaties van EMDEX LITE ELF Monitor

EMDEX LITE ELF Monitor (Enertech Consultans)
Frequency response: 16 2/3 Hz tot 1000 Hz en 40 – 1000 Hz; flat response ± 30 %
Magnetic sensor: 3 orthogonal coils
Magnetic field range: 0,0 – 70 µT (700 mG)
Typical measurement accuracy @ calibrated frequency of 50/60 Hz (27°C): 0,1 – 700 mG: ± 8 %
Measurement method: True RMS measurement
Maximum sample rate: 4 seconds

Tabel B 3: Specificaties van Emdex II en Linda Wheel

EMDEX II in combinatie met LINDA* Wheel	
Sensor	3- orthogonally oriented magnetic field sensor coil
Sample intervals	Maximum: 1 sample / 1.5 sec. Minimum: 1 sample / 327 sec.
Frequency bandwidth	Broadband: 40 – 800 Hz Harmonic: 100 – 800 Hz
Frequency respons	Broadband: total variation of ± 30 % over entire range Harmonic: 100 Hz + 10 % to – 45 % 120 Hz + 25 % to – 30 % 150 Hz + 25 % to – 0 % 180 – 800 Hz + 25 % to – 0 %
Low frequency field rejection	10 Hz signal: 1000 to 1 2 Hz signal: 10^6 to 1
Total Harmonic Distortion	Measurement of THD down to 3 % distortion
Measurement accuracy Calibration frequency 50 / 60 Hz	Resultant broadband magnetic field: Standard: High Field: 0,1 – 3000 mG 4 – 120 000 mG Typical: ± 3 % Worst case: ± 10 % 0,1 – 300 µT 0.4 – 120 000 µT Typical: ± 3 % Worst case: ± 10 % Equivalent electric field: Typical accuracy: ± 5 % plus sensor accuracy Worst case accuracy: ± 15 % plus sensor accuracy
Measurement method	True RMS measurement
Temperature errors	Readings will vary in more than ± 2 % per 10 °C change of temterature in the range of 0 °C to 50 °C

* Linear data acquisition system

Tabel B4: Specificaties van PMM 8053 meter

PMM 8053 portable field strength meter		
Frequency range	5 Hz – 18 GHz	
Dynamic range	>100 dB	
Operation range	E-field: 0.03 V/m to 100 kV/m	H-field: 10 nT tot 10 mT
Resolution	0.01 tot 100 V/m / 0.1 nT to 0.1 mT	
Sensitivity	0.1 to 1 V/m / 10 nT to 0.1 mT	
Sample rate	1, 10, 100 sec. every 6 minutes	
Units	V/m, kV/m, µW/cm^2, mW/cm^2, W/m^2, A/m, nT, mT	

Tabel B5: Specificaties van sonde EHP50A

PMM probe: electric and magnetic field analyzer EHP50A		
	Electric field	Magnetic field
Frequency range	5 Hz tot 100 kHz	
Level range	0,1 V/m – 100 kV/m	10 nT – 10 mT
Dynamic	>120 dB	
Resolution	0,001 V/m	1 nT
Sensibility	0,1 V/m	10 nT
Absolute error	± 0,8 dB (@ 50 Hz and 1 kV/m)	± 0,8 dB (@ 50 Hz and 0,1 mT)
Flatness (40 Hz – 10 kHz)	± 0,5 dB	± 0,5 dB
Isotropicity	± 1 dB	
Electric field rejection		> 20 dB
Magnetic field rejection	> 20 dB	
Calibration	Internal into E^2 prom	
Temperature error	0,05 dB / °C	

6.1.3 Meetinstrumenten voor het meten van de IF (intermediate frequency) en RF (Radio frequency) velden

Tabel B6: Specificaties van PMM 8053 meter

PMM 8053 portable field strength meter		
Frequency range	5 Hz – 18 GHz	
Dynamic range	>100 dB	
Operation range	E-field: 0,03 V/m to 100 kV/m	H-field: 10 nT tot 10 mT
Resolution	0.01 to 100 V/m / 0,1 nT to 0,1 mT	
Sensitivity	0,1 to 1 V/m / 10 nT to 0,1 mT	
Sample rate	1, 10, 100 sec. every 6 minutes	
Units	V/m, kV/m, µW/cm^2, mW/cm^2, W/m^2, A/m, nT, mT	

Dit is een elektromagnetische multimeter waaraan de respectievelijke meetsondes kunnen gekoppeld worden voor:

- het smalbandig (spectrumanalyse) meten van ELF (tabel B5)
- het smal- (tabel B5) en breedbandig (tabel B7) meten van IF-velden
- het breedbandig meten van RF (tabellen B7, B8, B9)

Tabel B7: Specificaties van magnetische veldsonde HP032

Magnetic field probe HP032	
Frequency range	0,1 to 30 MHz
Level range	0,01 – 20 A/m
Overload	> 40 A/m
Dynamic range	> 60 dB
Resolution	1 mA/m
Sensitivity	0,01 A/m
Absolute error at 1 MHz and 2 A/m	± 1 dB
Flatness (1 to 25 MHz)	± 1 dB
Isotropicity	± 0,8dB (typical ± 0,5 dB @ 1MHz)
Temperature error	0,05 dB / °C
Electric field rejection	> 20 dB
Calibration	Internal E^2prom

Tabel B8: Specificaties van elektrische veldsonde EP 44 M

Electric Field probe EP 44 M	
Frequency range	0,1 to 800 MHz
Level range	0,25 – 250 V/m
Overload	> 500 V/m
Dynamic range	> 60 dB
Resolution	0,01 V/m
Sensitivity	0,25 V/m
Absolute error at 50 MHz : 6 V/m	± 0.8 dB
Flatness (10 MHz – 200 MHz) (200 MHz – 800 MHz)	± 1.5 dB (typical ± 0,8 dB) ± 2 dB (typical ± 1,5 dB)
Isotropicity	± 0,8 dB (typical ± 0,5 dB @ 740 MHz)
Out band attenuation respect to 50 MHz and 900 MHz – 3 GHz	> 12 dB (typical ± 15 dB)
H- field rejection	> 20 dB
Temperature error	0 02 dB / °C
Calibration	Internal E^2prom

Tabel B9: Specificaties van elektrische veldsonde EP 33 M

Electric Field probe EP 33 M	
Frequency range	700 MHz to 3 GHZ
Level range	0,3 – 300 V/m
Overload	> 600 V/m
Dynamic range	> 60 dB
Resolution	0,01 V/m
Sensitivity	0,3 V/m
Absolute error at 930 MHz 20 V/m	± 1 dB
Flatness (900 MHz – 3 GHz)	± 1,5 dB (typical ± 0,8 dB)
Isotropicity	± 0,8 dB (typical ± 0,5 dB @ 930 MHz and 1800 MHz)
H- field rejection	> 20 dB
Temperature error	0,05 dB / °C
Calibration	Internal E^2prom

6.1.4 Meetinstrumenten voor het meten van de VLF (Very low frequency) velden van beeldschermen

Tabel B10: Specificaties van de VDT/VLF survey meter voor beeldschermen

HI-3603 VDT/VLF Survey Meter van Holaday Industries, Inc.	
Sensor	Concentric plate displacement current electric field sensor 8 inch diameter magnetic field sensing loop switch selectable between electric and magnetic fields
Sensitivity	Electric fields: 1 – 1999 V/m Magnetic fields: 1 – 1999 mA/m
Frequency response Electric fields	± 0,5 dB, 10 kHz to 100 kHz ± 2 dB, 2 kHz to 300 kHz
Frequency response Magnetic fields	± 0,5 dB, 12 kHz to 200 kHz ± 2 dB, 8 kHz to 300 kHz.

6.1.5 Meetinstrumenten voor het smalbandig meten van de RF-straling (radio frequency)

Tabel B11: Specificaties van Fieldcop dienstenspectrometer

Fieldcop	
Frequency coverrange	10 MHz – 3 GHz
Type	Isotropic 3 axes
Dynamics	
Dynamic range	60 dB
Sensitivity	< 0,05 V/m (55 MHz – 3 GHz)
Maximum load	150 V/m
Selectivity	
Band programming	Central frequency: by 500 kHz steps Bandwidth: 6 proposed bandwidths (standard values: 6.2, 30, 50, 200, 270, 500 MHz)
Inter-band isolation	> 20 dB
Sampling	
Sampling frame	66 samples in each band in 23 ms programmable between 1s and 2 hours
Power	
Power supply	12 V battery inside 230 – 12 V charger provided + solar panel for fix station
Autonomy	10 measurement campains fully autonomous with solar panel

Tabel B12: Specificaties van de Narda SRM 3000 spectrometer

Frequency range	100 kHz to 3GHz	
Operating modes	Spectrum Analysis Safety Evaluation	
Resolution bandwidths		
Phase noise (SSB)	30 kHz carrier spacing 100 kHz carrier spacing 1 MHz carrier spacing	> 85 dBc (1Hz) > 105 dBc (1Hz) > 120 dBc (1Hz)
Reference frequency	Original deviation Aging Thermal drift	< 1,5 ppm < 0,5 ppm/year < 2,0 ppm (within specified temperature range)
Amplitude and Measurement range	-27 dBm to +23 dBm (selectable in 1 dB steps)	
Display range	From noise floor to +26 dBm	

Maximum RF power level	+ 30 dBm
Maximum DC volt	50 V
Intrinsic noise	- 121 dBm for 1 KHz RBW, f > 20 MHz and no RF attenuation
RF attenuation	0 to 50 dB in 1 dB steps (coupled to the measurement range)
2nd order intermodulation products	> - 57 dBc for 2 signals of level 9 dB below MR and a spectral line spacing of more than 100 kHz
3nd order intermodulation products	> - 70 dBc for 2 signals of level 9 dB below MR and a spectral line spacing of more than 500 kHz
Level measurement uncertainty	(including aging over 1 year and within the temperature range between 15 °C and 30 °C) < 1,3 dB for the frequency range 20 MHz to 2,2 GHz < 2 dB for the frequency range 2,2 GHz to 3 GHz
Interference lines Input dependent	< - 65 dBc or MR – 71 dB for signals width a level below MR – 6 dB (whichever is worst) < - 60 dBc for a carrier spacing of 72 MHz
Interference lines Not input dependent	<- 104 dBm or - 77 dB for frequencies above 20 MHz
Units	dBm, dBV, dBmV, dBµV field strength units are available if a measurement antenna is used

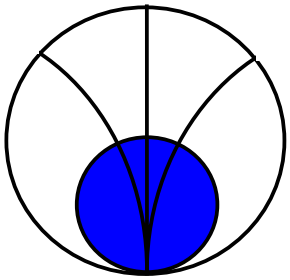
6.2 Waarschuwingspictogrammen voor magnetische velden

6.2.1 Waarschuwingspictogram voor mogelijke interferentie met pacemakers

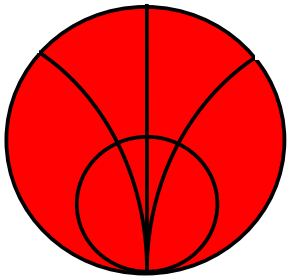
6.2.2 Waarschuwingstekens die in Polen gebruikt worden voor bronnen van elektromagnetische velden [Polish standard PN-74/T-06260]

Polish standard PN-74/T-06260 - Zrodla promieniowania elektromagnetycznego Znaki ostrzegawcze [Electromagnetic radiation sources Safety signs]

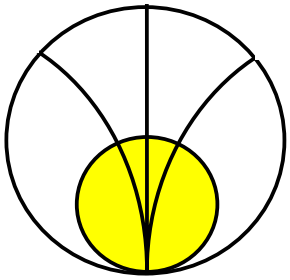
Bronnen van elektromagnetische velden (EMV-en)



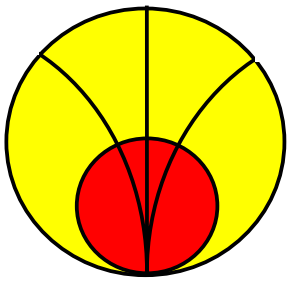
EMV-blootstelling hoger dan de plafondwaarden voor werknemers



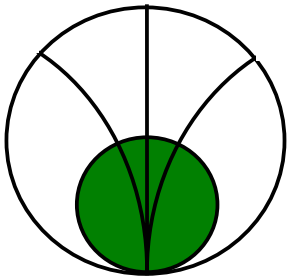
EMV-blootstelling op werknemersniveau



Toelaatbare beroepsmatige EMV-blootstelling voor een duur kleiner dan 8 uren per shift



Lage EMV-blootstelling voor werknemrs of voor het algemene publiek



EN 12198-1:2000 - Safety of machinery - Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery-Part 1: General principles. (accepted as Polish standard PN-EN 12198-1:)

Sterke magnetische velden

Electromagnetic radiation

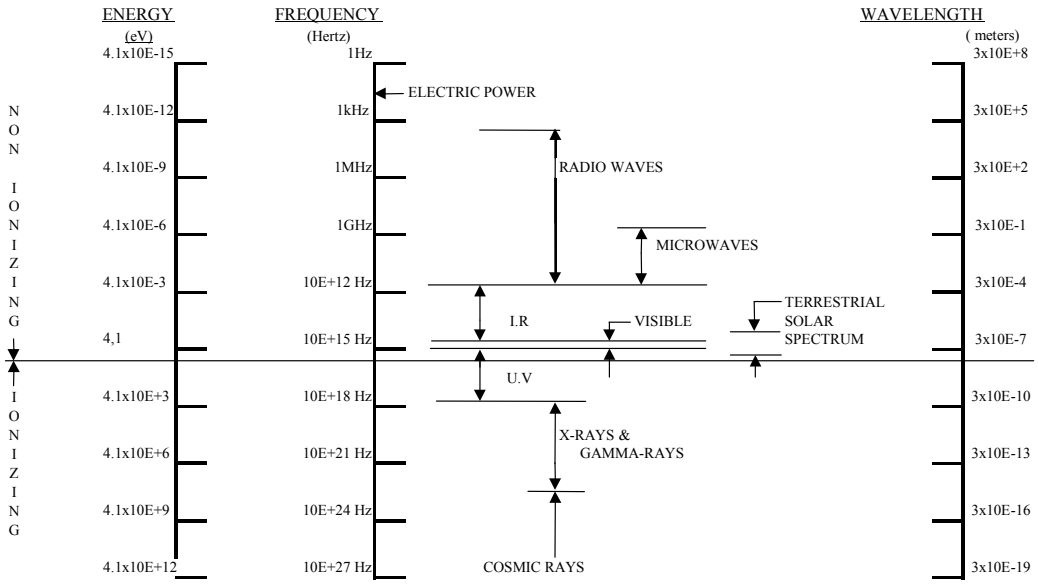
Niet-gestandardiseerde tekens

Verboden toegang voor implantaten

Gevaar voor metalen voorwerpen

6.3 Eigenschappen, grootheden en nomenclatuur

Figuur B1 toont het elektromagnetische frequentiespectrum volgens hetwelk de verschillende soorten elektromagnetische velden ingedeeld worden.



Figuur B1: Elektromagnetisch frequentiespectrum

Samenvattend kan gesteld worden dat in het kader van de gezondheidsfysica het elektromagnetische spectrum op basis van de fotonenergie verdeeld wordt in twee brede stralingsgebieden, nl. ioniserende (fotonenergie 12,4 eV $\cong$ $1.987.10^{-18}$ J) en niet-ioniserende straling (NIS). Zonder op de ioniserende straling verder in te gaan is het vermeldenswaardig dat ultraviolette straling (UV), bij een frequentie van 3 Petaherz (1 PHz = 10^{15} Hz), de overgang vormt tussen ioniserende en niet-ioniserende straling. Ofschoon UV-C deel uitmaakt van het ioniserende spectrum wordt het in de praktijk niet als deel van dit spectrum beschouwd omdat golflengtes kleiner dan 295 nm (10^{-6} mm) in de bovensten lagen van de atmosfeer geabsorbeerd (uitgefilterd) worden en omdat er daarenboven maar enkele UV-bronnen (sommige lasersoorten) zijn die bij ioniserende golflengtes werken. De voornaamste algemene fysische eigenschappen van NIS worden in tabel B13 samengevat.

Tabel B 13: Belangrijkste algemene eigenschappen van niet-ioniserende straling

Golflengtes (λ)	100 nm tot 300 000 km
Frequenties (*f*)	3,0 PHz tot 1 Hz
Fotonenergie (Joule)	$1{,}987.10^{-18}$ J – $6{,}6.10^{-34}$ J

Extreme lage frequentiegolven (ELF), radiofrequentiegolven (RF) en microgolven (MG) hebben een relatief lange golflengte (λ) die afneemt met toenemende frequentie, een lage frequentie (*f*) en een lage fotonenergie (eV of J). Hetgeen vaak verwarrend overkomt is dat de indeling van het NIS-spectrum op twee conventies gebaseerd is: de ene conventie beschouwt de microgolven als een subset van het RF-spectrum en de andere als twee onafhankelijk golfsoorten.

Tabel B 14: Fundamentele kenmerken per frequentiegebied.

Gebied	Golflengte	Frequentie	Fotonenergie
Microgolven	1 mm – 1 m	300 GHz – 300 MHz	1,2 – 0,0012 meV
Radiogolven	1 m – 100 km	300 MHz – 3 kHz	1200 – 0,12 neV
ELF	1000 – 10 000 km	300 – 30 kHz	1,2 – 0,12 peV

meV: milli-elektronvolt, neV: nano-eV (1 n = 10^{-6} mm), peV: pico-eV (1 p = 10^{-9} eV)

Uitgaande van deze kenmerken heeft men aan de MG, RF en ELF verschillende frequentiebanden (tabel B15) toegekend die vaak betrekking hebben op de toepassingsgebieden (tabel B16).

Tabel B 15: Nomenclatuur per frequentie en frequentieband

Frequentie	Frequentieband	Afkorting
0 Hz	Statische velden	
0 – 30 Hz	Sub-extremely low frequency	SELF
30 – 300 Hz	Extremely low frequency (extreem lage frequentie)	ELF
300 – 3000 Hz	Voice frequency (stemfrequentie)	VF
3 – 30 kHz	Very low frequency (heel lage frequentie)	VLF
30 – 300 kHz	Low frequency (lage frequentie)	LF
300 – 3000 kHz	Medium frequency (middenfrequentie)	MF
3 – 30 MHz	High frequency (hoge frequentie)	HF
30 – 300 MHz	Very high frequency (heel hoge frequentie)	VHF
300 – 3000 MHz	Ultra high frequency (ultra hoge frequentie)	UHF
3 – 30 GHz	Super high frequency (super hoge frequentie)	SHF
30 – 300 GHz	Extremely high frequency	EHF

In tabel B16 worden de belangrijkste toepassingsgebieden aan deze frequentiebanden gekoppeld.

Tabel B 16: Samenvatting van frequentiebanden en toepassingsgebieden

Frequentie	Golflengte	Frequentieband	Toepassing
0 Hz	∞	Statische velden	- Statische oplading en ontlading - DC* vermogengeneratoren - NMR (nucleaire magnetische resonantie) - MRI (magnetic resonance imaging of beeldvorming door magnetische resonantie) - Elektrolyseprocessen
1 Hz	300 000 km	Extremely low frequency fields (ELF)	- Systemen voor productie en transport van elektriciteit - Elektrische treinen - Lasuitrusting - Inductieovens - Elektrische industriële, medische, wetenschappelijke en huishoudelijke machines en apparaten
300 Hz	1000 km		
3 kHz	100 km		- Inductieverwarmers
30 kHz	10 km		- Anti-diefstalsystemen
100 kHz	3 km		- AM-radio
3 MHz	100 m	Radiofrequenties (RF) en microgolven	- Inductieverwarmers - Anti-diefstalsystemen
30 MHz	10 m		- RF-verhitters
300 MHz	1 m		- FM-radio - Televisie
3 GHz	10 cm		- Mobiele telefoons en basis-station - Huishoudelijke en industriële microgolfovens - UMTS - Wireless LAN (wi-fi)
30 GHz	1 cm		- Radar
300 GHz	1 mm		- Radar

* DC = direct current

Bij industriële en radartoepassingen worden de frequentiebanden nog onderverdeeld in letterbanden (tabel B17). Ofschoon deze indeling (Wilkening, 1991) vaak toegepast wordt is ze niet universeel aanvaard.

Tabel B 17: Nomenclatuur van de letterbanden in het microgolfgebied

Letterband	Frequentiegebied (GHz)
L	1 100 – 1 700
LS	1 700 – 2 600
S	2 600 – 3 950
C	3 950 – 5 850
XN	5 850 – 8 200
X	8 200 – 12 400
Ku	12 400 – 18 000
K	18 000 – 26 500
Ka	26 500 – 40 000

Naast deze letterbanden worden ook specifieke frequenties toegekend voor industriële (industrial), wetenschappelijke (scientific) and medische (medical) [ISM] toepassingen.
In tabel B18 worden de ISM-banden van de 'Federal Communication Commission (FCC – US) samengevat die aangevuld werden met enkele Europese frequenties. De ISM-frequenties zijn voorbehouden voor andere gebruiken dan communicatie.

Tabel B 18: ISM-frequenties

13,56 MHz ± 6,78 kHz
27,12 MHz ± 160 kHz
40,68 MHz ± 20 kHz
433 MHz (hyperthermie Europa)
896 MHz ± 10 MHz (UK)
915 MHz ± 25 MHz
2 450 MHz ± 50 MHz
5 800 MHz ± 75 MHz
24 125 MHz ± 125 MHz

Op enkele uitzonderingen na (b.v. het maximaal uitgezonden vermogen van de 2450 Hz huishoudelijke microgolfoven is vastgelegd op 10 mW) mag bij de ISM-frequenties onbeperkt uitgezonden worden. Bijgevolg kunnen in de onmiddellijke omgeving van dergelijke bronnen sterke RF-velden waargenomen worden.

Door gebruik te maken van deze frequenties kunnen ontelbare apparaten en toestellen, die in onze samenleving aanwezig zijn, zwakke tot sterke RF/microgolven uitzenden.
Enkele belangrijke voorbeelden hiervan zijn automatische deuropeners voor winkels (10 mW), alarm- en inbraakbeveiligingen (10 – 100 mW), radars voor verkeerscontrole (10 - 100 mW), straalverbindingen (10 tot 10 kW), WLAN, enz.

Tot slot van dit hoofdstuk geeft tabel B19 een overzicht van de meest relevante grootheden en eenheden van de elektromagnetische velden.

Tabel B 19: Kenmerken, symbolen, grootheden en eenheden van elektromagnetische velden

Kenmerk	**Symbool**	**Grootheid**	**Eenheid**
Frequentie	f	Hertz	Hz
Golflengte	λ	Meter	m
Elektrisch veld	E	Volt per meter	V/m of Vm^{-1}
Magnetisch veld	H	Ampère per meter	A/m of Am^{-1}
Magnetische fluxdichtheid	B	Tesla	T
Vermogendichtheid	S	Watt per vierkante meter	W/m² of Wm^{-2}
Stroomdichtheid	J	Ampère per vierkante meter	A/m² of Am^{-2}
Specifiek absorptietempo (Specific absorption rate)	SAT (SAR)	Watt per kilogram	W/kg
Geleidbaarheid	σ	Siemens per meter	S/m
Elektrische weerstand	R	Ohm	Ω
Permeabiliteit	μ	Henry per meter	H/m of Hm^{-1}
Permeabiliteit in luchtledige	μ_0	$\mu_0 = 1{,}26 \times 10^{-6}$ H/m	
Permittiviteit	ε	Farad per meter	F/m of Fm^{-1}
Permittiviteit in luchtledige	ε_0	$\varepsilon_0 = 8{,}854\ 2\ 10^{-12}$ F/m	
Lichtsnelheid in luchtledige	c	$c = 2{,}997\ 9.10^{8}$ m/s	

6.4 Afkortingen en woordverklaringen

6.4.1 Afkortingen

A/m: Ampère per meter
AC: alternating current
A.S.T.R.I.D.: All-round Semi-cellular Trunking Radio Communication System with Integrated Dispatching
BG: background
BN: Belgische norm
CENELEC: Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CPTE: coördinatie van productie en transport van elektrische energie (coöperatieve vennootschap)
CUTE: Clean Urban Transport for Europe
DCS: Digital Cordless System / Digital Cellular System
DECT: Digital European Cordless Telecommunication/Digital Enhanced Cordless Telecommunication
DC: direct current
E in V/m: elektrisch veld in volt per meter
EAS: electrtonic article surveillance
ELF: extreem laag-frequent
EM: elektromagnetisch
EMV: elektromagnetisch veld
ETSI: Europees Telecommunicatie & Standaardisatie Instituut
GSM: Global System for Mobile Communications
GHz: gigahertz
HGR: Hoge Gezondheidsraad België
Hz: Hertz
IARC: International Agency for Research on Cancer
ICNIRP: International Commission on Non-Ionising Radiation Protection
ICT: informatie en communicatietechnologie
IEC: International Electrotechnical Committee
IF: intermediaire frequentie
IRPA: International Radiation Protection Association
KB: Koninklijk Besluit
kHz: kilohertz
kV/m: kilovolt per meter
LINDA: Linear Data Acquisition
MHz: megahertz
MIVB: Maatschappij voor Intercommunaal Vervoer te Brussel
µT: microtesla
NMBS: Nationale Maatschappij der Belgische Spoorwegen
NIS: Nationaal Instituut voor de Statistiek
NIS-straling: niet-ioniserende straling
PHz: petahertz
RF: radiofrequentie
RFID: radiofrequency identification
S in W/m²: vermogendichtheid in watt per vierkante meter

SAR: Specific Absorption Rate
SAT: Specifiek Absorptie Tempo
SWEDAC: Swedish Board for Technical Assistance
TETRA: Terrestrial Trunked Radio
TOC: Tjänstemännens Central Organisation
UMTS: Universal Mobile Telecommunications System
UV: ultraviolet
UV-C: ultraviolet licht C
VLF: zeer laag-frequent
VITO: Vlaamse instelling voor technologisch onderzoek
WIFI: Wireless Fidelity
WI-MAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN: Wireless Local Network

6.4.2 Woordverklaringen

Basisrestricties: zijn restricties op de blootstelling aan tijdsafhankelijke elektrische, magnetische en elektromagnetische velden, die direct gebaseerd zijn op bewezen gezondheidseffecten en biologische overwegingen. Afhankelijk van de veldfrequentie worden de volgende fysische grootheden gebruikt om de restricties te specifiëren: de magnetische fluxdichtheid *(B)*, de stroomdichtheid *(J)*, het specifieke energieabsorptietempo *(SAT)* en de vermogendichtheid *(S)*. *B* en *J* kunnen gemeten worden de andere grootheden worden berekend. Afhankelijk van de frequentie worden de onderstaande fysische grootheden (dosimetrische/exposimetrische grootheden) gebruikt om de basisrestricties (BS) voor elektromagnetische velden te specificeren:

- $0 < f < 1$ Hz worden de basisrestricties gegeven voor *B* en *J* voor tijdsafhankelijke velden tot 1 Hz, teneinde gevolgen voor het cardiovasculaire systeem en het centrale zenuwstelsel te voorkomen;
- 1 Hz $< f <$ 10 MHz worden de basisrestricties gegeven voor *J* om gevolgen voor functies van het zenuwstelsel te voorkomen;
- 100 kHz $< f <$ 10 GHz worden de basisrestricties gegeven voor het *SAT* om globale thermische belasting van het lichaam en excessieve plaatselijke verwarming van weefsel te voorkomen. In het gebied van 100 kHz tot 10 MHz worden restricties voor zowel *J* als *SAT* gegeven
- 10 GHz < f < 300 GHz worden de basisrestricties gegeven voor *S* om verwarming van weefsel aan of bij het lichaamsoppervlak te voorkomen.

Blootstelling: mate waarin de mens of het ecosysteem in contact komt met verontreiniging of verontreinigende stoffen opneemt.

CENELEC: is Europese normalisatieinstelling om binnen het kader van communautaire wetgeving normen te ontwikkelen voor het ontwerpen en testen van uitrusting waarmee de inachtneming van de basisrestricties van deze aanbeveling kan worden beoordeeld;

Demagnetisatie: verbreken van de magnetische eigenschappen van een materiaal

Downlink: is de communicatiestroom van de antenne naar de mobilofoon. Dit in tegenstelling tot de ‘uplink’ die de communicatiestroom in de omgekeerde richting is. De frequentiebanden van de down- en de uplink zijn verschillend.

Duplex: refereert naar datatransmissie in twee richtingen tegelijk. Bv. een telefoon is een volledig-duplex toestel (full-duplex device) omdat beide partijen tegelijk kunnen praten.

Met een half-duplex toestel (half-duplex device) gebeurt de datatransmissie afwisselend in één richting.

Elektrisch veld: elektrisch veld op een bepaald punt veroorzaakt een kracht op een lading die zich in dat punt bevindt. Deze kracht is evenredig met de grootte van het elektrisch veld en de grootte van de lading.

Elektrische contactstroom: totale elektrische stroom die door een lichaamsdeel vloeit bij contact meteen elektrisch geleidend voorwerp. Eenheid: A

Elektrische stroomdichtheid: elektrische stroom die door een oppervlakte-eenheid vloeit en bijvoorbeeld geïnduceerd wordt in biologische weefsels bij een invallend elektromagnetisch veld. Eenheid: A/m²

Elektromagnetisch frequentiespectrum: rangschikking van elektromagnetische velden/straling die zowel het gebied van de ioniserende als het gebied van de niet-ioniserende straling.

Elektromagnetische golf: bestaat uit een elektrische (E) en een magnetische component (H) die beiden een grootte (sterkte) en een richting hebben.

Emissie: uitstoot of lozing van stoffen, golven of andere verschijnselen door bronnen, meestal uitgedrukt als een hoeveelheid per tijdseenheid.

Epidemiologie: wetenschap die de verdeling van ziekte en ziektedeterminanten binnen een populatie in tijd en ruimte bestudeert.

Frequentie: het aantal golfcycli die in één seconde een bepaald punt doorkruisen in de richting van hunvoortplanting. De eenheid van frequentie is de Hertz (Hz) of één cyclus per seconde.

Fotonenergie: is de energie die schuilt in een onzichtbaar energiepakketje van een golf en die al dan niet groot genoeg is om materie te ioniseren.

Harmonische: is een veelvoud van de fundamentele frequentie of een grondtoon die ook wel de eerste harmonische genoemd wordt. De tweede harmonische is de eerste boventoon of het dubbele van de fundamentele frequentie.

Hybride voertuigen: is een voertuig dat beschikt over energiereservoirs voor de aandrijving van het voertuig of over drijflijnen waarvan minstens één van de twee elektrisch is.

i-city vzw: Research Campus Hasselt voor informatietechnologie

Inactivator: apparaat of toestel dat een actief proces of mechanisme stopt

Incidentie: aantal nieuwe gevallen van een ziekte in verhouding tot een populatie binnen een bepaalde tijd, of de frequentie waarmee een bepaalde ziekte zich voordoet in een populatie gedurende een bepaalde tijd.

Inductie: is het natuurkundig verschijnsel waarbij in een geleider elektrische spanning wordt opgewekt wanneer de geleider zich bevindt in een veranderend magnetisch veld of wanneer een geleider beweegt in een magnetisch veld

Interferentiedrempel: drempel waarboven interferentie kan optreden

Lekstraling: straling die via een spleet van een gesloten systeem zoals bijvoorbeeld een huishoudelijke microgolf naar buiten komt

Magnetisch veld: Het magnetisch veld op een bepaald punt veroorzaakt een kracht op een lading in beweging (stroom) op dat punt. Deze kracht is evenredig met de grootte van het magnetisch veld, de grootte en snelheid van de bewegende lading.

Magnetische fluxdichtheid: grootheid gerelateerd met het magnetisch veld volgens $B = \mu 0\ H$, met$\mu 0 = 4\ \pi\ 10\text{-}7$ H/m zijn de magnetische permeabiliteit van de vrije ruimte. Eenheid: tesla (T).

Microcellen: hebben meestal een uitgangsvermogen van 1 W en worden door de operatoren aangewend om een zone van enkele honderden meters te bedekken. Ze worden meestal geplaatst in wandel- en winkelstraten.

Niet-ioniserende straling: straling waarvan de energie te zwak is ionisatie te veroorzaken. Dit zijn alle golven met een frequentie kleiner dan 3 PHz of een energie kleiner dan 12,4 eV.

Picocellen: hebben ongeveer dezelfde eigenschappen als microcellen maar worden geplaatst in stations, luchthavens en grote winkelcentra.

Pooled analysis: analyse van gegevens van verschillende studies die in éénzelfde steekproef samengebracht zijn om deze steekproef te vergroten.

Radiale afstand: is de dwarse afstand van aan de bron tot het meetpunt

Referentieniveaus: zijn de niveaus die bij de blootstellingsevaluatie in de praktijk dien om vast te stellen of de basisrestricties waarschijnlijk zullen worden overschreden. Sommige referentieniveaus worden met behulp van metingen en/of berekeningen van relevante basisrestricties afgeleid, andere hebben betrekking op de waarneming en schadelijke indirecte gevolgen van blootstelling aan elektromagnetische velden. De afgeleide grootheden de elektrische veldsterkte (E) , de magnetische veldsterkte (H), de magnetische fluxdichtheid (B), de vermogendichtheid (S). en de elektrische stroom in de extremiteiten.

Relatief risico (RR): incidentie van de ziekte in de blootgestelde groep gedeeld door de incidentie van de ziekte in de niet-blootgestelde groep.

Rms-waarde: berekende gemiddelde of effectieve waarde van een periodiek wisselende functie. De rms-waarde wordt berekend door het kwadraat van de functie gedeeld door de periode te integreren over een periode en dit resultaat tot de macht 0,5 te verheffen (wortel trekken).

Specifiek absorptie tempo (SAT): hoeveelheid elektromagnetische energie die per seconde en per eenheid massa wordt geabsorbeerd en (doorgaans volledig) omgezet wordt in warmte.

Stralingsfluxdichtheid: hoeveelheid elektromagnetische energie die per tijdseenheid passeert door een oppervlakte-eenheid.

6.5 Fact sheets of the world health organization: Electromagnetic fields and public health

Om een inzicht te verschaffen in het verband tussen de elektromagnetische velden en de volksgezondheid worden in deze bijlage de “fact sheets” gegeven die onlangs door de wereldgezondheidsorganisatie gepubliceerd werden.

6.5.1 Static electric and magnetic fields (Fact sheet N° 299, March 2006)

Technologies using static fields are increasingly being exploited in selected industries, such as medicine with magnetic resonance imaging (MRI), transportation systems that use direct current (DC) or static magnetic fields and high-energy physics research facilities. As the field strength of the static field increases, so does the potential for a variety of interactions with the body.

The International EMF Project of the World Health Organization (WHO) has recently reviewed the health implications of high static field exposure and highlighted the importance of public health protection for medical staff and patients (particularly children and pregnant women) and workers in industries producing high field magnets (Environmental Health Criteria, 2006).

SOURCES

Electric and magnetic fields are generated by phenomena such as the Earth’s magnetic field, thunderstorms, and the use of electricity. When such fields do not vary with time they are referred to as static and have a frequency of 0 Hz.

In the atmosphere, static electric fields (also referred to as electrostatic fields) occur naturally, in fair weather, and especially under thunderclouds. Friction can also separate positive and negative charges and generate strong static electric fields. Their strength is measured in units of volt per metre, (V/m), or kilovolt per metre (kV/m). In daily life we may experience spark discharges with grounded objects or hair rising as a result of friction, for example from walking on a carpet. The use of DC electricity is another source of static electric fields, e.g. rail systems using DC, and televisions and computer screens with cathode ray tubes.

A static magnetic field is measured in units of ampere per metre, (A/m) but is usually expressed in terms of the corresponding magnetic induction measured in units of tesla, (T) or millitesla (mT).The natural geomagnetic field varies over the Earth’s surface between about 0.035 - 0.07 mT and is perceived by certain animals that use it for orientation. Man-made static magnetic fields are generated wherever DC currents are used, such as in electric trains or industrial processes such as aluminium production and in gas welding. These can be more than 1000 times stronger than the Earth’s natural magnetic field.

Recent technological innovations have led to the use of magnetic fields up to 100 000 times stronger than the Earth’s magnetic field. They are used in research and in medical applications such as MRI that provides three-dimensional images of the brain and other soft tissues. In routine clinical systems, scanned patients and machine operators can be exposed

to strong magnetic fields in the range of 0.2 - 3 T. In medical research applications, higher magnetic fields, up to about 10 T, are used for whole body patient scanning.

For static electric fields, few studies have been carried out. The results to date suggest that the only acute effects are associated with body hair movement and discomfort from spark discharges. Chronic or delayed effects of static electric fields have not been properly investigated.

HEALTH EFFECTS

For static magnetic fields, acute effects are only likely to occur when there is movement in the field, such as motion of a person or internal body movement, such as blood flow or heart beat. A person moving within a field above 2 T can experience sensations of vertigo and nausea, and sometimes a metallic taste in the mouth and perceptions of light flashes. Although only temporary, such effects may have a safety impact for workers executing delicate procedures (such as surgeons performing operations within MRI units).

Static magnetic fields exert forces on moving charges in the blood, such as ions, generating electrical fields and currents around the heart and major blood vessels that can slightly impede the flow of blood. Possible effects range from minor changes in heartbeat to an increase in the risk of abnormal heart rhythms (arrhythmia) that might be life-threatening (such as ventricular fibrillation). However, these types of acute effects are only likely within fields in excess of 8 T.

It is not possible to determine whether there are any long-term health consequences even from exposure in the millitesla range because, to date, there are no well-conducted epidemiological or long-term animal studies. Thus the carcinogenicity of static magnetic fields to humans is not at present classifiable (IARC, 2002).

INTERNATIONAL STANDARDS

Exposure to static magnetic fields has been addressed by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (see: www.icnirp.org). For occupational exposure, present limits are based on avoiding the sensations of vertigo and nausea induced by movement in a static magnetic field. The recommended limits are time-weighted average of 200 mT during the working day for occupational exposure, with a ceiling value of 2 T. A continuous exposure limit of 40 mT is given for the general public.

Static magnetic fields affect implanted metallic devices such as pacemakers present inside the body, and this could have direct adverse health consequences. It is suggested that wearers of cardiac pacemakers, ferromagnetic implants and implanted electronic devices should avoid locations where the field exceeds 0.5 mT. Also, care should be taken to prevent hazards from metal objects being suddenly attracted to magnets in field exceeds 3 mT.

WHO'S RESPONSE

WHO has been active in the evaluation of health issues raised by exposure to electromagnetic fields (EMF) in the frequency range from 0 to 300 GHz. The International Agency for Research on Cancer (IARC) evaluated the carcinogenicity of static fields in 2002, and the WHO International EMF Project has recently conducted a thorough health

risk assessment of these fields (Environmental Health Criteria, 2006) where gaps in knowledge have been identified. This has resulted in a research agenda for the next few years to inform future health risk assessments (www.who.int/emf). WHO recommends a review of standards when new evidence from the scientific literature becomes available.

WHAT CAN NATIONAL AUTHORITIES DO?

While there are huge benefits to be gained from use of static magnetic fields, particularly in medicine, possible adverse health effects from exposure to them must be properly evaluated so that the true risks and benefits can be assessed. It will take some years for the required research to be completed. In the meantime, WHO recommends that national authorities set up programmes to protect both the public and workers from possible adverse effects of static fields. In the case of static electric fields, since the main effect is discomfort from electric discharges to the body, it is sufficient to provide information on exposure to large electric fields and how to avoid them.

In the case of static magnetic fields, because the level of information on possible long-term or delayed effects of exposure is currently insufficient, cost-effective precautionary measures may be justified to limit the exposure of workers and the public. WHO recommends that authorities take the following measures:

- Adopt international science-based standards to limit human exposure.
- Take protective measures for the industrial and scientific use of magnetic fields by keeping a distance from fields that may pose a significant risk, by enclosing the fields, or by applying administrative controls such as staff education programs.
- Consider licensing magnetic resonance imaging (MRI) units having field strengths exceeding 2 T, in order to ensure that protective measures are implemented.
- Fund research to fill the large gaps in knowledge regarding the safety of people.
- Fund MRI units and databases to collect health information on exposure of workers and patients.

REFERENCES FOR FURTHER READING

Environmental Health Criteria (2006), Static fields, Geneva: World Health Organization, Monograph, vol. 232

Effects of static magnetic fields relevant to human health (2005), Eds. D. Noble, A. McKinlay, M. Repacholi, *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, vol. 87, nos. 2-3, February-April, 171-372

IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans (2002), Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon: International Agency for Research on Cancer, Monograph, vol. 80

6.5.2 Base stations and wireless technologies (Fact Sheet N° 304, May 2006)

Mobile telephony is now commonplace around the world. This wireless technology relies upon an extensive network of fixed antennas, or base stations, relaying information with radiofrequency (RF) signals. Over 1.4 million base stations exist worldwide and the number is increasing significantly with the introduction of third generation technology.

Other wireless networks that allow high-speed internet access and services, such as wireless local area networks (WLANs), are also increasingly common in homes, offices, and many public areas (airports, schools, residential and urban areas). As the number of base stations and local wireless networks increases, so does the RF exposure of the population. Recent surveys have shown that the RF exposures from base stations range from 0.002% to 2% of the levels of international exposure guidelines, depending on a variety of factors such as the proximity to the antenna and the surrounding environment. This is lower or comparable to RF exposures from radio or television broadcast transmitters.

There has been concern about possible health consequences from exposure to the RF fields produced by wireless technologies. This fact sheet reviews the scientific evidence on the health effects from continuous low-level human exposure to base stations and other local wireless networks.

HEALTH CONCERNS

A common concern about base station and local wireless network antennas relates to the possible long-term health effects that whole-body exposure to the RF signals may have. To date, the only health effect from RF fields identified in scientific reviews has been related to an increase in body temperature (> 1 °C) from exposure at very high field intensity found only in certain industrial facilities, such as RF heaters. The levels of RF exposure from base stations and wireless networks are so low that the temperature increases are insignificant and do not affect human health.

The strength of RF fields is greatest at its source, and diminishes quickly with distance. Access near base station antennas is restricted where RF signals may exceed international exposure limits. Recent surveys have indicated that RF exposures from base stations and wireless technologies in publicly accessible areas (including schools and hospitals) are normally thousands of times below international standards.

In fact, due to their lower frequency, at similar RF exposure levels, the body absorbs up to five times more of the signal from FM radio and television than from base stations. This is because the frequencies used in FM radio (around 100 MHz) and in TV broadcasting (around 300 to 400 MHz) are lower than those employed in mobile telephony (900 MHz and 1800 MHz) and because a person's height makes the body an efficient receiving antenna. Further, radio and television broadcast stations have been in operation for the past 50 or more years without any adverse health consequence being established.

While most radio technologies have used analog signals, modern wireless telecommunications are using digital transmissions. Detailed reviews conducted so far have not revealed any hazard specific to different RF modulations.

Cancer: Media or anecdotal reports of cancer clusters around mobile phone base stations have heightened public concern. It should be noted that geographically, cancers are unevenly distributed among any population. Given the widespread presence of base stations in the environment, it is expected that possible cancer clusters will occur near base stations merely by chance. Moreover, the reported cancers in these clusters are often a collection of different types of cancer with no common characteristics and hence unlikely to have a common cause.

Scientific evidence on the distribution of cancer in the population can be obtained through carefully planned and executed epidemiological studies. Over the past 15 years, studies examining a potential relationship between RF transmitters and cancer have been published. These studies have not provided evidence that RF exposure from the transmitters increases the risk of cancer. Likewise, long-term animal studies have not established an increased risk of cancer from exposure to RF fields, even at levels that are much higher than produced by base stations and wireless networks.

Other effects: Few studies have investigated general health effects in individuals exposed to RF fields from base stations. This is because of the difficulty in distinguishing possible health effects from the very low signals emitted by base stations from other higher strength RF signals in the environment. Most studies have focused on the RF exposures of mobile phone users. Human and animal studies examining brain wave patterns, cognition and behaviour after exposure to RF fields, such as those generated by mobile phones, have not identified adverse effects. RF exposures used in these studies were about 1000 times higher than those associated with general public exposure from base stations or wireless networks. No consistent evidence of altered sleep or cardiovascular function has been reported.

Some individuals have reported that they experience non-specific symptoms upon exposure to RF fields emitted from base stations and other EMF devices. As recognized in a recent WHO fact sheet "Electromagnetic Hypersensitivity", EMF has not been shown to cause such symptoms. Nonetheless, it is important to recognize the plight of people suffering from these symptoms.

From all evidence accumulated so far, no adverse short- or long-term health effects have been shown to occur from the RF signals produced by base stations. Since wireless networks produce generally lower RF signals than base stations, no adverse health effects are expected from exposure to them.

PROTECTION STANDARDS

International exposure guidelines have been developed to provide protection against established effects from RF fields by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP, 1998) and the Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE, 2005).

National authorities should adopt international standards to protect their citizens against adverse levels of RF fields. They should restrict access to areas where exposure limits may be exceeded.

PUBLIC PERCEPTION OF RISK

Some people perceive risks from RF exposure as likely and even possibly severe. Several reasons for public fear include media announcements of new and unconfirmed scientific

studies, leading to a feeling of uncertainty and a perception that there may be unknown or undiscovered hazards. Other factors are aesthetic concerns and a feeling of a lack of control or input to the process of determining the location of new base stations. Experience shows that education programmes as well as effective communications and involvement of the public and other stakeholders at appropriate stages of the decision process before installing RF sources can enhance public confidence and acceptability.

CONCLUSIONS

Considering the very low exposure levels and research results collected to date, there is no convincing scientific evidence that the weak RF signals from base stations and wireless networks cause adverse health effects.

WHO INITIATIVES

WHO, through the International EMF Project, has established a programme to monitor the EMF scientific literature, to evaluate the health effects from exposure to EMF in the range from 0 to 300 GHz, to provide advice about possible EMF hazards and to identify suitable mitigation measures. Following extensive international reviews, the International EMF Project has promoted research to fill gaps in knowledge. In response national governments and research institutes have funded over $250 million on EMF research over the past 10 years.

While no health effects are expected from exposure to RF fields from base stations and wireless networks, research is still being promoted by WHO to determine whether there are any health consequences from the higher RF exposures from mobile phones.

The International Agency for Research on Cancer (IARC), a WHO specialized agency, is expected to conduct a review of cancer risk from RF fields in 2006-2007 and the International EMF Project will then undertake an overall health risk assessment for RF fields in 2007-2008.

FURTHER READING

ICNIRP (1998) www.icnirp.org/documents/emfgdl.pdf

IEEE (2006) IEEE C95.1-2005 "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz"

6.5.3 Effects of EMF on the Environment (Information Sheet, February 2005)

Levels of electromagnetic fields (EMF) from human-made sources have increased steadily over the past 50-100 years. Most EMF exposures come from increased use of electricity and new technologies. In the past decades, potential adverse effects from EMF exposure on human health have been an important topic of research. However, little has been published about the impact of EMF on the natural terrestrial and aquatic environment.

The World Health Organization (WHO) is addressing this issue through the International EMF Project. One of the Project's objectives is to provide advice to national authorities and others on EMF health and environmental effects and protective measures or actions if needed.

This information sheet summarizes the current scientific understanding on the effects of exposure to EMF fields on the living environment, across the electromagnetic spectrum in the frequency range 0-300 GHz. This range covers all frequencies that are emitted into the environment through use of EMF technology. Recommendations are also given for further research to fill gaps in knowledge needed to better assess EMF environmental impacts.

IS THERE REASON TO WORRY ABOUT ENVIRONMENTAL EFFECTS OF EMF?

Awareness of any environmental impacts of EMF is important to ensure the preservation of terrestrial and marine ecosystems, which form the basis for sustainable development. Protection of the environment and conservation of nature have become matters of great interest to the public, as well as to governments. Such interest is often expressed as concern over possible environmental impacts of large technology projects, such as dams, nuclear power plants, and radiofrequency transmitters. Several projects have been subject to public pressures on environmental grounds, with EMF being one but not necessarily the only issue. For example, a proposed high frequency (HF) radio transmitter for the Voice of America in Israel, which would have been the world's largest radio station, was blocked from construction on environmental grounds, in part related to concerns about potential effects of radio frequency fields on migrating birds.

Public concern about environmental exposure to EMF has ranged from claims of reduced milk production in cows grazing under power lines to damage to trees near high power radars. Such concerns might also affect the development of new technology: several plans have been proposed since the late 1960s for generating electric power in space by orbiting arrays of solar panels. Large amounts of electricity generated by such solar power satellites would be transmitted to sizeable antennas on the ground. In addition to overcoming technical difficulties, this and other new technologies would have to gain public acceptance.

SOURCES OF ENVIRONMENTAL EXPOSURE

Emissions from natural as well as artificial sources make up the EMF environment we live in. **Natural sources**, which include EMF radiation from the sun, the earth, the atmosphere including lightning discharges, account for only a small fraction of the overall EMF emissions in the 0-300 GHz frequency range. **Human-made sources** from major technologies have become an important component of the total EMF emissions into the environment. Relevant sources in the environment include:

- **FM Radio and TV Transmitters:** The strongest radio-frequency fields in most urban areas are associated with radio and TV broadcast services (for more information, see Fact Sheet 183). In urban areas, contributions from mobile phone base stations may reach similar amplitudes.

- **Radar:** Radar systems are used for a variety of tasks, ranging from navigation to aircraft and missile surveillance systems (for more information, see Fact Sheet 226). Wide-spread penetrations are expected from vehicle anti collision radar systems.

- **High Voltage Power Lines:** Power lines deliver electricity (usually at 50 or 60 Hz) and may span hundreds of kilometres (for more information related to their effects on human health, see the WHO Fact Sheets 205, 263).

- **Undersea Power Cables:** Undersea cables are used in Europe (especially in Scandinavia and Greece), Canada, Japan, New Zealand and the Philippines to transfer electric power across water. These sea cables usually conduct very large DC currents of up to a thousand amperes or more.

For most of these sources, substantial EMF only exist adjacent to the source, where they may exceed international guidelines for limiting exposure of people (ICNIRP, 1998). These areas are generally not accessible to the public but may be entered by fauna. Away from the EMF sources, the fields decrease rapidly to intensities below ICNIRP's exposure guidelines.

SUMMARY OF RELEVANT STUDIES

Animals

Most studies of EMF effects in animals have been conducted to investigate possible adverse health effects in humans. These are usually performed on standard laboratory animals used in toxicological studies, e.g. rats and mice, but some studies have also included other species such as like short-living flies for the investigation of genotoxic effects. The subject of this information sheet, however, is whether EMF can have harmful impacts on species of wild and domestic animals. Under consideration are:

- Species, in particular certain fish, reptiles, mammals and migratory birds, which rely on the natural (geomagnetic) static magnetic field as one of a number of parameters believed to be used for orientation and navigational cues

- Farm animals (e.g. swine, sheep or cattle) grazing under power lines (50/60 Hz) or in the vicinity of broadcasting antennas

- Flying fauna, such as birds and insects, which may pass through the main beam of high power radio-frequency antennas and radar beams or through high intensity ELF fields near power lines.

Studies performed to date have found little evidence of EMF effects on fauna at levels below ICNIRP's guideline levels. In particular, there were no adverse effects found on cattle grazing below power lines. However, it is known that flight performance of insects can be impaired in electric fields above 1kV/m, but significant effects have only been shown for bees when electrically conductive hives are placed directly under power lines. Un-insulated un-earthed conductors placed in an electric field can become charged and cause injury or disrupt the activity of animals, birds and insects.

Vegetation

Field studies of 50-60 Hz exposure to **plants and crops** have shown no effects at the levels normally found in the environment, nor even at field levels directly under power lines up to 765 kV. However, the variability of parameters associated with environmental conditions

that affect plant growth (e.g. soil, weather) would likely preclude observation of any possible low-level effects of electric field exposure. Damage to **trees** is well known to occur at electric field strengths far above ICNIRP's levels due to corona discharge at the tips of the leaves. Such field levels are found only close to the conductors of very high voltage power lines.

Aquatic Life

Although all organisms are exposed to the geomagnetic field, marine animals are also exposed to natural electric fields caused by sea currents moving through the geomagnetic field. Electrosensitive fish, such as sharks and rays in oceans and catfish in fresh water, can orient themselves in response to very low electric fields by means of electroreceptive organs. Some investigators have suggested that human-made EMF from undersea power cables could interfere with the prey sensing or navigational abilities of these animals in the immediate vicinity of the sea cables. However, none of the studies performed to date to assess the impact of undersea cables on migratory fish (e.g. salmon and eels) and all the relatively immobile fauna inhabiting the sea floor (e.g. molluscs), have found any substantial behavioural or biological impact.

CONCLUSION

The limited number of published studies addressing the risk of EMF to terrestrial and aquatic ecosystems show little or no evidence of a significant environmental impact, except for some effects near very strong sources. From current in formation the exposure limits in the ICNIRP guidelines for protection of human health are also protective of the environment.

WHAT SHOULD BE DONE?

Environmental studies are needed since any adverse influence of EMF on plants, animals such as birds, and other living organisms, while important in their own right, could also ultimately impact on human life and health. However, much of the existing work in this area has been scattered in approach and uneven in quality. A co-ordinated research agenda that addresses the scientific issues raised by increasing environmental EMF levels does not exist. In view of the facts discussed above, there is no urgent need to give research priority to this field over other health topics. However, while there is a small but active research effort in this area, it would be informative to:

- design bio-effects research with **wildlife species** in mind and aimed at identifying their possible responses to new human-made sources of EMF energy. Appropriate choice of species for study is very important (e.g. birds since they can enter areas of high field strength),

- develop **environmental guidelines** for EMF exposure at different frequencies, drawing on information from well-performed studies. Such guidelines might resemble those developed for human health, but with appropriately adapted thresholds to ensure that EMF levels are below those producing adverse consequences in the environment.

WHERE CAN I FIND MORE INFORMATION?

The following references provide a more in-depth treatment of this subject:

- Matthes R., Bernhardt J., Repacholi M., editors: *Proceedings of the International Seminar on Effects of Electromagnetic Fields on the Living Environment,* Ismaning, Germany, ICNIRP, 2000 (ICNIRP 10/2000).

- Foster K. and Repacholi M. *Environmental Impacts of Electromagnetic Fields From Major Electrical Technologies.* EMF Project report: http://www.who.int/peh-

emf/publications/reports/en/env_impact_emf_from_major_elect_tech_foster_repacholi.pdf

- Matthes R., Bernhardt J., McKinlay A., editors: *Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation,* ICNIRP, 1999 (ICNIRP 7/99). http://www.icnirp.org

- All WHO Fact Sheets are available at http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/fact_english.htm

6.5.4 Intermediate Frequencies (IF) (Information Sheet, Febryary 2005)

Exposure to human-made electromagnetic fields (EMF) has increased over the past century. The widespread use of EMF sources has been accompanied by public debate about possible adverse effects on human health. As part of its charter to protect public health and in response to these concerns, the World Health Organization (WHO) established the International EMF Project to assess the scientific evidence of possible health effects of EMF in the frequency range from 0 to 300 GHz. The EMF Project encourages focused research to fill important gaps in knowledge and to facilitate the development of internationally acceptable standards limiting EMF exposure.

Public concerns have ranged from possible effects of exposure to extremely low frequency (ELF) electric and magnetic fields (e.g. electricity supply including power lines) having frequencies between 0 and 300 Hz to possible effects of exposure to radiofrequency (RF) fields (e.g. microwave ovens and broadcast and other radio-transmission devices including mobile phones) having frequencies in the range 10 MHz - 300 GHz. A large body of scientific research in these two frequency ranges now exists. For the purpose of this document, the intermediate frequency (IF) region of the EMF spectrum is defined as being between the ELF and RF ranges; 300 Hz to 10 MHz. A relatively small number of studies has been conducted on the biological effects or health risks of IF fields. This is due, in part, to the fact that fewer types of devices produce fields in this frequency range. But because these devices now have a high consumer and industrial market penetration, it is important to evaluate their impact on human health. This information sheet addresses the known health effects of IF fields, and offers recommendations for further study.

SOURCES

Common sources of IF fields can be found in the following settings:

- **Industry:** Dielectric heater sealers, induction and plasma heaters, broadcast and communications transmitters,
- **General public:** Domestic induction cookers, proximity readers, electronic article surveillance systems and other anti-theft devices, computer monitors and television sets,
- **Hospitals:** MRI systems, electromagnetic nerve stimulators, electro-surgical units, and other devices for medical treatment,
- **Military:** Power units, submarine communication transmitters and high frequency (HF) transmitters.

Except for medical diagnostic and treatment devices, levels of human exposure from IF devices normally fall below limits recommended by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). However, workers in a few categories (e.g. operators of dielectric heater sealers and induction heaters, some military personnel and technicians working near high powered broadcast equipment) may be exposed to considerably higher levels of IF fields.

HOW EMF AFFECTS THE HUMAN BODY

Several mechanisms, both thermal and non-thermal, by which electromagnetic (primarily, electric) fields can interact with biological systems are well established. The limiting hazard will arise from the adverse effect (thermal or non-thermal) that has the lowest threshold

under given exposure conditions. While strong fields in the upper IF range may cause thermal damage (a relatively slow process that requires tissue to be maintained at high temperatures for a given period of time), some of the most obvious hazards from acute exposure to electric currents in the body may occur through membrane excitation. This non-thermal mechanism results from changes in membrane potential induced by external fields and occurs, for example, in the stimulation of peripheral nerves and muscle cells. Another mechanism is electroporation, which is the reversible or irreversible disruption of cell membranes when a field induces excessive electrical potentials across them. This can provoke tissue injury through electric shock, but is also being investigated for therapeutic purposes by using short electric field pulses to make human tissues more permeable to drugs.

External IF fields can induce these effects inside the human body but only at field strengths many times higher than typical environmental levels.

REPORTED BIOLOGICAL AND HEALTH EFFECTS

Health benefits from electric and magnetic fields have been claimed since the 18th century, and pulsed EMFs in the IF range have found a place in modern medical practice for the treatment of bone healing and nerve stimulation and regeneration. However, concern has been expressed about possible health hazards associated with technology, both at home and in the workplace. These concerns include worker complaints of disturbances (e.g. swelling, prickling of fingers, headaches) and public anxiety about possible adverse health effects of IF fields from computer monitors and televisions. Types of research conducted so far have included:

- **Human studies:** Until now, most epidemiological studies concerning IF exposure have focused on reproductive and ocular effects from the use of computer monitors. Several major reviews have concluded that these, with their extremely weak IF fields, do not constitute a threat to human health and that they do not interfere with reproductive processes or pregnancy outcomes. Also, no association between such exposure and eye abnormalities has been established. A large study on female radio and telegraph operators showed a slight increased risk of breast cancer. However, this group of workers is also exposed to many other factors that could explain this increased risk. The high degree of biological variability and the multitude of EMF parameters make it difficult to reach firm conclusions about the significance of any of these studies for human health. Some of the most important health hazards due to IF sources relate to indirect action of EMF. For example, EMF produced by electronic anti-theft systems may interfere with implanted electronic medical devices (e.g. pacemakers, neurological stimulators).

- **Laboratory studies:** Few reported cellular studies using IF fields have shown independently-confirmed biological effects. Studies on mice have shown no morbidity, change in behaviour or lymphoma development with exposure to low-strength magnetic field signals in the kHz range. Although a few studies of effects on reproduction and development of mice, rats, and chick embryos and a few other studies suggest the possibility of minor skeletal anomalies; overall there is no clear evidence for increased malformations.

Compared to extremely low frequency fields (ELF, which includes AC power frequencies) and radio frequency fields (RF, which includes mobile phone communications), little research has been done of the effects of IF fields. The scientific evidence is not convincing that adverse health effects occur from exposure to IF fields normally found in the living and working environment. This conclusion is partly based on the studies conducted with IF fields but also on the fact that IF fields act on the body in a way similar to ELF and RF fields, depending on the frequency of the IF field.

INTERNATIONAL STANDARDS

ICNIRP is an independent scientific commission formally recognized by WHO that has published guidelines on exposure limits for all EMF in the 0 to 300 GHz frequency range. Exposure guidelines in the IF range have been established from rigorous review of the scientific literature on possible adverse health effects and by extrapolating limits from the ELF and RF ranges, based on coupling of external fields with the body and assumptions about the frequency dependence of biological effects.

WHAT SHOULD BE DONE?

The scientific evidence does not suggest any health risk from IF fields at exposures below the ICNIRP guideline levels. However, there is a need for more high quality research to address uncertainties in current knowledge. The following key areas have been identified for further research:

- **Epidemiological studies:** It is recommended that epidemiological studies be considered only if pilot studies demonstrate the feasibility of gathering high quality exposure data in appropriate highly exposed populations, thereby achieving adequate statistical power and identifying relevant health outcomes.

- **Exposure evaluation:** The degree and type of EMF exposure currently encountered in occupational and domestic settings need to be better characterized. Periodic checks must be made and documented in industrial and other occupational settings where IF fields are used, to ensure that the equipment is operating properly and that exposure guidelines are not exceeded.

- **Animal studies:** Future animal studies should attempt to use exposure conditions that are similar to human exposures from industrial and other sources, and also should explore higher exposure levels. If specific suspect pathways are identified, these studies could be supplemented by cell or tissue studies to clarify how IF fields affect organisms.

- **Biological interaction:**More comprehensive understanding of the biological interaction and hazard thresholds is required to refine exposure guidelines, particularly for pulsed fields or fields with complex waveforms.

- **Dosimetry:** Computer modelling techniques exist that enable the calculation of fields induced inside the bodies of people exposed to IF fields. The most advanced of these techniques employ anatomically realistic computational phantoms. Such methods are particularly appropriate in risk assessment and testing compliance of measured IF fields with exposure limits in a consistent manner. It is important that, where appropriate, female and child phantoms are also considered for use in such assessments.

WHAT IS THE WORLD HEALTH ORGANIZATION DOING ABOUT THE ISSUE?

The WHO's International EMF Project has established a programme to review research results and conduct risk assessments of EMF exposure. It is developing public information materials, and bringing together standards groups world-wide in an attempt to harmonize approaches to the development of EMF exposure standards. Health risks from EMF exposure, including cancer, are being evaluated by WHO in collaboration with the International Agency for Research on Cancer (IARC) – the specialized cancer research agency of WHO – and by ICNIRP.

FURTHER READING

Bernhardt JH, McKinlay AF and Matthes R, editors: Possible health risk to the general public from the use of security and similar devices. Report to the European Commission Concerted Action QLK4-1999-01214, ICNIRP, 2002 (ICNIRP 12/2002). Matthes R., van

Rongen E., Repacholi M., editors: Proceedings of the International Seminar on Health Effects of Exposure to Electromagnetic Fields in the Frequency Range 300 Hz to 10 MHz, Maastricht, The Netherlands, ICNIRP, 1999 (ICNIRP 8/99).

Litvak E, Foster K R and Repacholi M H (2002): Health and safety implications of exposure to electromagnetic fields in the frequency range 300 Hz to 10 MHz. Bioelectromagnetics 23(1): 68-82.

Matthes R., Bernhardt J., McKinlay A., editors: Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation, ICNIRP, 1999 (ICNIRP 7/99) http://www.icnirp.de

6.6 Lijst met relevante websites

6.6.1 Algemene informatie over niet-ioniserende elektromagnetische straling:

- http://www.vito.be/milieu/milieustudies7.htm
- http://www.intec.rug.ac.be
- http://www.bbemg.ulg.ac.be
- http://www.who.int/peh-emf/en/
- Base stations & wireless networks: Exposures & health consequences
- Fact sheet: Electromagnetic fields and public health: Electromagnetic Hypersensitivity
- WHO handbook on "Establishing a Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields"
- 2006 WHO Research Agenda for Radio Frequency Fields [pdf 791kb]
- http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs299/en/index.html

6.6.2 Instellingen voor telecommunicatie:

- http://www.bipt.be (België)
- http://www.anfr.fr (Frankrijk)
- http://www.ofcom.org.uk (Verenigd Koninkrijk)

7 LITERATUURLIJST

[1] Verschaeve L., Decat G. en Maes A. (2004), Inventarisatie van blootstellingsniveaus van niet-ioniserende elektromagnetische straling voor de bevolking in Vlaanderen. DTG/OL200100709/3097/M&G. (http://www.mina.bel/uploads/MG Inventarisatie van blootstellingsniveaus van nis 2004.pdf)

[2] Ministrieel besluit van 07 mei 1987 (B.S. van 14 mei 1987) gewijzigd bij M.B. van 20 april 1988 (B.S. van 06 mei 1988).

[3] KB 10 augustus 2005. Koninklijk besluit houdende de normering van zendmasten voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz. Belgisch Staatstblad N. 2005 – 2394 (C-2005/22777) van 22 september 2005, Ed. 2, pp.41189 – 41193.

[4] Vlaamse Regering (2004), Kwaliteitsnorm voor het binnenmilieu i.v.m. het ELF magnetisch veld (11 juni 2004: Besluit van de Vlaamse Regering houdende maatregelen tot bestrijding van de gezondheidsrisico's door verontreiniging van het binnenmilieu. B.S. 19.10.2004 p. 72555).

[5] IEC-norm 335-2-25 (1988) voor de lekstraling van huishoudelijke microgolfovens

[6] EC Council Recommendation (1999), COUNCIL RECOMMENDATION of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) *(1999/519/EC)*.

[7] Directive 2004/40/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from Electromagnetic fields

[8] ICNIRP (1994), Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. Helath Physics January 1994, Vol. 66, Nr 4, pp

[9] ICNIRP (1998), Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics Vol. 74, No 4, pp 494-522, 1998. http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf.

[10] Belgisch Staatsblad van 070/9/1993: KB (N. 93 – 2082 van 27/8/93) i.v.m. straling van beeldschermen

[11] SWEDAC, Swedish Board for Technical Accreditation. (1990) User handbook for evaluating visual display units. Stockholm. MPR 1990: 10, 1990-12-13, 1990.

[12] Wertheimer N. and Leeper E. (1979), Electrical wiring configurations and childhood cancer. Am. J. Epidemiol. 1979; 109(3):273-84.

[13] Ahlbom A, Day N, Feychting M. et al (2000), A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. Br. J. Cancer 2000; 83(5):692-8

[14] Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. (2000). A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Epidemiology 2000; 11(6):624-34.

[15] Decat G., Peeters E., Smolders R., (2003), Tijdsreeks en GIS-model om de blootstelling van de bevolking aan het 50 Hz magnetisch veld gegenereerd door bovengrondse hoogspanningslijnen in kaart te brengen. VMM, MIRA/2003/05. November 2003, p. 1 – 55. (http://www.vmm.be/servlet/be.coi.gw.servlet.MainServlet/standard?toDo=open&id=3102&&)

[16] IARC (2002), Non-ionizing radiation, part1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum* 80:1-429.

[17] Gezondheidsraad Nederland: Commissie Radiofrequente straling (1997). Radiofrequente elektromagnetische velden (300 Hz – 300 GHz). Bijlag E: Elektromagenetische interferentie van pacemakers, pp. 97 – 99.

[18] IRPA/INIRC International Non-ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association Guidelines (1990) Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields. Health Physics Vol. 58, Nr 1 January 1990.

[19] UNEP/WHO/IRPA (1987) United Nations Environment Programme/World Health Organization/International Radiation Protection Association. Envrionmental Helath criteria 69. Magnetic fields. Geneva: World Health Organsition: 1987

[20] Moss A.J. and Cartensen E. (1985) Evaluation of the effect of the electric field on implanted cardiac pacemakers. Palo Alto. CA: Electric Power Research Institute EPRI-EA 3917: 1985.

[21] Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE) (1991). Sicherheit in elektromagnetischen Feldern. Schutz von Personen im Frequenzbereich von 30 kHz bis 300 GHz. Entwurf VDE 0848 Teil 2 1991.

[22] CENELEC (1995). European Committee for Electrotechnical Standartization. Safety of implantable cardiac pacemakers. Brussels: CENELEC, 1995 (European standard EN 50061-/A1).

[23] TC106X/DE0025/NP. Safety in electric, magnetic and electromagnetic fields Part 3-1: Protection of persons with active implantable medical devices in the frequency range from 0 Hz to 300 GHz

[24] BBEMG site**:** www.bbemg.ulg.ac.be

[25] MIRA (2003) Milieu- en natuurrapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2003, 2.21 Niet-ioniserende straling, Decat G., Martens L., Olivier C., Bossuyt M. Vlaamse Milieumaatschappij, http://www.milieurapport.be of rechtstreeks web: http://www.vmm.be/servlet/be.coi.gw.servlet.MainServlet/standard?toDo=open&id=1524&&

[26] Polk C. (1974), Propagation amplitude and temporal variation of extremely low frequency (0-100Hz) electromagnetic fields. In Biological and clinical effect of low-frequency magnetic and electric fields. Llaurao JG, Sances A, Jr, and Battocletti JH, eds. Springfield,, Thomas Publisher.

[27] Hoes W. (2005), Karakteriseren van RF-blootstelling van WLAN toepassingen. Eindwerk uitgevoerd bij VITO voor het behalen van graad van Industrieel Ingenieur.

[28] Beveiligingssystemen vlieghaven: http://www.advancesecurity.dk & http://www.detectorcentor.it

[29] MIVB – Maatschappij voor het Intercommunaal Vervoer te Brussel (2003) Activiteitenverslag 2003.

[30] Hanoco R. (1979) De Metrorijtuigen te Brussel. MIVB – Maatschappij voor het Intercommunaal Vervoer te Brussel. 17 oktober 1979. Weissenbruch n.v., Drukker des Konings te Brussel

[31] CITELEC http://www.citelec.org/nl/faq.php#1

[32] NMBS Jaarverslag 2004: http://www.b-rail.be/corp/N/assets/pdf/2004_activity_nl.pdfIn 2004