

# **INVENTARISATIE VAN BLOOTSTELLINGSNIVEAUS VAN NIET- IONISERENDE ELEKTROMAGNETISCHE STRALING VOOR DE BEVOLKING IN VLAANDEREN, LITERATUURSTUDIE**

## **Eindrapport**

**Nummer van de opdracht: DTG/OL200100709/3097/M&G**

Verschaeve Luc, Decat Gilbert, Maes Annemie

Vito, Milieutoxicologie (TOX) en Integrale Milieustudies (IMS)

Boeretang 200

B-2400 Mol

1. Inleiding .....	5
2. Wat zijn niet ioniserende stralen? .....	6
3. Beknopte situering van het probleem .....	15
4. Inventarisatie van de NIS-bronnen .....	17
4.1. Inleiding .....	17
4.2. Inventarisatie .....	17
4.2.1 Algemeen overzicht van de bronnen van niet ioniserende stralen.....	17
4.2.2 Medische toepassingen van niet ioniserende stralen .....	19
4.3. Huishoudelijke NIS –bronnen in Vlaanderen .....	23
5. NIS metingen in Vlaanderen en elders .....	26
5.1. Natuurlijke E- en B-velden .....	26
5.2. Extreem lage frequenties.....	27
5.2.1 50 Hz magnetische inductieveld (B-veld) van individuele bronnen.....	27
5.2.2 Blootstelling aan het 50 Hz magnetisch veld in woningen onder hoogspanningslijnen .....	37
5.2.3. Electrisch en magnetisch veld van hoogspanningslijnen in open ruimte .....	42
5.2.4 Magnetisch veld van ondergrondse hoogspanningskabels .....	47
5.2.5 Magnetisch veld van laagspanningscabines en transformatoren .....	48
5.2.6 Blootstellingen in het verkeer .....	49
5.2.7 Samenvatting.....	53
5.2.8 De 0,4 $\mu$ T blootstellingscontour .....	55
5.3. Intermediaire frequenties .....	59
5.4 Radiofrequenties .....	62
5.4.1 Radio & TV.....	62
5.4.2 Mobiele telefonie .....	63
5.5. Ultrageluid .....	80

5.6. Samengestelde frequenties .....	80
5.6.1 Probleemstelling en toepassingen .....	80
6. Biologische effecten van NIS en in het bijzonder hun potentiële impact op de gezondheid van de mens .....	84
6.1. Inleiding .....	84
6.2. Statische elektromagnetische velden .....	85
6.2.1 Algemeen .....	85
6.2.2 Lipoatrophia semicircularis .....	85
6.3. Elektromagnetische velden met extreem lage frequenties (ELF) .....	90
6.3.1 Inleiding .....	90
6.3.2 Kanker risico .....	91
6.3.3 Genetische effecten .....	94
6.3.4 Effecten op de voortplanting .....	94
6.3.5 Andere schadelijke biologische effecten .....	94
6.4. Intermediaire frequenties .....	96
6.4.1 Inleiding .....	96
6.4.2 Elektronische interacties met de mens (IEASMA, 2000; Bernhardt et al., 2002) ...	96
6.5. Radiofrequenties .....	97
6.5.1 Inleiding .....	97
6.5.2 Enkele voorafgaandelijke kanttekeningen .....	97
6.5.3 Overzicht van gepubliceerd en aan de gang zijnde onderzoek .....	99
6.5.4 Conclusie met betrekking tot de stand van zaken in het onderzoek naar GSM straling .....	109
6.5.5 Enkele kanttekeningen bij de actuele situatie .....	110
6.5.6 Internationale syntheserapporten .....	111
6.5.7 ALARA, voorzorgsprincipe en “Prudent Avoidance” .....	114
6.6. Ultrageluid .....	116
6.6.1 Thermische effecten .....	116

6.6.2 Effecten van niet thermische werkingsmechanismen .....	118
6.6.3 Conclusie i.v.m. effecten van ultrageluid .....	118
7. Toetsing van de meetgegevens aan de biologische (gezondheids-) effecten en aanbevelingen .....	120
7.1. Inleiding .....	120
7.2. Statische velden .....	120
7.3. Extreem lage frequenties.....	121
7.4. Intermediaire frequenties .....	122
7.5. Radiofrequenties .....	122
7.6. Ultrageluid .....	123
7.7. Algemene aanbeveling.....	123
8. Is aanpassing van sommige van de richtlijnen of normen nodig? .....	126
9. Referenties .....	130

# 1. Inleiding

Dit rapport behandelt de bronnen, blootstelling en gezondheidseffecten van niet ioniserende stralen (NIS) die in Vlaanderen voor de bevolking van belang zijn.

Aangezien de vraag vanwege AMINAL uitsluitend betrekking heeft op de **frequenties gelegen tussen 0 en 300 GHz** zullen zichtbaar licht, infrarood straling en UV-straling *niet* aan bod komen. Er werd tevens de nadruk gelegd op het feit dat het niet de bedoeling is de bronnen en blootstellingen aan NIS in het beroepsmilieu te behandelen. We leggen ons daarom uitsluitend toe op de voor de ‘**algemene bevolking**’ belangrijke bronnen van NIS. Hierbij willen we echter wel wijzen op enkele minder voor de hand liggende bronnen die we ook, zij het summier, in dit werk hebben opgenomen:

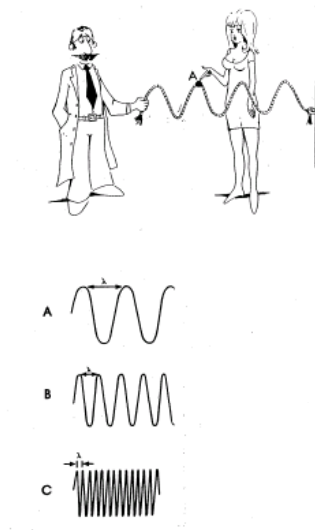
- a) Bronnen van NIS in medische toepassingen (dus waaraan ‘patiënten’ en niet het medisch personeel kunnen blootstaan)
- b) Blootstelling via het uitoefenen van een lasactiviteit (hobbyisten en doe-het-zelvers). Lasapparatuur is immers een bron van statische en ELF-velden (benevens een bron van UV en chemische verontreiniging).
- c) Ultrageluid (UG). UG maakt fysisch niet deel uit van de niet ioniserende stralen maar wordt vaak wel daarmee geassocieerd aangezien veel van de eigenschappen gelijkenissen met NIS vertonen. Ultrageluid zal daarom, zij het minder uitvoerig, ook behandeld worden.

Voor dit rapport hebben we de hierna weergegeven indeling gevolgd:

- Wat zijn niet ioniserende stralen?
- Beknopte situering van het probleem
- Inventarisatie van de NIS-bronnen
- NIS-metingen in Vlaanderen
- Biologische effecten van NIS en in het bijzonder hun potentiële impact op de gezondheid van de mens
- Toetsing van de meetgegevens aan de biologische (gezondheids-)effecten en aanbevelingen

## 2. Wat zijn niet ioniserende stralen?

Als een touw aan de muur wordt bevestigd en men het aan het andere uiteinde aan een op en neerwaartse beweging onderwerpt dan zal het touw bewegen volgens een golfpatroon. De afstand tussen twee pieken wordt de golflengte genoemd (in meters) en de tijd die nodig is om van een piek over te gaan tot een volgende is de frequentie (in Hz = aantal cycli per seconde) (zie figuur 1). Wanneer men snelle op en neerwaartse bewegingen uitvoert zal de golflengte kort zijn (fig. 1c) en is de kracht op de vasthechting in de muur vrij groot. Bij langzame op en neerwaartse bewegingen is de golflengte veel groter (fig. 1a) en is de uitgeoefende kracht klein.



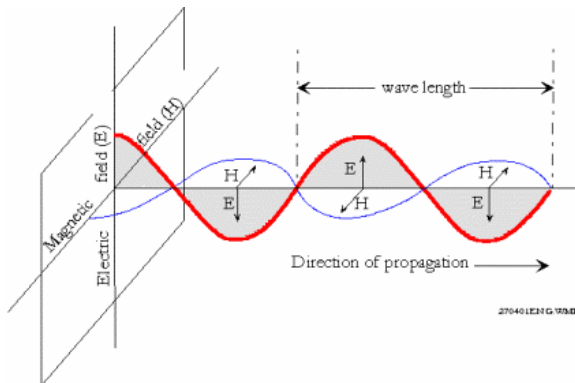
*Figuur 1: Elektromagnetische' straling' wordt gekarakteriseerd door de golflengte, frequentie (Hz) en energie.*

Elektromagnetische straling (velden) kan daarmee vergeleken worden. Men dient zich een onzichtbaar *energiepakket* voor te stellen (een foton) dat zich volgens een golfpatroon voortbeweegt in de ruimte met een snelheid die (doorgaans) gelijk is aan die van het licht. Bij een grote golflengte zal dat foton een lage frequentie hebben en eveneens een kleine foton energie. Bij een kleine golflengte heeft men een grotere frequentie en energie. Het is duidelijk dat hoog energetische straling een grotere impact (effect) heeft op materialen waarop de straling 'botst' dan wanneer de energie zwak is [het touw uit figuur 1 zal gemakkelijker de kram uit de muur rukken].

Elektromagnetische velden worden echter niet alleen beschreven als een zich voortbewegend energiepakket (corpusculaire theorie) maar ook als een zich voortbewegende geheel van twee 'invloedszones' die (op voldoende afstand van de bron) loodrecht op mekaar staan en ook loodrecht op de propagatierichting: één is het elektrisch veld (E), het andere is het magnetisch veld (H) (figuur 2).

Kort bij de bron (vb. antenne) zijn het elektrisch en magnetisch veld niet gekoppeld (men moet ze allebei kennen wil men het veld karakteriseren); op een behoorlijke afstand van de bron zijn beide velden gekoppeld en volstaat het de sterkte van één veld te kennen om ook het andere te kennen. Hier zal men pas echt van

elektromagnetische straling kunnen spreken (golfbeweging zoals hoger aangegeven) eerder dan van een elektromagnetisch veld.



Figuur 2: elektromagnetische straling

Om de elektromagnetische velden of ‘straling’ op een correcte manier te situeren en te karakteriseren wordt, vooraleer de bronnen te identificeren en te inventariseren, een kort overzicht gegeven van de juiste nomenclatuur en kenmerken van de EMV.

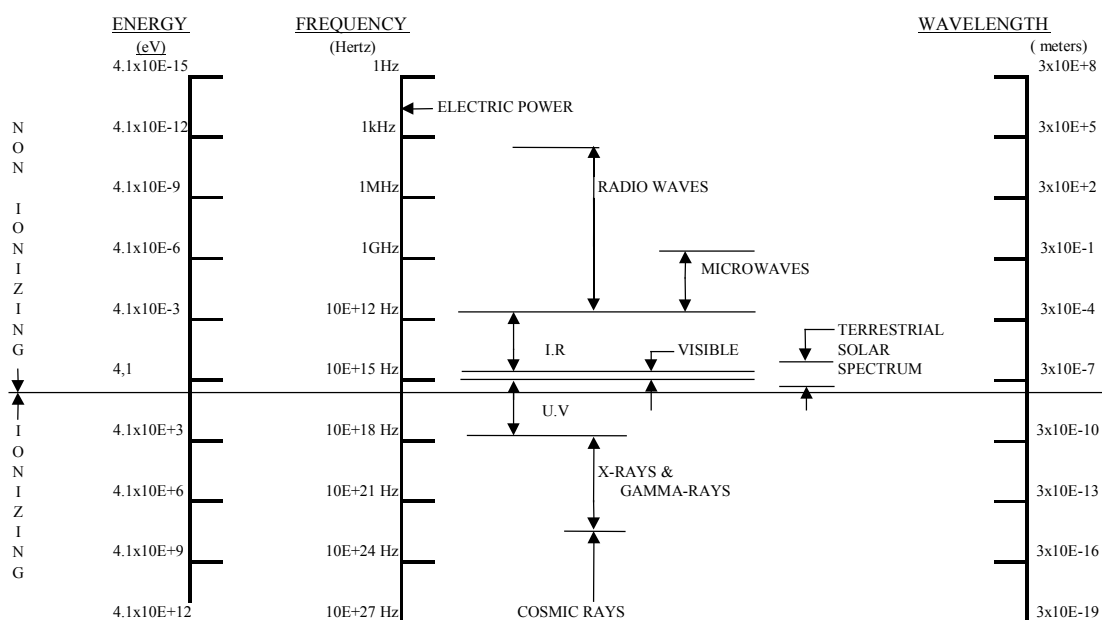
Samenvattend kan gesteld worden dat in het kader van de gezondheidsfysica het elektromagnetisch spectrum op basis van de fotonenergie verdeeld wordt in twee brede stralingsgebieden nl. *ioniserende* (fotonenergie  $12,4 \text{ eV} \cong 1,987 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ ) en *niet-ioniserende* straling (NIS). Zonder op de ioniserende straling verder in te gaan is het vermeldenswaardig dat ultraviolette straling (UV) 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 die kleiner zijn dan  $295 \text{ nm}$  ( $10^{-6} \text{ mm}$ ) in de bovensten lagen van de atmosfeer geabsorbeerd (uitgefilterd) worden en dat er daarenboven maar enkele UV-bronnen (sommige lasersoorten) zijn die bij ioniserende golflengtes werken.

De voornaamste algemene fysische eigenschappen van NIS worden in tabel 1 samengevat.

Golflengtes ( $\lambda$ )	100 nm tot 300 000 km
Frequenties ( $f$ )	3,0 PHz tot 1 Hz
Fotonenergie (Joule)	$1,987 \cdot 10^{-18} \text{ J} - 6.6 \cdot 10^{-34} \text{ J}$

Tabel 1: Belangrijkste algemene eigenschappen van NIS

Elektromagnetische straling/velden kunnen dus een heel spectrum van frequenties/golflengtes/energieën hebben. Dit wordt aangegeven door het elektromagnetisch spectrum (figuur 3).



Figuur 3: Het elektromagnetisch spectrum omvat verschillende types 'straling' gaande van extreem lage frequenties (hoogspanningslijnen) tot ioniserende straling (X-,  $\gamma$ -stralen).

Extreem lage frequenties (ELF), radiofrequenties (RF) en microgolven (MG) hebben een betrekkelijke lange golflengte ( $\lambda$ ), een lage frequentie ( $f$ ) en lage fotonenergie (eV of J). Hetgeen vaak verwarrend overkomt is dat de indeling van het NIS-spectrum op twee conventies gebaseerd is: de ene beschouwt MG-en als een subset van het RF-spectrum terwijl de andere ze als onafhankelijk beschouwt (tabel 2).

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 =  $10^{-9}$  eV), peV: pico-eV (1 p =  $10^{-12}$  eV)

*Tabel 2: Fundamentele kenmerken per frequentiegebied.*

Tabel 3 geeft een verder overzicht van de 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

*Tabel 3: Nomenclatuur per frequentie en frequentieband*

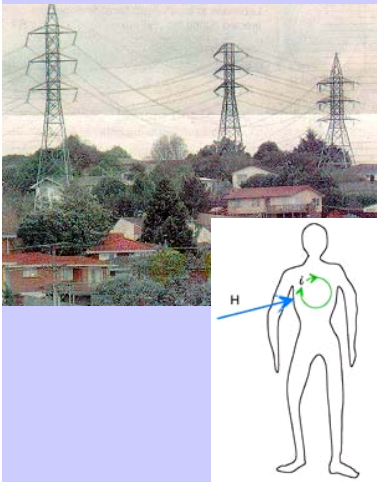
De elektromagnetische velden tussen 0 en 300 GHz die in dit werk worden behandeld omvatten dus statische velden (0 Hz) zoals het magnetisch veld van de aarde of velden van elektrostatische ontladingen, elektrische en magnetische velden opgewekt door het elektriciteitsnet (50 Hz), en radiogolven van TV, radio en het mobiele telefoonnetwerk, radar en satelliet communicatie. Tot de hogere frequenties behoren bv. UV stralen en ioniserende stralen. Zoals de naam het aangeeft hebben ioniserende stralen door de grote fotonenergie (>12 eV) het vermogen om (biologische) materialen te ioniseren wat betekent dat chemische bindingen tussen moleculen en atomen doorbroken kunnen worden en bv. DNA, het erfelijk materiaal van cellen, kan worden aangetast. Daarom zijn ioniserende stralen schadelijk voor de mens (en bv. kankerverwekkend). De elektromagnetische stralen/velden waar wij het hier over hebben zijn niet ioniserende stralen wat betekent dat zij per definitie onvoldoende (foton)energie hebben om biologisch materiaal rechtstreeks aan te tasten.

De frequentierange (0-300 Hz) wordt doorgaans in zijn geheel als extreem lage frequentie beschouwd. Golflengten zijn zeer groot (enkele duizenden meters). Bij deze frequentie bevinden we ons altijd in het nabije veld, waar E en H veld niet gekoppeld zijn. Het elektrisch veld zal bij een ‘normale’ blootstelling (vb. door nabijheid van een elektrisch apparaat of hoogspanningslijn) het lichaam slechts in beperkte mate binnendringen. Het magnetisch veld dringt het lichaam wel geheel binnen en zal er elektrische stromen kunnen opwekken (figuur 4). Dit betekent dat eventuele biologische effecten van ELF-straling (velden) verwacht worden op te treden als gevolg van het magnetische veld eerder dan van het elektrische veld. Vandaar dat de meeste aandacht gaat naar magnetische ELF-velden en dat de dosimetrie (maat voor de blootstelling) uitgedrukt wordt in termen van dat magnetische veld H, of correcter de magnetische inductie B die gemeten wordt in Tesla (of microtestla) ( $\mu\text{T}$ ). De magnetische inductie geeft de waarde van het magnetisch veld weer rekening houdend met de karakteristieken van het medium waarin het veld zich bevindt ( $B=\mu.H$ ).

Radiofrequenties kunnen het lichaam binnendringen en zullen energie aan de betreffende weefsels toevoegen. Deze energie wordt omgezet in warmte zodat radiofrequenties thermische effecten kunnen hebben (cf. microgolfoven). Men neemt echter aan dat er ook niet thermische effecten kunnen optreden maar het is nog niet duidelijk of niet thermische effecten al dan niet gezondheidsbedreigend kunnen zijn (vb. het “zien” is een niet thermisch effect van invallend zichtbaar licht (een vorm van niet ioniserende straling) op de retina. Dit is een duidelijk biologisch effect waarvan men ongetwijfeld zal aannemen dat het de gezondheid niet schaadt (tenzij bij te hoge lichtintensiteiten).

Aangezien het belangrijkste effect van radiofrequenties op biologisch materiaal de energieabsorptie is wordt een ‘dosis’ uitgedrukt in Watt/kg (energieabsorptie = SAR of Specific Absorption Rate; of *Specifiek Absorptie Tempo*). Dit is echter een maat die zo goed als niet gemeten kan worden. Voor bepaling van de stralingsblootstelling die bv. wordt veroorzaakt door een nabije antenne van het mobiele telefoonnetwerk wordt daarom niet de SAR als maat gehanteerd maar wel andere parameters zoals V/m of W/m<sup>2</sup>, etc. Normen worden ook in deze eenheden uitgedrukt. Zij geven de basisrestricties weer die ervoor zorgen dat een bepaalde SAR-waarde die niet mag worden overschreden het inderdaad niet zal zijn zolang men beneden de aangegeven waarden blijft.

**EXTREEM LAGE FREQUENTIES: ELF**



Thermische effecten worden niet verwacht

Elektrische velden worden afgeschermd

Magnetische velden induceren secundaire stromen in het lichaam

⇒ dosimetrie:

(μ)T eerder dan V/m

*Figuur 4: enkele kenmerken van ELF- elektromagnetische velden*

In tabel 4 worden de belangrijkste toepassingsgebieden van de hier beschouwde niet ioniserende stralen (0-300 GHz) weergegeven.

Frequentie	Golflengte	Frequentieband	Toepassing
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Statische oplading en ontlading</li> <li>- DC* vermogengeneratoren</li> <li>- NMR (nucleaire magnetische</li> </ul>

0 Hz	$\infty$	Statische velden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- resonantie)</li> <li>- MRI (magnetic resonance imaging of beeldvorming door magnetische resonantie)</li> <li>- Elektrolyseprocessen</li> </ul>
1 Hz	300 000 km	Extreem lage frequenties (ELF)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Systemen voor productie en transport van elektriciteit</li> <li>- Elektrische treinen</li> <li>- Lasuitrusting</li> <li>- Inductieovens</li> <li>- Alle elektrische industriële, medische, wetenschappelijke en huishoudelijke machines en apparaten</li> </ul>
300 Hz	1000 km		
		+	
3 kHz	100 km	Intermediaire frequenties	- Inductieverwarmers
30 kHz	10 km		- Anti-diefstalsystemen
100 kHz	3 km		- AM-radio
3 MHz	100 m		- Inductieverwarmers
		Radiofrequenties (RF) en microgolven	- Anti-diefstalsystemen
30 MHz	10 m		- RF-verhitters
300 MHz	1 m		- FM-radio
			- Televisie
3 GHz	10 cm		- Mobiele telefoons en basisstation
			- Huishoudelijke en industriële microgolfovens
			- UMTS
			- Wireless LAN (wi-fi)
30 GHz	1 cm	- Radar	
300 GHz	1 mm	- Radar	

\* DC = direct current

*Tabel 4: Samenvatting van frequentiebanden en toepassingsgebieden*

Bij industriële en radartoepassingen worden de frequentiebanden nog onderverdeeld in letterbanden (tabel 5). Ofschoon deze indeling vaak toegepast wordt is ze niet universeel aanvaard. Naast deze letterbanden worden ook specifieke frequenties toegekend voor industriële (industrial), wetenschappelijke (scientific) and medische (medical) [ISM] toepassingen.

Letterband	Frequentiegebied (MHz)
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

*Tabel 5: Nomenclatuur van de letterbanden in het microgolfgebied*

In tabel 6 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. Bij deze frequenties mag onbeperkt worden uitgezonden (alleen voor de microgolfoven bestaan emissienormen) zodat in de onmiddellijke omgeving van dergelijke bronnen sterke velden kunnen 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 –10 kW effectief uitgestraald vermogen), WLAN enz..

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

*Table 6: ISM-frequenties*

Tot slot van dit hoofdstuk geeft tabel 7 een overzicht van de meest relevante grootheden en eenheden van de elektromagnetische velden.

<b>Kenmerk</b>	<b>Symbol</b>	<b>Grootheid</b>	<b>Eenheid</b>
Frequentie	F	Hertz	Hz
Golflengte	$\lambda$	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/m <sup>2</sup> of Wm <sup>-2</sup>
Stroomdichtheid	J	Ampère per vierkante meter	A/m <sup>2</sup> of Am <sup>-2</sup>
Specifiek absorptietempo (Specific absorption rate)	SAT (SAR)	Watt per kilogram	W/kg
Geleidbaarheid	$\sigma$	Siemens per meter	S/m
Elektrische weerstand	$\Omega$	Ohm per meter	$\Omega$ /m
Permeabiliteit	$\mu$	Henry per meter	H/m of Hm <sup>-1</sup>
Permeabiliteit in luchtledige	$\mu_0$	$\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6}$ H/m	
Permittiviteit	$\epsilon$	Farad per meter	F/m of Fm <sup>-1</sup>
Permittiviteit in luchtledige	$\epsilon_0$	$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m	
Lichtsnelheid in luchtledige	c	$c = 2,997 \cdot 10^8$ m/s in	

*Tabel 7: Grootheden en eenheden van elektromagnetische velden*

### 3. Beknopte situering van het probleem

Behalve in de voormalige Sovjet-Unie en andere Oost Europese landen werd tot voor 1979 weinig aandacht besteed aan de mogelijke effecten van niet ioniserende stralen op de menselijke gezondheid. Rapporten die gezondheidsproblemen beschreven na excessieve blootstelling aan radargolven, of ongevallen met microgolven, staken sporadisch wel de kop op maar er bestond niets dat geleek op de ongerustheid die zich naderhand is gaan manifesteren, in het bijzonder betreffende hoogspanningslijnen en mobiele telefonie. De snelheid waarmee steeds nieuwe NIS-toepassingen op grote schaal op onze samenleving worden ‘lossgelaten’ en zich aan reeds bestaande toepassingen toevoegen is niet vreemd aan de zich ontwikkelende ongerustheid van het publiek.

Wat hoogspanningslijnen betreft is het de studie van Wertheimer en Leeper (1979) die het vuur aan de lont heeft gestoken. Deze onderzoekers vonden, in vergelijking met een overeenstemmende controlegroep, een verhoogd risico voor leukemie bij kinderen die in de buurt van hoogspanningskabels woonden. De blootstelling werd geëvalueerd aan de hand van de *wire code*, dit is een schatting op basis van de aanwezige elektrische bedrading en installaties in en nabij de woning. De studie vond fervente aanhangers maar werd ook zeer sterk bekritiseerd en was de aanleiding tot tientallen nieuwe onderzoeken en discussies die nu al meer dan 20 jaar duren. Nog steeds is het laatste woord hierover niet gezegd.

Mobiele telefonie vond zijn intrede op het einde van de jaren 80, begin jaren 90. Zoals elke nieuwe technologie werd draadloze communicatie althans door een deel van de bevolking met argusogen gevolgd en nam de ongerustheid toe. Men sprak nl. openlijk over *straling* wat, na bijvoorbeeld de kernramp in Tsjernobyl, bijna vanzelfsprekend alarmerend moest zijn. Het is dan ook niet echt verbazend dat een eerste rechtszaak in 1992 in de Verenigde Staten werd aangespannen tegen een mobiel telefoonbedrijf. Een man beweerde immers dat zijn vrouw een hersentumor had gekregen als gevolg van het geregeld gebruiken van een mobiele telefoon. De rechtszaak werd niet gewonnen maar maakte zoveel ophef, ook in Europa, dat de ongerustheid alleen maar kon toenemen en zich verspreiden, o.a. via de media. De actie van pressiegroepen en ook de houding van (sommige) operatoren en overheden draagt bij tot de blijvende ongerustheid. Het feit dat diverse landen bv. tot geheel andere blootstellingsnormen besluiten is op zijn minst intrigerend (vb. mensen die in Rome wonen en aan een norm van 6V/m onderhevig zijn maar bestraald worden door antennes van Vaticaanstad waar de norm 42V/m is denken dat zij een groter risico lopen. Wie in Vaticaanstad woont denkt dat zij onvoldoende beschermd zijn want een veel strengere norm in Italië “zal toch wel zijn redenen hebben”).

Het gebruik van bronnen van niet ioniserende stralen neemt alsmaar toe voor vele diverse toepassingen. ‘*Intermediaire frequenties*’ worden vaak toegepast in antidiefstalsystemen, o.a. in grootwarenhuizen en bibliotheken. De laatste jaren worden er ook hierover vragen gesteld (en soms worden er ziektebeelden mee geassocieerd).

Alhoewel sommige toepassingen ongetwijfeld gunstig zijn (oproepen van hulpdiensten of gebruik in kankertherapieën) is het duidelijk dat ongerustheid zal blijven en steeds weer de kop zal opsteken van zodra nieuwe toepassingen een groot gebruikerspubliek zullen kennen. Dit is meteen de reden waarom een inventarisatie van NIS-bronnen in Vlaanderen en een risico evaluatie belangrijk zijn.



## 4. Inventarisatie van de NIS-bronnen

### 4.1. Inleiding

Blootstelling aan niet ioniserende straling gebeurt via natuurlijke en door de mens geïntroduceerde bronnen.

Natuurlijke bronnen zijn statische en tijdsvariërende velden die ons als kosmische straling bereiken of omwille van het dynamo-effect van de aarde, of ook bv. bij bliksem, worden opgewekt.

Er wordt van uitgegaan dat de mens van deze natuurlijke bronnen geen bijzondere hinder ondervindt. Per slot van rekening is de hele menselijke evolutie in aanwezigheid van deze velden gebeurd. Van veel groter belang zijn de door de mens toegevoegde NIS-bronnen die in hoofdzaak tijdsvariërende velden betreffen. Sinds meerdere tientallen jaren beslaan de door de mens toegevoegde velden een nagenoeg onbegrensde reeks van toepassingen die praktisch alle NIS-frequenties beslaat.

### 4.2. Inventarisatie

#### 4.2.1 Algemeen overzicht van de bronnen van niet ioniserende stralen

In het voor dit werk weerhouden frequentiegebied kunnen in hoofdzaak, behalve de natuurlijke niet ioniserende stralen de volgende NIS bronnen voor de bevolking van betekenis zijn:

❖ Extreem lage frequenties (en statische velden)

Hoogspanningslijnen  
Elektrische apparatuur (vb. in de keuken)  
Bijzondere apparatuur (vb. lastoestellen)  
Velden gegenereerd door elektrisch aangedreven voertuigen  
Medische toepassingen

❖ Intermediaire frequenties

Antidiefstalsystemen  
Identificatiesystemen

❖ Radiofrequenties

Radar en radarinstrumenten voor verkeerscontrole  
Radio en TV  
Mobiele telefonie (handset en antennes van basisstations)  
'wireless LAN' (WLAN ook vaak gewoonweg wi-fi genoemd)  
Het ASTRID-communicatie netwerk van de politie

## Medische toepassingen

### ❖ Ultrageluid

Medische toepassingen  
Diagnostisch  
Therapeutisch  
Chirurgisch  
Ultrasoon baden  
Ultrasoon luchtbevochtigers

De motivatie om de 'WLAN' als NIS-bron te inventariseren is omdat (1) het gebruik ervan zowel thuis als op kantoor een ongebreidelde toename kent, (2) er vooral bij de jeugdige PC-gebruiker (gevoelige groep naar gezondheid en consumptie toe), een grote drang bestaat naar al wat draadloos is, en (3) last but not least de blootstelling aan de emissies van deze technologie tot nu toe nog niet gekarakteriseerd werd.

Voor het inventariseren van de aangehaalde NIS-bronnen van de politiediensten gelden ongeveer dezelfde motieven als voor WLAN:

- de radarbundel van de verschillende systemen (speedguns, multinova's, flitspalen enz.) is niet gekarakteriseerd en bovendien is niets over de bevolkingsblootstelling noch over de risico's ervan gekend (er zijn wel rapporten van verhoogd risico op teelbalkanker bij agenten die speedguns hanteren; Davis & Mostofi, 1993).

- voor wat het ASTRID-communicatiesysteem betreft is ook de blootstelling van de bevolking onvoldoende gekend. Wel zijn er theoretische blootstelingsgegevens voor handen die het gevolg zijn van simulatiestudies. Volgens deze studies wordt de Belgische norm zeker gerespecteerd.

Omwille van de vrij recente ontwikkelingen en/of aanpassingen van deze technologieën zijn noch de microgolfbundel, noch de blootstelling en de risico's ervan tot op heden gekarakteriseerd. Deze inventaris zou bijgevolg een eerste stap in deze richting kunnen zijn.

Ultrageluid maakt strikt genomen geen deel uit van de niet ioniserende stralen. Omdat het ook om een frequentiegebonden propagatie van golven (in dit geval geluid) gaat en de karakteristieken daarom tot op zekere hoogte gelijk zijn aan deze van NIS dachten wij dat het opportuun was ultrageluid mee in de inventaris van NIS-bronnen op te nemen.

De hoger aangehaalde bronnen van NIS zullen later uitvoeriger besproken worden. Hierna volgt wel reeds een korte bespreking van de voornaamste medische toepassingen van NIS omdat die verschillende frequentiedomeinen beslaan en zeker kwantitatief onvoldoende gekarakteriseerd zijn om verder uitvoerig besproken te worden.

In dit hoofdstuk worden vervolgens ook de verschillende NIS bronnen waarmee de bevolking via huishoudelijke en andere toepassingen in aanraking komt opgelijst. De

bespreking van niet huishoudelijke bronnen (aanwezigheid van hoogspanningslijnen, antidiefstalsystemen in warenhuizen, GSM zendmasten, e.d. komen in het volgende hoofdstuk ('metingen') aan bod en zullen hier dus niet in extenso behandeld worden.

## 4.2.2 Medische toepassingen van niet ioniserende stralen

### 4.2.2.1 Gepulseerde extreem lage frequenties

Er bestaat een toepassingsgebied van niet ioniserende stralen waar de bevolking zich niet echt druk om maakt al is een vrij belangrijke blootstelling zeker niet uitgesloten; het betreft de toepassing van deze elektromagnetische straling voor therapeutische (of esthetische) doeleinden. In het bijzonder kennen we reeds geruime tijd de toepassing van NIS van extreem lage frequenties (<300 Hz) voor het versnellen van beenvorming (bv. voor de behandeling van slecht genezende beenfracturen). De behandelingstijden van deze (gepuleerde) elektromagnetische straling (PEMF<sup>1</sup>) varieert doorgaans van 20 minuten tot 8 à 10 uur. Deze behandelingstijd is afhankelijk van de gebruikte parameters en de ernst van de te behandelen aandoening. Aangebrachte velden zijn ook zeer variabel zodat geen algemene schatting kan gegeven worden van de blootstelling. De behandeling heeft succes in meer dan 70% van de gevallen (significante verbetering t.o.v. een behandeling zonder deze PEMF) (Basset, 1993; Hinsenkamp, 1994).

Behalve deze toepassingen vinden PEMF echter ook nog vele andere toepassingen Dit is bv. het geval voor de klinische behandeling van andere musculoskeletale of orthopedische afwijkingen, voor reumatologische aandoeningen, ruggegraatbehandeling, zachte weefsel regeneratie, zenuw herstel, endocriene ophthalmopathie<sup>2</sup>, de beïnvloeding van de secretie van bepaalde hormonen (cf. melatonine), hartstimulatie en versteviging van de hartspier en kankertherapie. Vele van deze toepassingen bevinden zich echter nog in een experimenteel stadium en het is zeer de vraag hoeveel personen (behalve het behandelend medisch personeel) aan elektromagnetische velden als gevolg van deze toepassingen blootstaan en aan welke veldintensiteiten. Hierover werden geen gegevens vrijgegeven.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van enkele van de meest voorkomende toepassingen van PEMFs in klinische omstandigheden.

ZIEKTE, AFWIJKING, of CONDITIE	VERBETERING	VERSLECHTERING	GEEN VERANDERING
beenvorming	+		

1 Men spreekt van gepuleerde electromagnetische straling wanneer de straling niet continu is maar alternerend aanwezig en onderbroken wordt gedurende een bepaalde tijd.

2 Endocriene ophthalmopatie is een autoimmune afwijking die zich karakteriseert door specifieke oogontstekingen en verplaatsing van de oogbal.

Kanker	+		
Congenitale pseudoarthrose <sup>3</sup>	+		
Coronaire bescherming	+		
Depressie	+		
Endocriene ophthalmopathie <sup>1</sup>	+		
Heup arthroplastie <sup>4</sup>	+		
Zenuwen	+		+
Neuroendocrien systeem			+
Neurologische afwijkingen	+		
Osteoarthritis <sup>5</sup>	+		
Osteotomie <sup>6</sup>	+		
Pijn	+	+	+
“non union” beenfracturen	+		
Gewrichtsverstoringen	+		
Laterale epicondylitis <sup>7</sup>			+
beenzweren	+		+
Ziekte van Perthes <sup>8</sup>			+

---

3 Pseudoarthrose: “onecht” gewricht aan het einde van twee beenstukken (vb. na beenbreuk) waarbij de stukken niet door botweefsel met elkaar vergroeid zijn doch door een zachte kraakbeenachtige tussenmassa wat tot een sterk verminderde bruikbaarheid leidt.

4 Arthroplastie: vervanging van het gewricht; in dit geval de heup.

5 Arthritis (gewrichtsontsteking) die zich tot het bot uitstrekt.

6 Operatie waarbij een been wordt doorgebeiteld, bv. om een misvorming of verkromming op te heffen.

7 laterale knobbel (epicondylus) door frequent gebruik van de spieren (vb. tennisarm).

8 Ossificatiestoornis met effect op de bloedsomloop.

Reumatoïde artritis <sup>9</sup>	+		
Pijn in het bekken	+		

*Tabel 8: Samenvatting van succesvolle of onsuccesvolle resultaten van klinische condities waarbij PEMF's –blootstellingen werden toegepast (Shupak et al., 2004)*

Hetzelfde geldt voor de toepassing van radiofrequenties in de geneeskunde. Diathermie<sup>10</sup> (bv. voor de behandeling van sommige vormen van kanker) wordt al jaren experimenteel toegepast, maar deze methode komt blijkbaar toch niet echt van de grond. Aan de Katholieke Universiteit te Leuven worden radiofrequenties gebruikt voor de behandelingen van talrijke aandoeningen, gaande van reumatische aandoeningen tot niet opereerbare tumoren (vb. levertumoren). In tegenstelling tot de toepassing van PEMFS waar vaak geen contact wordt gemaakt tussen de bron van (elektro-)magnetische velden en de patiënt, tenzij via op de huid aangebrachte elektroden, gaat het hier vaak om operatief ingebrachte microgolffbronnen die rechtstreeks in contact komen met de te behandelen zone van het lichaam. De therapie lijkt heel goede toekomstperspectieven te hebben (de tumor wordt bv. ‘weggebrand’ zonder het omliggende weefsel (tenzij in geringe mate) te vernietigen, er zijn geen (of minder) nevenverschijnselen van klassieke chemo- of radiotherapie (die soms volledig zijn weggelaten, of in het andere geval beperkter worden toegediend), verminking van het lichaam is beperkt (slechts kleine operatieve ingreep i.p.v. een agressieve ingreep – bv. bij de behandeling van borsttumoren), enz. Toch gaat het hier ook om grotendeels experimentele ingrepen die nog niet veralgemeend zijn. Een inschatting van het aantal op deze manier behandelde personen in Vlaanderen is onmogelijk; ook de verantwoordelijke arts kan hierover geen uitspraak doen (persoonlijke mededeling, Prof. Dr. B. Topal, K.U.Leuven, U.Z. Gasthuisberg).

Behalve de hoger genoemde toepassingen in de kliniek maakt tegenwoordig ook de kinesitherapie veelvuldig gebruik van NIS voor talrijke behandelingen. Er bestaat tegenwoordig een grote waaier van toepassingen (magnetotherapie e.d.) en zelfs via TV-aankoop kan de particulier toestellen aankopen die via NIS aangewend worden tegen cellulitis, in vermageringsprogramma's, e.d. Op dit ogenblik is het onmogelijk hierop een duidelijk zicht te hebben; noch van het aantal kinesisten die daarvan gebruik maken, noch van het aantal personen dat zich hiermee laat behandelen, noch van de aangeschafte toestellen, hun frequentie, vermogens, enz.

#### **4.2.2.2 Ultrageluid (Bly & Harris, 1992)**

Geluid wordt gedefinieerd als een vorm van mechanische energie of de snelle beweging van moleculen. Geluid beweegt in golven die energie transporteren vanaf een geluidsbron (vb. de stem) naar een ontvanger (vb. het oor). Wanneer de moleculen naar mekaar toe komen spreekt men van *compressie*, in het andere geval van *rarefactie* (O'Brien 1992). De term ultrageluid refereert dus naar mechanische vibratiefenomenen. Die treden op bij een frequentie die zich boven de limiet van het menselijke gehoor

<sup>9</sup> Chronische gewrichtsreuma.

<sup>10</sup> Toepassing van hoogfrequente elektrische stroom voor doorwarming van zieke organen.

situeert. Deze frequentie ligt rond de 16 kHz. De bovenste limiet wordt doorgaans op 100 GHz vastgesteld al situeert de werkelijke limiet zich, voor zover wij ons tot de blootstelling van de mens beperken, rondom 20 MHz.

In tegenstelling tot elektromagnetische straling zal ultrageluid afhankelijk zijn van materie; de ultrageluidsgolven kunnen zich niet voortzetten in het vacuüm. Geluid vereist dus een medium waarin het zich voortbeweegt; dit kan een gas, vloeistof of een vaste stof zijn. Ultrageluid kan zich bijgevolg in het menselijk lichaam voortbewegen en daar eventueel biologische effecten genereren (zie verder).

Blootstelling van de mens gebeurt in belangrijke mate via medische ingrepen, voor diagnose, therapie of chirurgie, maar tegenwoordig nemen ook de blootstellingen toe in het huishouden via de introductie van een aantal “huishoudelijke” toepassingen. Er zijn uiteraard ook professionele toepassingen en blootstellingen mogelijk maar deze vallen buiten het kader van dit overzicht.

#### 4.2.2.2.1 Diagnostische blootstelling

De belangrijkste blootstelling van de mens gebeurt bij behandeling voor diagnostische doeleinden. Diagnostisch ultrageluid wordt gebruikt voor onderzoek van nagenoeg elk lichaamsdeel maar het belangrijkste gebruik is ongetwijfeld in de obstetrica, cardiologie en onderzoek van zachte weefsels in het abdomen. Nagenoeg elke zwangere vrouw laat zich tegenwoordig één of meerdere keren aan ultrageluid blootstellen.

Diagnostische systemen introduceren ultrasone energie in het lichaam op continue wijze (CW Doppler) of in korte pulsen van bv. 1-10µs. De frequentie is doorgaans 2-10 MHz.

#### 4.2.2.2.2 Therapeutische blootstelling

Ultrageluid wordt, behalve voor diagnostische doeleinden ook aangewend in de therapie, i.h.b. als behandelingsmethode van arthritis, bursitis<sup>11</sup>, spierspasmen, traumatische zachte weefsel schade en sommige collageenziektes. De behandeling is bedoeld om pijn te verlichten, stijfheid weg te werken en herstel te bespoedigen. Voor die doeleinden is de behandeling te verkiezen boven bv. diathermie omwille van de mogelijke verhitting op matige diepte in een gelokaliseerd weefselvolume. Ultrageluidbronnen voor therapeutische doeleinden werken bij frequenties van 0.75 tot 3 MHz. Typische *effectieve intensiteiten*<sup>12</sup> gedurende therapie situeren zich tussen 0.2 en 1 W/cm<sup>2</sup> al is de trend tegenwoordig van naar lagere intensiteiten over te gaan. Het ultrageluidsvermogen is 1 à 5 W. Er worden oppervlakken tot 10 cm<sup>2</sup> behandeld. Aangezien het embryo gedurende de eerste 10 weken zeer gevoelig is t.o.v.

---

11 Ontsteking v.e. slijmbeurs door aanhoudelijk plaatselijke wrijving, stoten of drukken.

12 Ruimtelijke gemiddelde intensiteit die wordt bekomen door het ultrageluid vermogen te delen door het effectief blootgesteld gebied (ERA = effective radiating area)

temperatuurstoename moet de therapeut in geval van gebruik van therapeutisch ultrageluid zeer voorzichtig zijn. (Bly & Harris, 1992).

Tenslotte is er ook nog een toepassing van ultrageluid in de chirurgie. Stenen in de nieren en urineblaas worden bv. met akoestische golven behandeld. Een andere belangrijke toepassing is de behandeling van glaucoom via inductie van focale laesies door verhitting met ultrageluid. Er worden intensiteiten van om en bij de  $10 \text{ kW/cm}^2$  gebruikt en maximale totale vermogens van ongeveer 75 W.

#### 4.2.2.3 Andere blootstellingen

De bevolking wordt, behalve als gevolg van medische toepassingen ook nog aan andere ultrageluidsbronnen blootgesteld. Zo bestaat er tegenwoordig een ultrasoon bad voor personen met mobiliteitsproblemen ( $30 \text{ kHz}$ ;  $20\text{-}80 \text{ mW/cm}^2$ ) of op ultrageluid gebaseerde luchtbevochtigers (enkele  $\text{W/cm}^2$ , in het MHz gebied). Er bestaan ook toestellen op basis van ultrageluid om materialen (vb. sieraden) te reinigen.

#### 4.2.2.3 Radiofrequenties

Ook radiofrequenties worden voor medische toepassingen gebruikt al zijn alle toepassingen op dit ogenblik nog steeds in een experimenteel stadium. Diathermie is daar wellicht het oudste voorbeeld van. Hier wordt later wat verder op ingegaan.

## 4.3. Huishoudelijke NIS –bronnen in Vlaanderen

De bronnen van elektromagnetische velden (EMV) die van enige betekenis zijn voor de blootstelling van de mens aan elektromagnetische velden tijdens de dagelijkse activiteiten voor huishoudelijke doeleinden zijn afgeleid uit het huishoudcomfortonderzoek. Deze gegevens worden voor België en de gewesten op de websites van het Nationaal Instituut voor de Statistiek gepubliceerd voor verschillende perioden:

- voor heel België van 1995 tot en met 2001
- voor Vlaanderen van 1995 – 1998

Tabel 9 geeft een overzicht van de meest relevante huishoudelijke en aanverwante EMV-bronnen die uit de tabellen van het huishoudcomfortonderzoek in Vlaanderen geselecteerd werden.

Een vermelding van 0% vermeld slaat op het feit dat de verschillende apparaten niet hetzelfde zijn in de verschillende tabellen. Er zijn er die weggelaten zijn, nieuw zijn bijgekomen of er werd een andere onderverdeling van bepaalde apparaten gemaakt.

Omdat het huishoudcomfortonderzoek voor Vlaanderen beperkt is tot de gegevens van 1998 en dat van België tot 2001 loopt wordt eveneens het huishoudcomfortonderzoek van België voor de periode 1995 – 2001 in tabel 10 gegeven.

Uit vergelijkbare gegevens tussen Vlaanderen en België werd berekend dat de goederen en aldus de EMV-bronnen in Vlaanderen gemiddeld 1,5% hoger liggen dan in België. Volgens deze verdeelsleutel komt bijvoorbeeld 62,90% diepvriezen in 2001 in België overeen met  $(62,9 + 1,5)$  64,4% diepvriezen in 2001 in Vlaanderen.

Bij toepassen van deze correctie wordt in figuur 5 een schatting gegeven van het verloop van het gemiddeld percentage huishoudens in Vlaanderen met de in tabel 9 aangehaalde huishoudelijke EMF-bronnen.

EMV-bron	EMV-soort	Voorkomen 1995/1996	Voorkomen 1996/1997	Voorkomen 1997/1998
Cassettespeler	B-veld (DC + ELF)	71,6%	66,8%	68,2%
CD-speler	B-veld (DC + ELF)	57,8%	59,3%	61,2%
Combinatie koelkast/vrieskast	B-veld (ELF)	39,0%	36,7%	31,5%
Combinatie wasmachine/droger	B-veld (ELF)	0,0%	0,0%	1,1%
Diepvriezer	B-veld (ELF)	70,4%	68,9%	69,9%
Droogkast	B-veld (ELF)	56,0%	58,5%	56,6%
Elektrisch fornuis	B-veld (ELF)	62,3%	62,0%	64,3%
Elektrische naaimachine	B-veld (ELF)	57,4%	53,9%	53,7%
Fax	B-veld (ELF)	0,0%	0,0%	13,3%
Gsm	E-veld (RF)	0,0%	0,0%	8,4%
Hifi-installatie	B-veld (DC)	73,1%	76,1%	75,0%
Internetaansluiting	B-veld (ELF)	0,0%	0,0%	6,1%
Kabelaansluiting	B-veld (ELF)	0,0%	0,0%	92,7%
Kleurentelevisie	B-veld (ELF)	97,3%	96,3%	96,8%
Koelkast	B-veld (ELF)	72,9%	72,4%	74,2%
	B-veld (ELF)			
Microgolfoven	Microgolfflekstraling bij 2450 MHz	60,1%	62,6%	67,6%
	B-veld (ELF)			
	B-veld (VLF)			
PC	E-veld (VLF)	31,4%	38,8%	36,9%
Stofzuiger	B-veld (ELF)	98,7%	97,7%	98,6%
Strijkijzer	B-veld (ELF)	98,2%	98,0%	97,5%
Vaatwasmachine	B-veld (ELF)	31,7%	32,4%	34,7%
	B-veld (ELF)			
	B-veld (VLF)			
Videocamera	E-veld (VLF)	13,4%	17,2%	18,1%
	B-veld (ELF)			
	B-veld (VLF)			
Videospeler	E-veld (VLF)	71,4%	72,6%	71,8%
Wasmachine	B-veld (ELF)	92,7%	91,1%	90,9%
	B-veld (ELF)			
Zonnebank	UV	10,9%	9,8%	12,0%

- DC: direct current om aan te geven dat het om een statisch veld (0 Hz) gaat
- ELF: extreme low frequency (30 – 300 Hz)
- Lekstraling: is de microgolfflekstraling met een frequentie van 2450 MHz
- RF: radiofrequency in de brede zin van het woord (inclusief
- VLF: very low frequency (3 kHz – 30 kHz)

*Tabel 9: Evolutie van de meest relevante huishoudelijke bronnen van EMV-en in Vlaanderen (1995 – 1998)*



%huishoudens in het bezit van de opgesomde goederen	1995/1996	1996/1997	1997/1998	1999	2000	2001
Televisie	94,80%	95,10%	95,90%	93,50%	93,70%	94,80%
Videorecorder	70,30%	70,30%	72,00%	73,30%	74,60%	74,50%
Videocamera	15,40%	17,80%	18,60%	16,50%	16,80%	18,20%
Hifi-installatie	72,20%	73,80%	74,10%	73,10%	75,80%	77,60%
Afzonderlijke cd-speler*	56,40%	56,20%	59,80%	47,40%	36,90%	37,00%
PC	28,10%	35,60%	34,90%	45,30%	47,30%	48,70%
Aansluiting op internet *			4,80%	13,50%	24,10%	29,20%
Vaste telefoonaansluiting	96,00%	97,10%	93,50%	87,90%	84,00%	85,70%
Gsm*			10,00%	30,70%	47,50%	63,00%
- enkel telefoon*						34,10%
- enkel gsm*						11,40%
- vaste telefoonaansluiting en gsm*						51,60%
- vaste telefoonaansluiting of gsm*						97,10%
Wasmachine	89,40%	89,60%	89,10%	83,60%	84,00%	88,50%
Droogtrommel	64,40%	68,10%	67,70%	59,40%	65,70%	54,30%
Microgolfoven	54,10%	59,00%	64,20%	68,20%	69,50%	73,90%
Vaatwasmachine	32,90%	35,60%	37,30%	38,30%	39,40%	42,10%
Diepvries	61,90%	63,90%	63,70%	55,90%	57,30%	62,90%
<i>Gemiddeld België</i>	<i>58,35%</i>	<i>60,88%</i>	<i>61,75%</i>	<i>60,71%</i>	<i>62,41%</i>	<i>63,55%</i>
<b>Gemiddelde Vlaanderen</b>	<b>59,85%</b>	<b>62,38%</b>	<b>63,25%</b>	<b>62,21%</b>	<b>63,91%</b>	<b>65,05%</b>

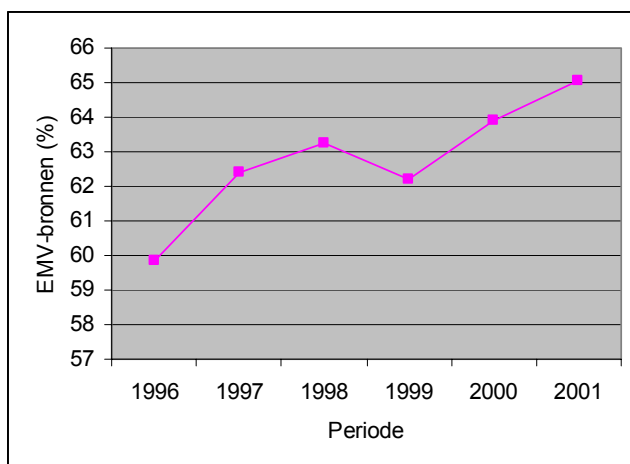
(a) Paraboolantenne.

(b) Teledistributie.

(c) Mobilhome.

\* niet in de berekening van het gemiddelde opgenomen

Tabel 10: Evolutie van de meest relevante huishoudelijke bronnen van EMV-en in België (1995 – 2001)



Figuur 5: Evolutie van de EMV-bronnen in Vlaanderen over de periode 1996 – 2001.

Voor de periode 1996 - 1998 stijgt het aantal huishoudens met deze EMV-bronnen van ongeveer 60% tot iets meer dan 63%. Na de terugval van 1999 is er weer een substantiële toename tot 65%. Het blijft echter een open vraag of de 35% resterende huishoudens die deze elektrische apparaten niet bezitten aan minder grote EMV-en blootgesteld worden dan zij die wel over deze goederen beschikken. In dit opzicht moet men naar blootstelling toe rekening houden met het feit dat de veldsterkte van huishoudelijke apparaten vaak afneemt met de derde macht van de afstand ( $1/r^3$ ). Bijgevolg bereikt de veldsterkte op een korte afstand haar backgroundniveau en hebben de mensen vaak geen last van te hoge blootstelling tijdens hun normale activiteiten thuis.

## 5. NIS metingen in Vlaanderen en elders

### 5.1. Natuurlijke E- en B-velden

Typische waarden van *natuurlijke bronnen* worden hieronder weergegeven al dient men zich te realiseren dat deze veldkarakteristieken aanzienlijk van de ene geografische locatie tot de andere kunnen variëren. Deze cijfers geven aan dat blootstelling aan natuurlijke bronnen grotendeels statische velden betreft. De tijdsvariërende velden zijn immers vele orden van grootte kleiner.

#### Electrisch veld

- Statisch veld :
  - Normaal weer:  $130 \text{ V m}^{-1}$
  - Bliksem:  $3 - 20 \text{ kV m}^{-1}$
- 50/60 Hz -veld:  $10^{-4} \text{ V m}^{-1}$

#### Magnetisch veld

- Statisch:  $30 - 70 \text{ } \mu\text{T}$  ( $\sim 45 \mu\text{T}$  in Vlaanderen)
- 50/60 Hz veld:  $10^{-6} \text{ } \mu\text{T}$

Zoals eerder aangegeven zijn de elektromagnetische velden die worden geacht belangrijk te zijn in termen van mogelijke gezondheidsrisico's de door de mens aan zijn milieu toegevoegde velden.

Hierna wordt een evaluatie gegeven van de graad van blootstelling van de bevolking. Waar cijfers voor handen zijn zal specifiek ingegaan worden op de bevolking in Vlaanderen; in het andere geval wordt cijfermateriaal gebruikt voor België, Europa of de "wereldbevolking".

Vooraleer hierop in te gaan is het nuttig er op te wijzen dat de intensiteit van de elektromagnetische velden sterk afneemt met de afstand tot de bron en wel zo dat achtergrondwaarden reeds bekomen worden op een afstand van slechts enkele meters van

de bron. Voor slechts enkele toepassingen kunnen significante blootstellingen optreden op aanzienlijke afstand van de bron. Dit is het geval voor hoogspanningslijnen waar de aanwezige velden ongewild maar ook onvermijdelijk zijn, en voor sommige toepassingen van telecommunicatie, i.h.b. radio, TV en mobiele telefonie. Hier zal de “straling” opzettelijk grote afstanden vanaf de bron bestrijken.

## **5.2. Extreem lage frequenties**

In de volgende paragraaf trachten we een beeld te schetsen van de globale veldsterkte die in de woning die ver en nabij hoogspanningslijnen of laagspanningscabines of transformatieposten gelegen is. Daar de netspanning in de woning (220 – 230 V) te zwak is om een 50 Hz elektrische veld van enige betekenis te generen, dat daarenboven gemakkelijk afgezwakt of volledig geblokkeerd wordt door muren en alle andere hindernissen, wordt alleen het 50 Hz magnetisch veld verder besproken.

### **5.2.1 50 Hz magnetische inductieveld (B-veld) van individuele bronnen**

Tabel 11 geeft een overzicht van de B-veld gemeten op een afstand van 5, 30 en 50 cm van de belangrijkste huishoudelijke elektrische apparaten (zie ook tabel 13).

Apparaat	B-veld ( $\mu\text{T}$ ) i.f.v. afstand tot bron		
	5 cm	30 cm	50 cm
bijzetradiator	5,5	0,4	0,2
broodrooster	5	0,4	0,0
dampkap	6	1	0,5
droogzwierder	3	0,4	..
elektrisch fornuis	57	2,5	0,5
groentenmixer	70	10	-
haardroger	18	1	0,2
microgolfoven	35	2,5	0,5
overhead projector	30	2	0,5
printer	0,25	0,05	0,0
scheerapparaat	10	2	-
strijkijzer	6	0,16	-
TV-toestel	2	0,25	0,0
PC-scherm	0,4	0,1	0,0
Luidsprekers			
- AC	0,05	0,02	0,0
- DC	50	40 (BG)	40 (BG)
koffiezetapparaat	0,8	0,04	0,0
bureaulamp	0,2	0,04	0,0
AC/DC Converter	34	1	0,25
Radio			
- AC	0,1	0,03	0,0
- DC	150	40 (BG)	(BG)
Radiowekker	3	0,04	0,01
Koelkast	0,5	0,05	0,0
Gemiddelde (AC)	19	1,6	0,25
Mediaan (AC)	6	0,7	0,2

- gegevens niet beschikbaar; AC: alternating current (wisselstroom); DC: Direct current (gelijkstroom),  
 BG: backgroundniveau  
 Bron: Vito, 2001

*Tabel 11: B-veld ( $\mu\text{T}$ ) van enkele courante huishoudelijke elektrische apparaten*

### 5.2.1.1 Blootstellingsschatting in de woning

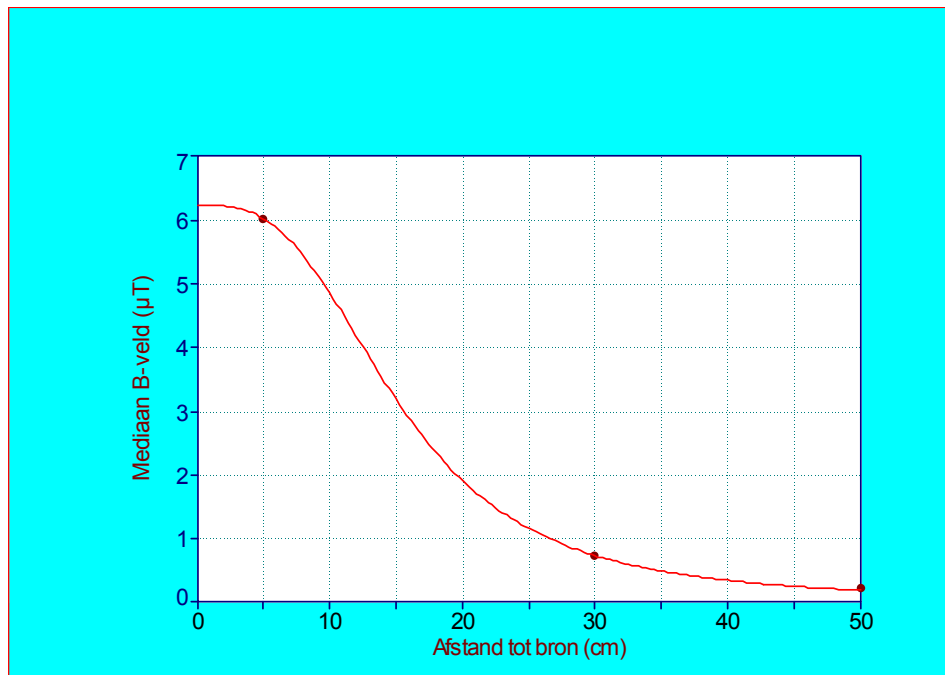
In de veronderstelling dat  $0,7 \mu\text{T}$  de mediane veldsterkte is als bv. alle keukenapparaten gelijktijdig werken en dat de gemiddelde background (apparaten af of in een ander woonvertrek) in een woning  $0,02 \mu\text{T}$  bedraagt, dan geeft tabel 12 de blootstelling weer indien we 1, 25, 50, 75 en 100% van de tijd blootgesteld werden aan een veldsterkte van  $0,7 \mu\text{T}$ .

Percentage tijd blootgesteld aan $0,7 \mu\text{T}$	Totale blootstelling aan B-veld ( $\mu\text{T}$ )
1	0,027
25	0,20
50	0,35
75	0,53
100	0,70

*Tabel 12: Blootstelling aan EM-velden vanwege keukenapparatuur*

Indien men 1% van de tijd blootgesteld wordt aan een mediane veldsterkte van 0,7  $\mu\text{T}$  heeft men een totale tijdgeïntegreerde blootstelling opgelopen van 0,027  $\mu\text{T}$ . Bij 25% bedraagt dit 0,2  $\mu\text{T}$  enz.

Om een schatting te maken van de globale of allesomvattende afname van de veldsterkte in functie van de afstand tot de bron werd uitgegaan van de mediaanwaarden (wordt minder beïnvloed door extreme waarden dan het gemiddelde) die respectievelijk op de verschillende afstanden van de bron gevonden (tabel 12) worden (figuur 6).



Figuur 6: globale afname van het AC B-veld i.f.v. de afstand tot de bron

Zoals formule [1] aantoont neemt de mediane veldsterkte af met de derde macht ( $1/x^3$ ) van de afstand:

$$B_{(\mu\text{T})} = \frac{1}{a + bx^3} \quad (r = 0,9999) \quad [1]$$

In deze formule is:

$B_{(\mu\text{T})}$  = mediaan magnetisch inductie veld op afstand  $x$

$a$  = de intercept

$b$  = de hellingscoëfficiënt

$x$  = afstand tot de bron

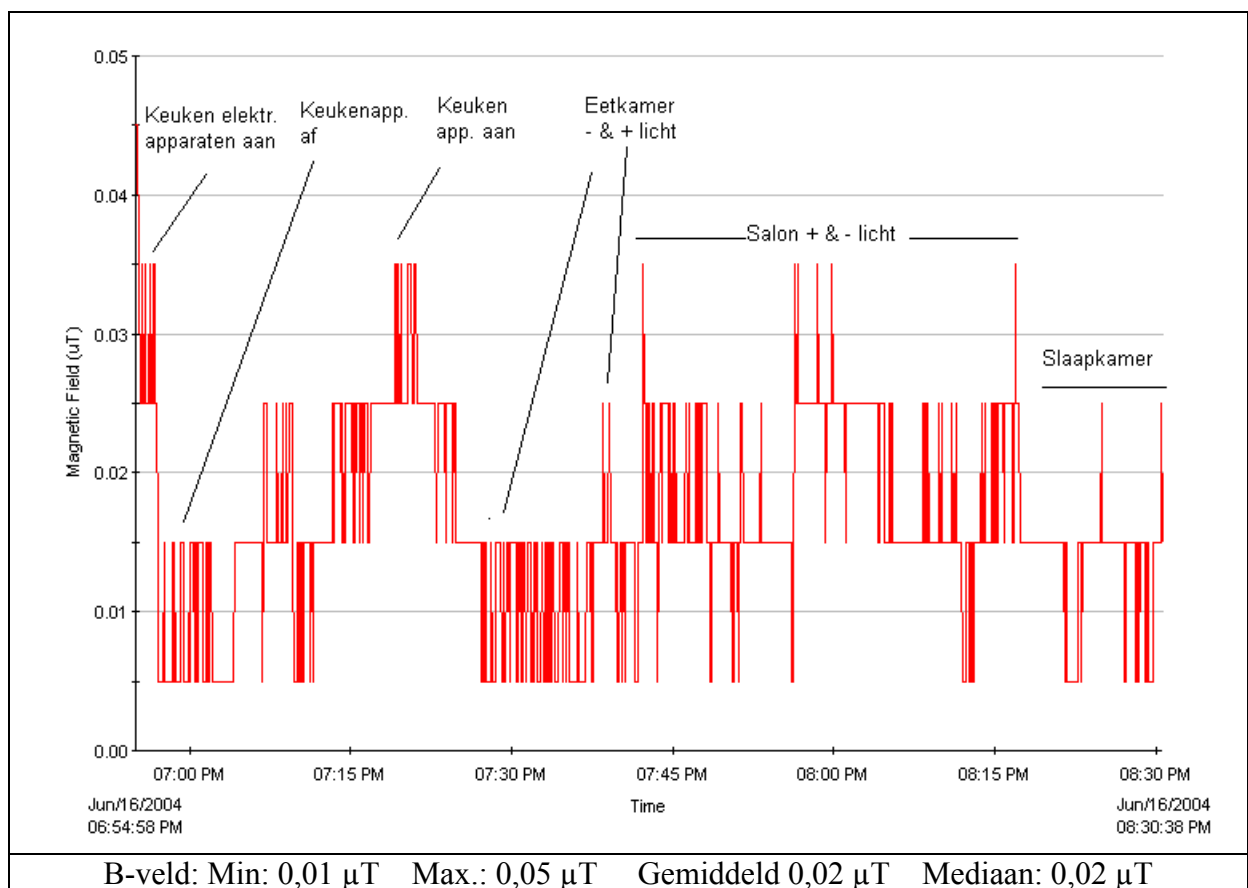
$r$  = de correlatiecoëfficiënt voor goodness of fit

De afname van het B-veld van huishoudelijke apparaten met  $1/r^3$  komt overeen met de gegevens van de literatuur dat het B-veld van huishoudelijke apparaten afneemt met  $1/r^3$ . (het B-veld van één lijnbron neemt met  $1/r$ , van twee of drie evenwijdige geleiders (cfr hoogspanningslijnen met  $1/r^2$ ).

Tabel 13 geeft de variatiebreedte van het B-veld op een afstand van 30 cm van de overeenkomstige bron (BBEMG-website, 2004).

### 5.2.1.2 Globale blootstelling

Figuur 7 geeft een overzicht van de globale veldsterkte die heerst in een woning die ver van alle elektriciteitsinfrastructuur verwijderd is.



*Figuur 7: globale blootstelling in woning ver verwijderd van elektriciteitsinfrastructuur (bron: Vito, 2004)*

<b>Plaats en apparaat</b>	<b>B-veld (<math>\mu\text{T}</math>)</b>
<b>• Keuken</b>	
<b>Broodrooster</b>	<b>0,06 tot 0,7</b>
<b>Vaatwasmachine</b>	<b>0,6 tot 3</b>
<b>Koffiezetapparaat</b>	<b>0,08 tot 0,15</b>
<b>Kookplaat</b>	<b>0,35 tot 0,1</b>
<b>Koelkast</b>	<b>0,01 tot 0,25</b>
<b>• Living</b>	
<b>Stereoketen</b>	<b>0,19</b>
<b>Televisie</b>	<b>0,04 tot 0,2</b>
<b>• Washok/werkplaats</b>	
<b>Strijkijzer</b>	<b>0,12 tot 0,3</b>
<b>Boormachine</b>	<b>2 tot 3,5</b>
<b>Wasmachine</b>	<b>0,15 tot 3</b>
<b>Zaag</b>	<b>1 tot 25</b>
<b>Droogkast</b>	<b>0,08 tot 0,3</b>
<b>• Badkamer</b>	
<b>Scheerapparaat</b>	<b>15 tot 1500</b>
<b>Haardroger</b>	<b>6 tot 2000</b>
<b>Slaapkamer</b>	
<b>Elektrisch deken</b>	<b>0,3 tot 5</b>
<b>Nachtlampje</b>	<b>2</b>
<b>Elektrische wekker</b>	<b>0,5 tot 1</b>
<b>• Andere plaatsen</b>	
<b>Gloeilamp</b>	<b>2</b>
<b>Stofzuiger</b>	<b>2 tot 20</b>
<b>Elektrische vloerverwarming</b>	<b>8 tot 12</b>
<b>Energieteller</b>	<b>0,6 tot 3,5</b>
<b>Halogeenlamp</b>	<b>0,17</b>
<b>Elektrische radiator</b>	<b>0,15 tot 5</b>
<b>Ventilator</b>	<b>0,03 tot 4</b>
<b>Verdeelbord</b>	<b>4 tot 5</b>

Bron: BBEMG website, 2004 (<http://www.bbemg.ulg.ac.be/>)

Tabel 13: B-veld ( $\mu\text{T}$ ) van huishoudelijke elektrische apparaten op 30 cm van de bron. Minimum en maximumwaarden worden gegeven; deze stemmen overeen met metingen die werden uitgevoerd bij verschillende types toestellen).

Het B-veld van figuur 7 werd in verschillende vertrekken van de woning nl. in de keuken, de eetkamer, het salon en de slaapkamer geregistreerd. De allesomvattende gemiddelde background bedraagt 0,02  $\mu\text{T}$ . De bijdrage van het in werking stellen van elektrische keukenapparaten (elektrisch vuur, microgolfoven, koffiezet, vaatwasmachine, koelkast, bakoven) verhoogt de globale backgroundveldsterkte ter hoogte van de keukentafel waar de personen eten (= 1 tot 1,5 m van apparaten) tot 0,035  $\mu\text{T}$ . Daar de veldsterkte van de apparaten afneemt met  $1/r^3$  moet men al vrij dicht bij een elektrisch keukenapparaat staan/zitten om aan de epidemiologische drempel van 0,4  $\mu\text{T}$  blootgesteld te worden. Door toepassing van  $1/r^3$  op de gegevens van tabellen 10 en 11 kan gemakkelijk de 0,4  $\mu\text{T}$  afstand van elk apparaat berekend worden.

### 5.2.1.3 PC

Het alomtegenwoordige gebruik van de PC zorgt ook voor een verhoogde blootstelling aan elektromagnetische straling. PC's produceren zelf slechts geringe hoeveelheden elektromagnetische straling maar het scherm produceert tamelijk wat magnetische velden tenzij het om de nieuwe platte schermen gaat die veel minder stralen "lekken". De conventionele schermen bevatten cathode buizen die magnetische velden gebruiken om het beeld op het scherm te produceren en "lekstraling" is onvermijdelijk. De lekstraling betreft magnetische velden in het ELF en VLF gebied (3-30 kHz). De nieuwere schermen stralen veel minder dan de oudere zodat de meeste schermen tegenwoordig wel voldoen aan de TCO99 standaard<sup>13</sup>.

Een voorbeeld van emissie door beeldschermen wordt hieronder gegeven.



#### EMISSIES van BEELDSCHERMEN

- X-stralen      1 000 x kleiner dan background
- UV              geabsorbeerd door glas v. scherm
- Infrarood      = IR van verwarmd object v. 30-35°C
  
- VLF 15-35kHz
  - E-veld            1  $\text{Vm}^{-1}$  ( 30 cm van scherm)
  - B-veld            5 - 600 nT meestal < 200 nT
- ELF 50-80 Hz
  - E-veld            1 - 10  $\text{Vm}^{-1}$  (operatorafstand)
  - B-veld            100 - 700 nT
- STATISCH E-veld (niet-geleidend scherm)
  - 5 - 20  $\text{kVm}^{-1}$  (operatorafstand)

### 5.2.1.4 Lassen

13 TCO: Zweedse Professionele Federatie; in 1992 vaardigde deze federatie een standaard uit om de straling van computer monitors te beperken. Deze zouden niet meer dan 2 mG (0,2 $\mu\text{T}$ ) mogen uitstralen op een afstand van 30cm. Deze TCO standaard (hernieuwde versie in 1999) werd wereldwijd overgenomen.



De lasapparaten vormen een aparte rubriek, enerzijds omdat ze afhankelijke van de stroomtoevoer sterke AC- en/of DC magnetische velden kunnen produceren, en anderzijds omdat een substantieel deel van de klusjesmannen vaak bij hen thuis lassen. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is dat een behoorlijk aantal jeugdige leerlingen (16 – 18 jaar) in het beroepsonderwijs en kunstonderwijs (lassen van kunstwerken) blootgesteld worden aan vrij hoge 50 Hz B-velden.

Als gevolg van de aanzienlijke stroom die vloeit in transformatoren en kabels behoren lassers tot de meest aan ELF magnetische velden blootgestelde personen. Booglasapparatuur produceert bv. magnetische veld densiteiten van 100  $\mu\text{T}$  tot 10 mT. Omwille van de beperkte werkbelasting zal de over de tijd uitgemiddelde blootstelling uiteraard wel vrij beperkt zijn.

Tabel 14 geeft een overzicht van het persoonsgebonden B-veld (tijdgeïntegreerde gemiddelde waarde) waaraan de lasser blootgesteld wordt tijdens het elektrodelassen met een stroombelasting van 50 tot 250 ampère (A).

Lasduur	Stroom (A)		Magnetisch veld ( $\mu\text{T}$ )		
	Nominaal	Effectief	Minimum	Maximum	Tijdsgeïntegreerd gemiddelde $\pm$ S.A**.
32 sec*	250	234	0.50	512	308 $\pm$ 199
40 sec*	200	192	0.50	387	250 $\pm$ 135
5 min	150	148	0.50	477	265 $\pm$ 165
5 min	100	95	0.50	462	283 $\pm$ 117
5 min	75	74	0.50	494	261 $\pm$ 137
5 min	50	54	0.50	306	180 $\pm$ 83

Aanbevolen blootstelling volgens ICNIRP-richtlijn (1998)

- algemeen publiek maximaal 100  $\mu\text{T}$  gedurende 24 uur per dag
- beroepsbevolking maximaal 500  $\mu\text{T}$  gedurende 8 uur per dag

\* wegens stroomonderbrekingen kon niet langer bij deze stroomsterkte bemonsterd worden

\*\*standaardafwijking ten opzichte van het gemiddelde

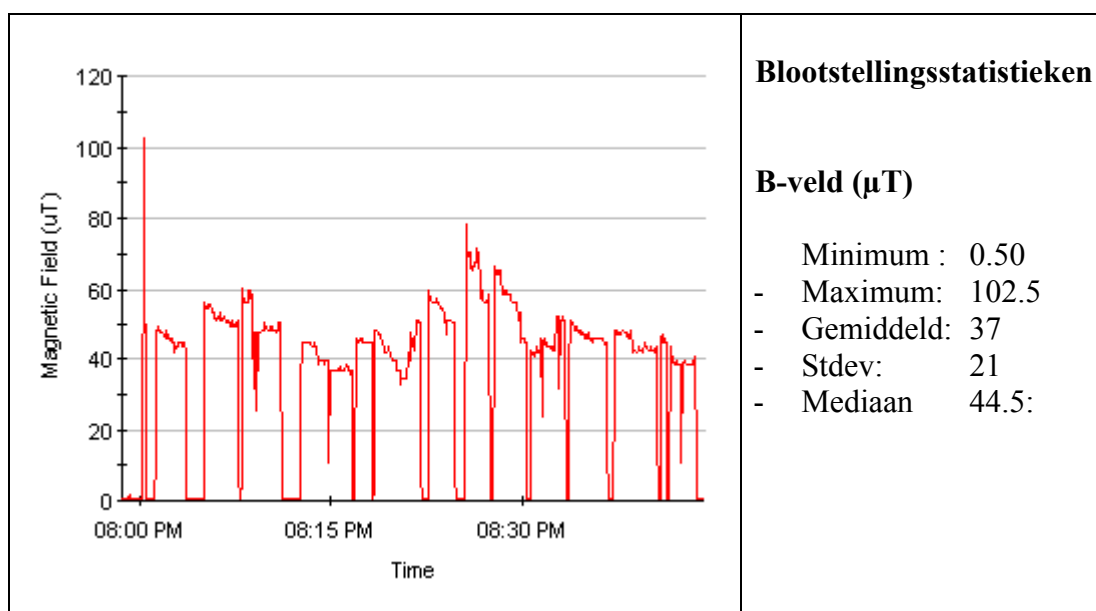
*Tabell14: Persoonsgebonden magnetisch veld in functie van de stroomsterkte tijdens het elektrodelassen (Bron: Vito, 2002)*

Ofschoon de piekwaarden 500  $\mu\text{T}$  kunnen overstijgen (Mira, 2003) is de gemiddelde blootstelling kleiner dan 500  $\mu\text{T}$  maar groter dan 100  $\mu\text{T}$  die respectievelijk

voor de beroepsbevolking en het algemene publiek aanbevolen wordt. De vraag die hierbij opkomt is of de blootstelling van de jeugdige leerling lassen moet getoetst worden aan de maximale ICNIRP-waarde (in België bestaat geen norm voor het 50 Hz B-veld) die aanbevolen wordt voor de beroepsbevolking of aan die voor het algemene publiek? Tot nu toe bestaat hier nog geen duidelijkheid over. Dit is echter een onderwerp dat zeker in het kader van de Europese Directive (april/2004) zal behandeld worden.

Indien de lasblootstelling wordt geassocieerd met de 0,4  $\mu\text{T}$  blootstellingsproblematiek stellen we vast dat de jeugdige leerling lassen in het beroepsonderwijs in 12 dagen dezelfde dosis magnetisch veld ontvangt als het kind dat gedurende 1 jaar continue aan 0,4  $\mu\text{T}$  blootgesteld wordt. Een doordenker dus.

Figuur 8 geeft een ander voorbeeld van magnetische veldmetingen tijdens een lasactiviteit.



*Figuur 8: Lassen (persoonsgebonden TIG lassen 100 A): metingen uitgevoerd ter hoogte van de romp.*

### 5.2.1.5 Waterbed

Daar mensen zich vaak bezorgd maken over de blootstelling aan het 50 Hz magnetisch veld tijdens het slapen in een waterbed, registreerde Vito dit veld gedurende ongeveer 72 uur. Er werden metingen uitgevoerd voor onderstaand type:

Merk & type: Calesco type 90 – ES  
 Spanning: 230 – 240 V  
 Vermogen: 50 – 400 W  
 Frequentie: 50 Hz

Het B-veld werd geregistreerd (meetinterval 10 seconden) in het midden (direct contact met de matras waarop personen slapen) van het waterbed. De thermostaat van het waterbed stond zoals gewoonlijk op 31° C. Het B-veld werd van woensdag 27/11 om 19:00 uur tot zondagmorgen 01 december 8:00 uur geregistreerd: dit komt overeen met een registratieduur van 85 uur of 3,6 etmaal.

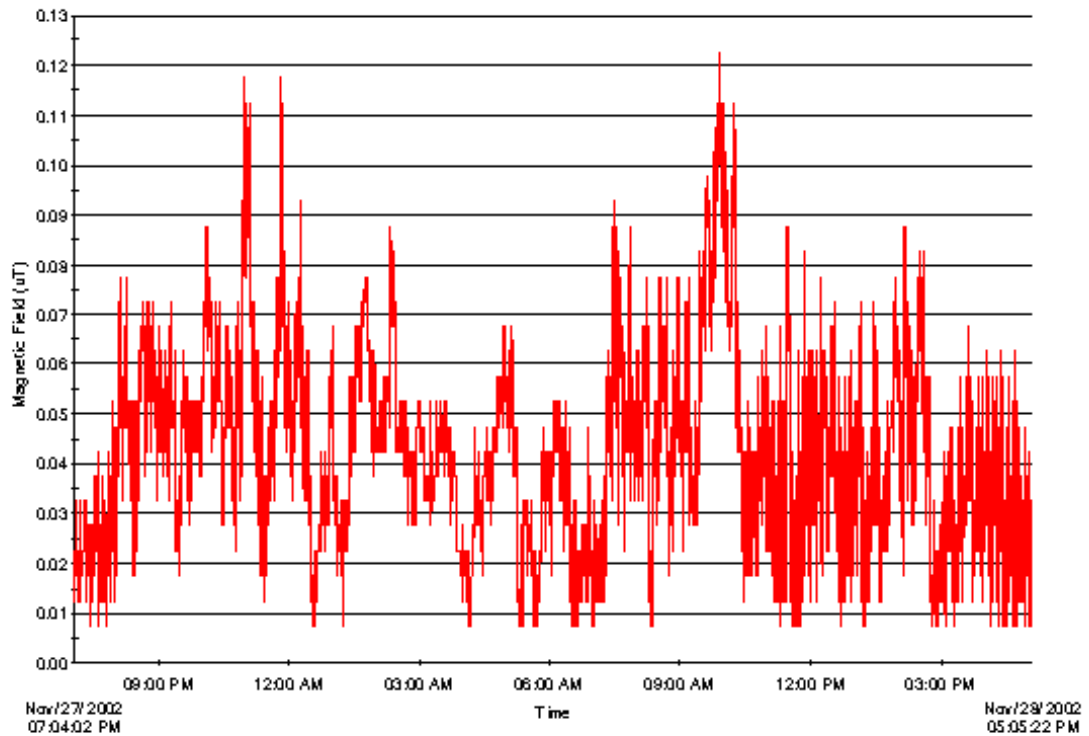
Uit tabel 15 leidt men af dat de personen die in hogergenoemd waterbed slapen en waarvan de beoogde verwarmingstemperatuur van het water 31°C bedraagt, blootgesteld worden aan een B-veld dat varieert van 0 tot 0,130  $\mu\text{T}$ .

Daar het rekenkundig gemiddelde, het geometrisch gemiddelde en de mediaan respectievelijk gelijk zijn aan 0,04  $\mu\text{T}$  kan de verdeling van het B-veld in de tijd beschouwd worden als een normaalverdeling. Hieruit volgt dat met een betrouwbaarheid van 95% kan gesteld worden dat de tijdsgeïntegreerde gemiddelde blootstelling zich situeert tussen 39,75 en 40,25 nT . Uit de samenvattende blootstellingsstatistieken (tabel 15) kan men besluiten dat de 0,4  $\mu\text{T}$  drempel die vooral van belang is voor kinderen (zie later) die in een waterbed zouden slapen geen enkel ogenblik overschreden wordt.

N	B-veld component	Min. ( $\mu\text{T}$ )	Max. ( $\mu\text{T}$ )	Rekenkundig Gemiddelde ( $\mu\text{T}$ )	Geometrisch gemiddelde ( $\mu\text{T}$ )	Mediaan ( $\mu\text{T}$ )
30600	<b>R</b>	<b>0</b>	<b>0,13</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>
30600	X	0	0,04	0,01	0,01	0,01
30600	Y	0	0,05	0,01	0,01	0,01
30600	Z	0	0,13	0,04	0,04	0,04

*Tabel 15: Blootstellingsstatistieken van het B-veld ( $\mu\text{T}$ )*

Om de blootstelling anschouwelijkker te maken en bovendien verder uit te diepen wordt in figuur 9 een grafische voorstelling gegeven van de variatie van het B-veld gedurende de ganse registratieduur.



Bron: Vito, 2002

*Figuur 9: Magnetische veld emissie door een waterbed*

## 5.2.1.6 Registratie van het 50 Hz magnetisch veld op elektrisch deken

### 5.2.1.6.1 Kenmerken van deken

Dreamland model XPRA2, 220-230 V, 15 W

### 5.2.1.6.2 Gebruik van het deken

Het gebruik van het elektrisch deken (ED) heeft een dubbel doel:

- voorverwarming van het bed
- warm houden van het bed gedurende de hele nacht

Hiervoor zijn vier verschillende warmteafstellingen voorzien:

- |   |   |
|---|---|
| 0 | Uit   |
| 1 | gebruik tijdens de hele nacht om bed warm te houden |
| 2 | Lage voorverwarming                                 |
| 3 | Middelste voorverwarming                            |
| 4 | Hoge voorverwarming                                 |

Er mag niet op het ED geslapen worden tijdens de afstellingen van 2, 3 en 4.

### 5.2.1.6.3 Meetmethode

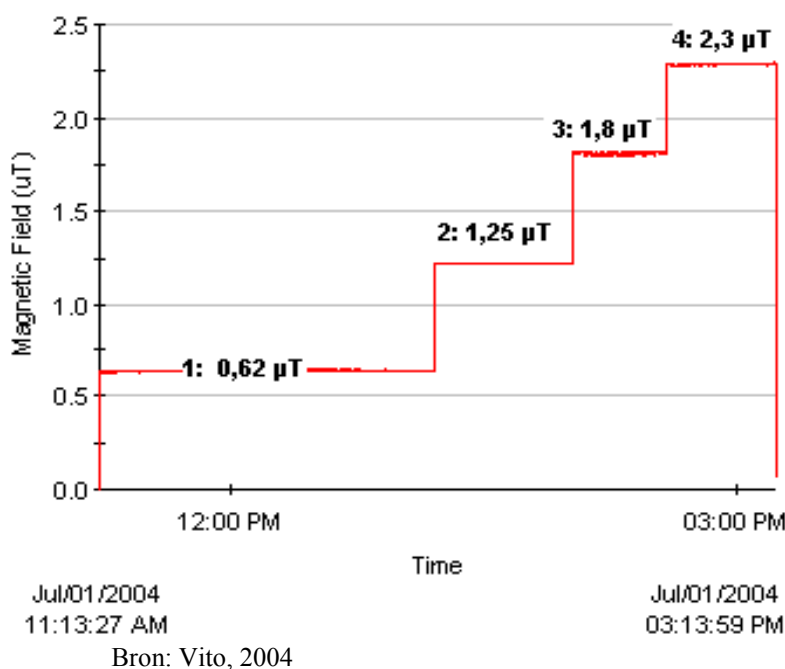
Door het plaatsen van een EMDEX Lite ELF monitor op de bovenkant van het elektrisch deken (slaapkant) werd het ELF (30 – 1000 Hz) magnetisch veld gedurende 4 uur geregistreerd. De veldsterkte werd minimum gedurende één kwartier per warmteinstelling van het deken geregistreerd.

#### 5.2.1.6.4 Resultaten

Figuur 10 geeft een overzicht van het magnetisch veld dat gedurende minimum één kwartier tijdens de werking op de verschillende warmteafstellingen van het elektrisch deken geregistreerd werd.

#### 5.2.1.6.5 Besluit

Rekening houdende met de  $0,4 \mu\text{T}$  problematiek is het aangeraden dat kinderen niet op een elektrisch deken slapen en dat volwassen eveneens het voorzorgsprincipe hanteren door er zo weinig mogelijk gebruik van te maken.



*Figuur 10: 50 Hz magnetisch veld van elektrisch deken*

## 5.2.2 Blootstelling aan het 50 Hz magnetisch veld in woningen onder hoogspanningslijnen

### 5.2.2.1 Algemene beschrijving

Transmissie en distributie van elektriciteit gebeurt bij de vaste frequentie van 50 Hz (60 Hz in de VS). Onderstaande tabel geeft de grootteorde van typische en maximum waarden die buitenshuis op approximatief 25-30 meter van de lijnen worden gemeten. De

maximale magnetische veldwaarden komen overeen met een maximale belasting van de lijnen terwijl typische waarden doorgaans de helft van deze maxima bedragen.

Voor de evaluatie van chronische blootstelling zijn metingen binnenshuis zeer waardevol. Omwille van de sterke absorptie door materialen zal het indoor elektrisch veld zeer gering zijn en vergelijkbaar met de achtergrondwaarden (0-20 kV), zelfs in de nabijheid van de betrokken lijn. Magnetische velden die binnenshuis in de onmiddellijke nabijheid van de lijn worden opgemeten zijn daarentegen zo goed als gelijk aan de waarden die buitenshuis worden opgetekend. Achtergrondwaarden worden pas na vele tientallen meters vanaf de lijn bereikt.

Distributie cabines worden vaak in kelders van residentiele gebouwen geïnstalleerd. In de aanpalende vertrekken kunnen zij magnetische velden genereren van de grootte orde van enkele microtesla.

BRON	Elektrisch veld (kV/m)		Magnetische flux densiteit ( $\mu$ T)	
	Typisch	Maximum	Typisch	Maximum
380-500 kV hoogspanningslijnen	6-10	10-12	10-20	20-40
220-275 kV hoogspanningslijnen	2	6	5-10	10-20
Distributielijnen (15-132 kV)	1	2	1	5

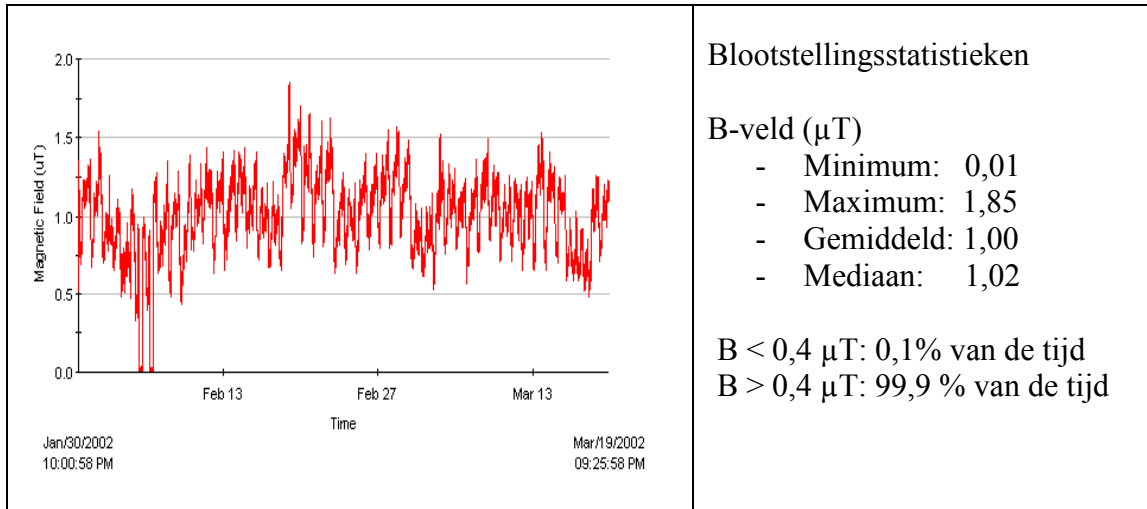
*Tabel 16: Elektrische veldsterkten en magnetische flux densiteit van hoogspanningslijnen (Vecchia, 2004; naar Matthes et al., 2003 en Hietanen et al., 2002).*

Hierna worden enkele meetgegevens verzameld die in Vlaanderen werden bekomen. Daar in Vlaanderen, in tegenstelling tot Wallonië, de 220 kV-lijn niet voorkomt worden alleen de luchtlijnen met een nominale spanning van 70, 150 en respectievelijk 380 kV besproken. Om een representatief beeld te krijgen van de verdeling van de veldsterkte in de tijd werd het B-veld gedurende 1 tot 1,5 maand geregistreerd in woningen onder de de aangehaalde luchtlijnen. De figuren 11 tot en met 13 geven een overzicht van het B-veldprofiel dat op die manier bekomen werd met ernaast de locatiestatistieken (min., max., gemiddelde en mediaan) die de blootstelling het best karakteriseren.

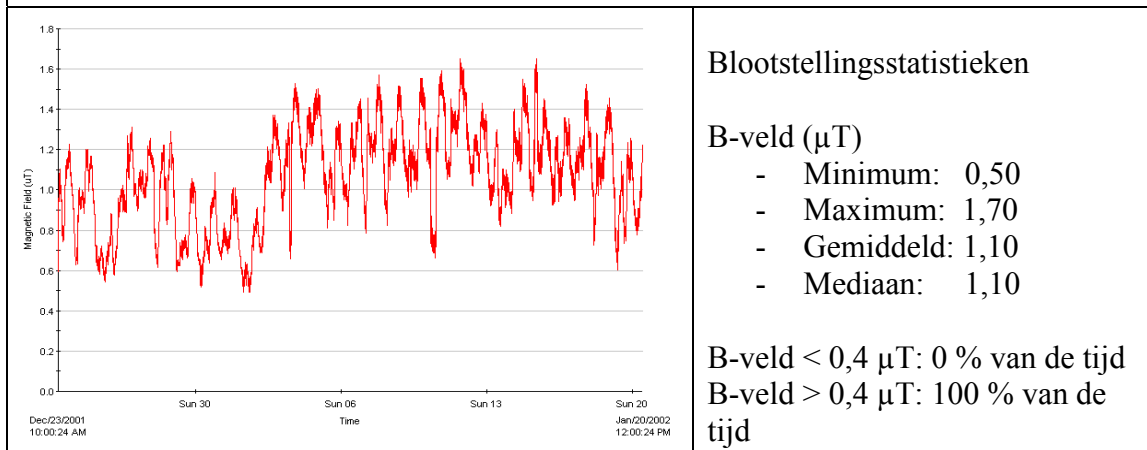
Uit deze figuren leiden we af dat de maximale blootstelling van ongeveer 3  $\mu$ T voorkomt bij de 380 kV-lijn (figuur12) waarvan de tijdsgeïntegreerde gemiddelde veldsterkte 1,6  $\mu$ T bedraagt. De vergelijking tussen de 70 en 150 kV-lijn toont aan dat de gemiddelde en maximale veldsterkte van beide lijnen niet veel van elkaar verschillen.

De belangrijkste waarneming is echter dat de 0,4  $\mu$ T drempel (zie verder) bij alle lijnen in quasi 100% van de tijd overschreden wordt. Dit wil zeggen dat personen die hun woning om de ene of andere reden niet kunnen verlaten steeds blootgesteld worden aan tenminste 0,4  $\mu$ T. Daar dit echter een klein deel van de bevolking is (de grote meerderheid is dynamisch en mobiel), wordt getracht om door middel van de dynamische blootstelling en de relatieve blootstellingsindex (RBI), te achterhalen hoe groot het deel van de blootstelling is dat afneemt of bijkomt door het afwisselend verblijf van de mens in zones waar een zwak of sterk 50 Hz magnetisch veld heerst.

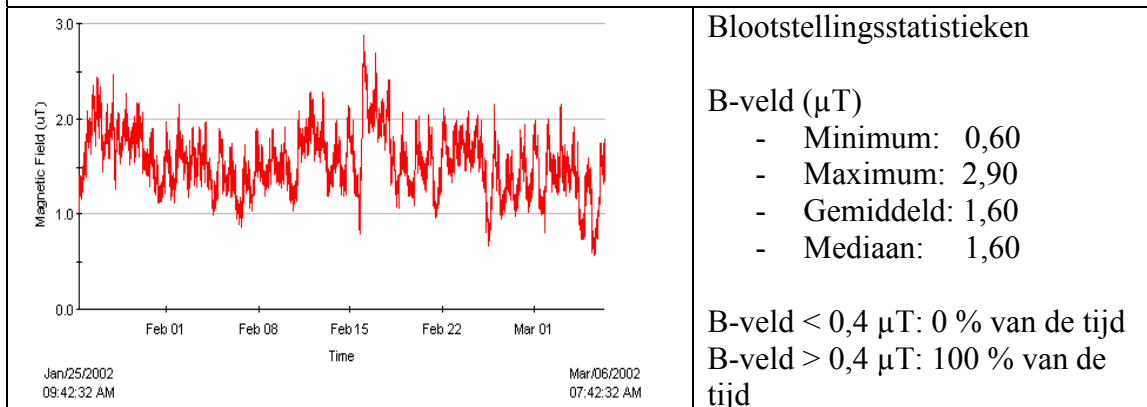
### 5.2.2.2 Residentiële blootstelling in Vlaanderen



*Figuur 11: 1,5 maand registratie van B-veld in woning onder 70 kV-lijn*



*Figuur 12: 1 maand registratie van B-veld in woning onder 150 kV-lijn*



*Figuur 13: 1,5 maand registratie van B-veld in woning onder 380 kV-lijn*



### 5.2.2.3 Dynamische of persoonsgebonden blootstelling

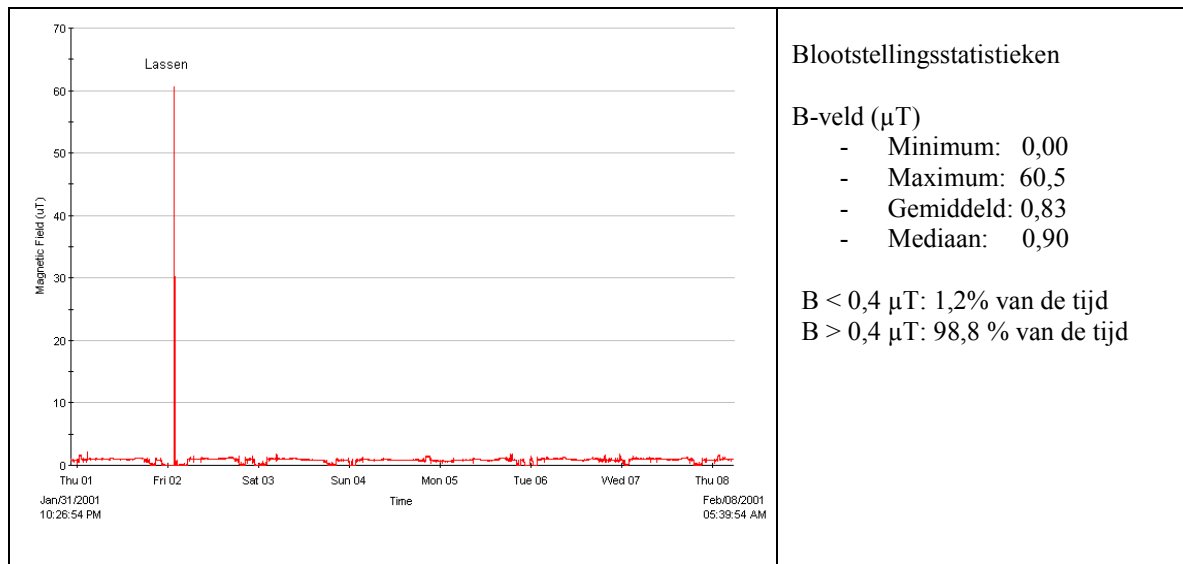
De dynamische blootstelling werd bepaald door twee groepen proefpersonen gedurende één week een dosimeter te laten dragen die gedurende al die tijd het 50 Hz B-veld registreert.

De twee proefgroepen bestonden uit:

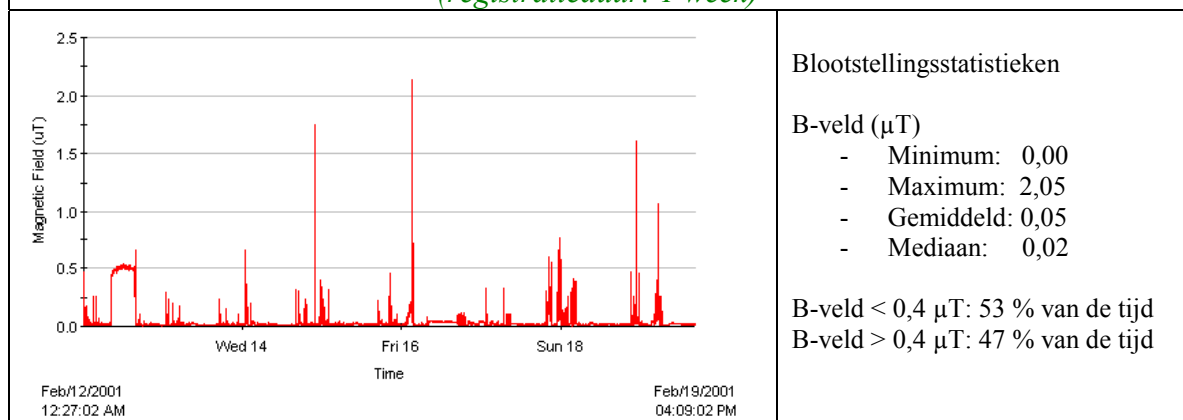
- 1 personen die onder een 70, 150 of 380 kV-lijn wonen (groep 1)
- 2 personen die ver van alle elektriciteitsinfrastructuur wonen (groep 2)

Iedere proefpersonen tekende zijn activiteiten op in een logboek en synchroon met de registratie van de dynamische dosis werd de residentiële B-veldsterkte geregistreerd in de woning van iedere proefpersonen.

De figuren 14 en 15 geven een samenvatting van de dynamische blootstelling die bij één proefpersoon van groep 1 en 2 waargenomen werd.



*Figuur 14: Dynamische blootstelling van persoon wonende onder 150 kV-lijn (registratieduur: 1 week)*



*Figuur 15: Dynamische blootstelling van persoon wonende in HSP-lijn vrij gebied (registratieduur: 1 week)*

Deze figuren tonen aan dat deze personen aan sterke piekvelden kunnen onderhevig zijn: de persoon waarvan het resultaat werd voorgesteld in figuur 14 werd tijdens het lassen blootgesteld aan 60  $\mu\text{T}$  en de persoon van groep 2 reed vaak onder hoogspanningslijnen door. Een andere vaststelling is dat bij de dynamische blootstelling het percentage van de tijd dat de 0,4  $\mu\text{T}$  drempel overschreden wordt sterk verschilt van het percentage dat die drempel overschrijdt in geval van de residentiële blootstelling.

Door het invoeren van een relatieve blootstellingsindex (RBI) (Decat, 2002) die de verhouding weergeeft tussen de “best estimators” van respectievelijk de residentiële (RB) en de dynamische blootstelling ( $\text{RBI} = \text{DB}/\text{RB} \times 100$ ) stellen we vast dat:

- de dynamische blootstelling bij de personen die onder hoogspanningslijnen wonen 30 tot 40% lager is dan de residentiële blootstelling,
- de dynamische blootstelling bij de personen die ver van elke elektriciteitsinfrastructuur wonen tot 4 keer groter kan zijn dan hun residentiële blootstelling.

Door middel van de RBI-methode zou men zich een beeld kunnen vormen van de werkelijke blootstelling van het individu tijdens haar/zijn dagelijkse activiteiten. Deze methode is echter pas doeltreffend wanneer bijkomende verklarende variabelen zoals werkplaats enz. in rekening worden gebracht. De RBI van iemand die onder hoogspanningslijn woont en daarnaast bv. in een fabriek aan een inductieoven werkt zal immers totaal anders zijn dan die van diegene die ook onder een hoogspanningslijn woont maar bv. in het onderwijs staat.

### **5.2.3. Electricisch en magnetisch veld van hoogspanningslijnen in open ruimte**

#### **5.2.3.1 Globale elektrisch en magnetische veldemissie van het luchtnet**

##### **5.2.3.1.1 Geografische lengte van de hoogspanningslijnen**

Tabel 17 geeft een samenvatting van de geografische lengte van het boven- en ondergronds hoogspanningsnet in België tot op 31/12/2002.

Tabel 18 geeft de verdeling van de geografische lengte van de hoogspanningslijnen in Vlaanderen in de veronderstelling dat het hoogspanningsnet in Vlaanderen 56% uitmaakt van het Belgisch net (Mira-T, 2003).

Nominale spanning (kV)	Geografische lengte (km)		
	luchtlijn	ondergronds	totaal
380	883		883
220	267		267

150	2008	249	2 257
70	2446	531	2 977
36	124	1887	2 082
30	29	213	242
<b>Totaal</b>	<b>5 757</b>	<b>2 880</b>	<b>8 708</b>

Bron: BFE, jaarverslag 2002

Tabel 17: Geografische lengte van hoogspanningslijnen in België

Nominale spanning (kV)	Geografische lengte (km)		
	luchtlijn	ondergronds	totaal
380	494,5		494,5
150	1 124,5	139,4	1 263,9
70	1 369,8	297,4	1 667,1
36	69,4	1056,7	1 165,9
30	16,2	119,3	135,5
<b>Totaal</b>	<b>3074,4</b>	<b>1612,8</b>	<b>4727,0</b>

Tabel 18: Geografische lengte van de hoogspanningslijnen in Vlaanderen

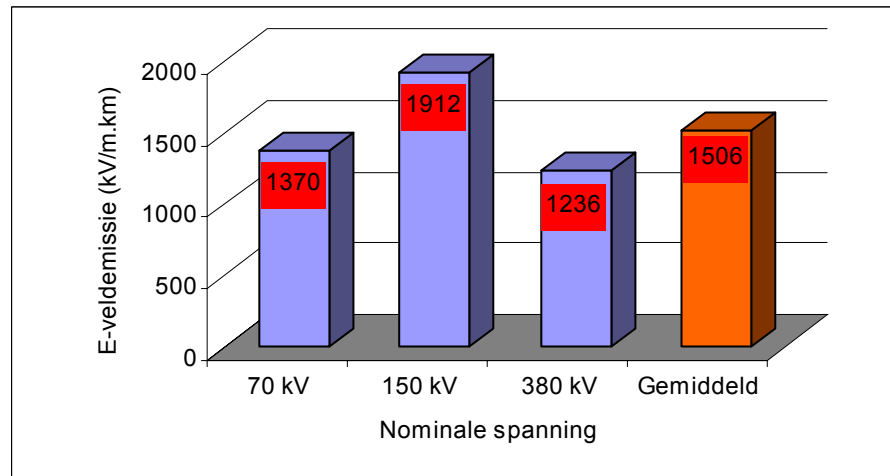
#### 5.2.3.1.2 Schatting van de globale elektrische veldemissie van het luchtnet in Vlaanderen

Door middel van de geografische lengte (GL) en de nominale spanning per lijntype kan de globale elektrische veldemissie berekend worden. Deze wordt bekomen door de GL te vermenigvuldigen met de gemiddelde elektrische veldsterkte ( $\text{kVm}^{-1}$ ) per lijntype en wordt uitgedrukt in  $\text{kVm}^{-1} \cdot \text{km}$ . De totale E-veldemissie (TEVE) wordt gegeven door:

$$TEVE_{(kV/m.km)} = \sum_{70kV}^{380kV} (E_{(kV/m)} \times GL_{(km)}) \quad [2]$$

De sterkte van het E-veld is afhankelijk van de effectieve lijnspanning waarvan de aximale schommelingen meestal slechts 3% bedragen.

Figuur 16 geeft de elektrische veldemissie (E-veldemissie) per lijntype vanaf 30/12/2002 tot nu.



(Bron: Vito, 2004)

*Figuur 16: E-veldemissie voor Vlaanderen*

Door toepassing van formule [2] zou de totale elektrische veldemissie in Vlaanderen 4518 kV $\cdot$ m $\cdot$ l.km bedragen.

#### 5.2.3.1.3 Schatting van de globale magnetische veldemissie van het luchtnet in Vlaanderen

Voor het schatten van de globale magnetische veldemissie (GMVE) wordt dezelfde rekenmethode gebruikt als voor het schatten van de GEVE. De totale magnetische veldemissie (TMVE) wordt uitgedrukt in microtesla.km ( $\mu$ T.km) en wordt berekend door:

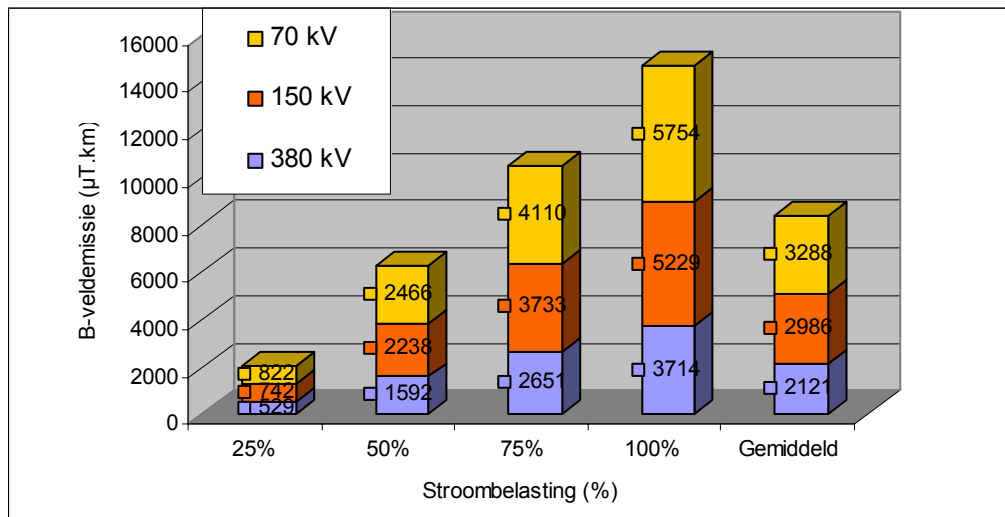
$$TMVE_{(\mu T.km)} = \sum_{70kV}^{380kV} (B_{(\mu T)} \times GL_{(km)}) \times SB_{i=25\%}^{i=100\%} \quad [4]$$

met:

- $B_{(\mu T)}$ : de magnetische fluxdichtheid in microtesla ( $\mu$ T)
- $GL_{(km)}$ : de geografische lengte van de 70 tot 380 kV hoogspanningslijnen in km
- $SB_{(i)}$ : stroombelasting van de lijn voor  $i = 25, 50, 75$  en  $100\%$

Daar men hier kan te maken hebben met betrekkelijk sterke stroomschommelingen, die bepalend zijn voor de grootte van het magnetische veld, wordt de correctiefactor  $SB_{(i)}$  in de formule ingebouwd op voorwaarde dat men bij de berekening van het B-veld uitgaat van een maximaal lijnvermogen (kVA) of van een stroompiekbelasting die in de loop van een representatieve periode geregistreerd werd. Indien de formule toegepast wordt door middel van de 'beste schatter' van het gemeten B-veld is de percentielcorrectie van de stroombelasting niet van toepassing.

Figuur 17 geeft een overzicht van de huidige emissie van het magnetisch veld (B-veldemissie) per lijntype en per stroombelastingspercentage.



Bron: Vito, 2004

*Figuur17: B-veldemissie voor Vlaanderen*

Voor de berekening van het B-veld werd niet uitgegaan van het maximaal lijnvermogen maar wel van de piekbelasting die door Elia in de loop van één jaar per betrokken lijntype geregistreerd had (Decat et al., 2003a).

### 5.2.3.2 Elektrisch en magnetisch veld in de onmiddellijke omgeving van hoogspanningslijnen

De tabellen 19 - 21 geven een samenvatting van het elektrisch (E-veld) en magnetisch (B-veld) die in de onmiddellijke nabijheid de luchtlijnen in Vlaanderen gemeten werden (Decat et al., 2003a,b). Deze metingen werden onder gecontroleerde omstandigheden uitgevoerd, dit wil zeggen dat rekening gehouden werd met:

- de efficiënte lijnspanning ( $U(\text{eff})$ ) waarvan de grootte van het E-veld afhankelijk is
- de stroombelasting ( $I(A)$ ) van de lijn die bepalend is voor de grootte van het B-veld
- de transversale afstand tot de hoogte van de geleiders van de lijn die bepalend zijn voor de grootte van beide velden
- de weersomstandigheden die eventueel het E-veld licht zouden kunnen beïnvloeden
- het schaduw effect van hindernissen voor het meten van het E-veld

Transversale afstand tot lijn (m)	E-veld (V/m)	U(eff) (kV)	B-veld ( $\mu$ T)	I(A)
0	530	71,3	1,54	130
10	115,5	71,3	0,75	126
15	24,6	71,2	0,48	126
20	14,9	71,2	0,33	118
30	15	71,3	0,20	130
40	10,4	71,4	0,15	130
50	7,5	71,3	0,12	122
60	5,6	71,4	0,09	118
Hoogte van lijngeleiders: - onderste geleider : 9,8 m - middelste geleider: 13,5 m - bovenste geleider : 16,8 m	Weersomstandigheden: - zonnig & droog - wind: 3 à 4 beaufort - temperatuur: 20°C			

Bron: Vito, 2003

*Tabel 19: E- en B-veld gemeten bij een 70 kV-lijn*

Transversale afstand tot lijn (m)	E-veld (V/m)	U(eff) (kV)	B-veld ( $\mu$ T)	I(A)
0	1594	157,5	3,20	400
10	690	157,5	2,25	397
20	161	157,6	1,45	400
25	39	157,6	1,17	400
30	30	157,6	0,82	375
40	58	157,6	0,63	396
50	21	157,8	0,57	403
55	-	-	0,55	408
Hoogte van lijngeleiders: - onderste geleider : 19,5 m - middelste geleider: 26,8 m - bovenste geleider : 33,1 m	Weersomstandigheden: - zonnig en droog - wind: 1 - 2 beaufort - temperatuur: 24°C			

Bron: Vito, 2003

*Tabel 20: E- en B-veld gemeten bij een 150 kV-lijn (Vito, 2003)*

Transversale afstand tot lijn (m)	E-veld	U(eff)	B-veld	I(A)
-----------------------------------	--------	--------	--------	------

	(V/m)	(kV)	( $\mu$ T)	
0	6400	400	1,95	135
10	3200	399,5	1,05	136
20	770	399,5	0,65	136
40	180	399,5	0,24	141
60	170	399,5	0,13	150
80	122	399	0,11	152
100	85	399	0,09	154
Hoogte van lijngeleiders: - onderste geleider : 14,2m - middelste geleider: 26,5 m - bovenste geleider : 39,0 m	Weersomstandigheden: - zonnig en droog - wind: 1 - 2 beaufort - temperatuur: 24° C			

Bron: Vito, 2003

*Tabel 21: E- en B-veld gemeten bij een 380 kV-lijn*

Voortgaande op de blootstellingsrichtlijnen en (zie volgende rubriek 2.4.2.2) zijn de belangrijkste besluiten die uit deze rubriek dat:

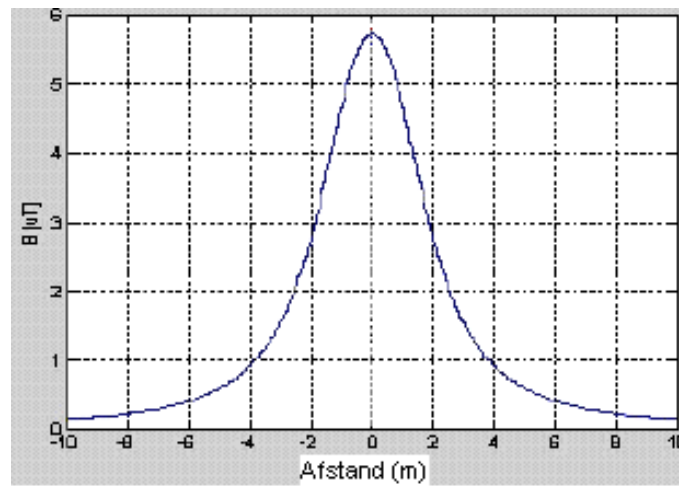
- het E-veld in open ruimte onder een 380 kV-lijn de blootstellingswaarde van 5 kV/m overschrijdt. Daar die 5 kV/m de maximale waarde is waaraan het algemene publiek gedurende 24 uur per dag mag blootgesteld worden, zou een persoon bijna (5 kV/m : 6,4 kV/m x 24 u = 18,75 uur) 19 uur onder de 380 kV-lijn zou mogen staan of liggen zonder dat de blootstelling overschreden wordt.
- het gemeten magnetisch veld is in ieder geval veel zwakker dan de 100  $\mu$ T waaraan het algemene publiek gedurende 24 uur per dag mag blootgesteld worden

### **5.2.4 Magnetisch veld van ondergrondse hoogspanningskabels**

Het elektrisch veld wordt volledig door de omliggende aarde geblokkeerd en zal in deze rubriek niet verder behandeld worden.

Het magnetisch veld dat door ondergrondse kabels geproduceerd wordt werd in België nog niet in kaart gebracht en de resultaten zijn meestal afkomstig van simulaties die echter niet. t.o.v. 'in situ' metingen geverifieerd werden.

Figuur 18 toont een simulatie van het magnetisch veld van een ondergrondse 150 kV hoogspanningslijn (157,5 MVA per kabelgroep) waarvan de kabels evenwijdig naast elkaar gelegd werden.



*Figuur 18: Magnetisch veld van een ondergrondse 150 kV-lijn (gemeten op 1 m hoogte, loodrecht op de kabelgroep die zich op 80 cm diepte bevindt)*

Indien dezelfde kabelgroep in de zogenaamde klaverblad- of driehoekstructuur zouden liggen wordt het maximaal B-veld dat loodrecht boven de kabelgroep gegenereerd wordt met ongeveer 2  $\mu\text{T}$  gereduceerd. Ofschoon het B-veld van het ondergronds net niet door de omliggende aarde geblokkeerd wordt neemt het sneller af met de afstand dan dat van luchtlijnen.

## 5.2.5 Magnetisch veld van laagspanningscabines en transformatoren

### 5.2.5.1 Laagspanningscabine

In deze cabines wordt de inkomende middenspanning van 10 tot 15 kV getransformeerd in een laagspanning van 220 à 400 volt. Aan de buitenmuur van zulke cabines kan het magnetisch veld variëren van 3  $\mu\text{T}$  tot 15  $\mu\text{T}$ . Dit veld neemt echter snel af met de afstand. Tabel 22 toont de afname van het B-veld i.f.v. de afstand tot de buitenmuur van een 10 kV cabine.

### 5.2.5.2 Transformatieposten

De elektrische en magnetische velden die in de omgeving van de transformatieposten geproduceerd worden zijn hoofdzakelijk afkomstig van de inkomende en uitgaande hoogspanningslijnen.

Meestal staan de transformatieposten op een behoorlijke afstand van de woongebieden waardoor ze geen belangrijke blootstellingsproblemen veroorzaken. De sterkte van het B-veld in de vlak bij de buitkant van de afsluiting bedraagt ongeveer 1  $\mu\text{T}$ . Uit een meetcampagne die Vito uitvoerde in een woonwagenvak gelegen naast een transformatiepost (vertrouwelijke gegevens) werd besloten dat de blootstelling in de dichtstbijgelegen woonwagens kleiner was dan 0,3  $\mu\text{T}$ .



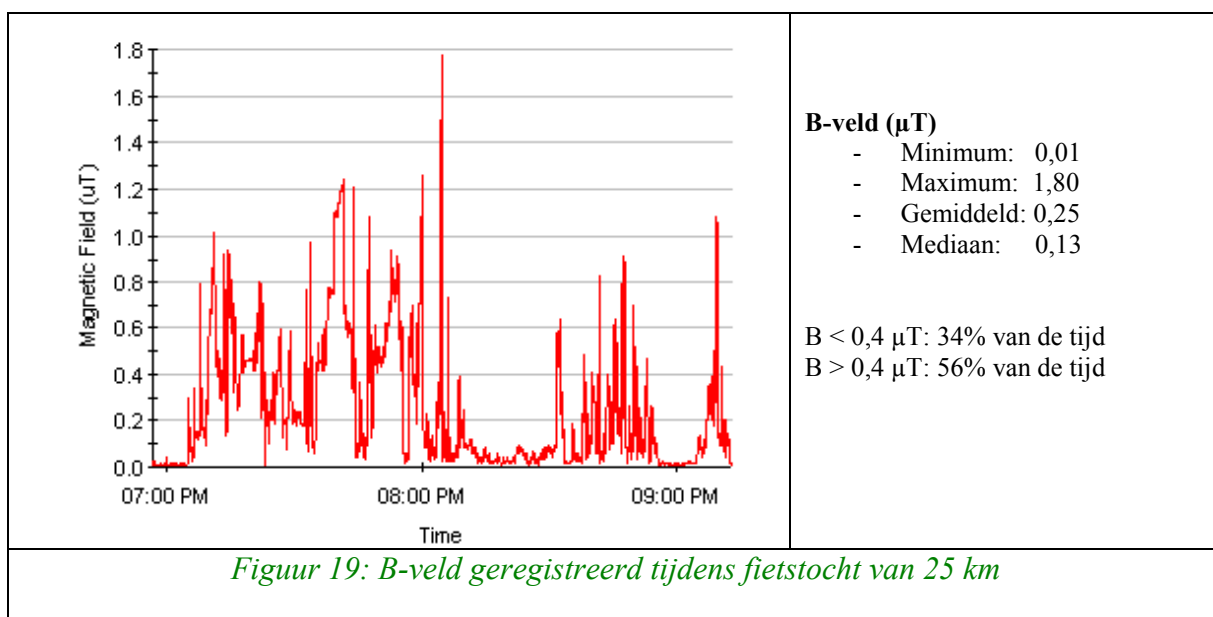
Afstand (m) t.o.v. buitenmuur	B-veld ( $\mu\text{T}$ )
0	3,5
1	0,1
2	0,07
4	0,04

Tabel 22: B-veld versus afstand tot laagspanningscabine

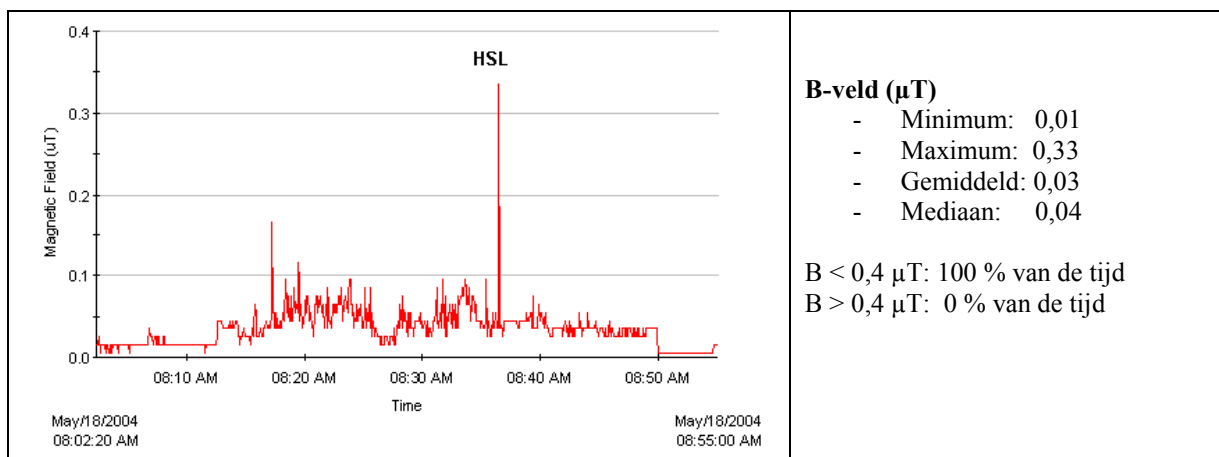
### 5.2.6 Blootstellingen in het verkeer

Ook in het openbaar vervoer (trein, tram, auto, vliegtuig, ...) worden we aan elektromagnetische velden blootgesteld en dit soms aan vrij hoge veldintensiteiten. Zelfs tijdens het wandelen of fietsen worden we blootgesteld aan NIS als gevolg van de aanwezigheid van NIS bronnen onderweg. De figuren 19 tot en met 21 geven een overzicht van het 50 Hz magnetisch veld (B-veld) dat geregistreerd werd tijdens het wandelen of fietsen, het transport met de trein en het vliegtuig. In de wagen waar men een gelijkspanningscircuit (DC-circuit) heeft werd het DC en AC veld gemeten. Naast de figuren worden de samenvattende blootstellingsstatistieken gegeven. De aandacht wordt vooral gevestigd op het percentage van de tijd dat de  $0,4 \mu\text{T}$  drempel overschreden wordt.

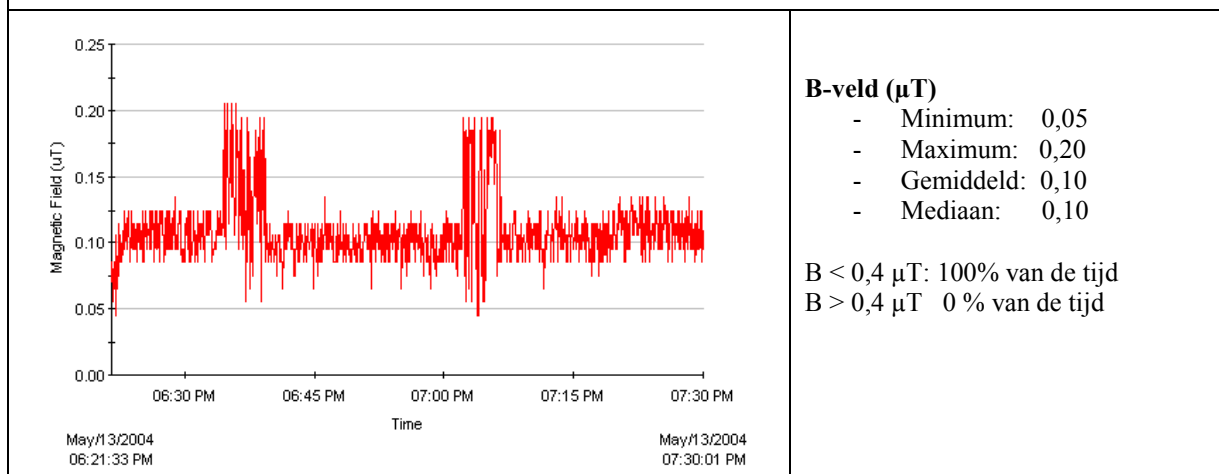
Meetgegevens voor Vlaanderen worden hierna weergegeven.



Figuur 19: B-veld geregistreerd tijdens fietstocht van 25 km



*Figuur20: B-veld geregistreerd tijdens treinrit van 55 min*



*Figuur21: B-veld geregistreerd in een vliegtuig (vlucht Warschau – Brussel)*

- **Blootstelling tijdens het wandelen**

Ofschoon dit niet geïllustreerd is kan een wandelaar(ster) die per toeval langs een pad (bv. fietspad) loopt waar de ondergrondse distributielijnen (50 Hz) liggen gedurende de tijd dat hij/zij dit pad bewandelt blootgesteld worden aan een magnetisch veld (B-veld) van gemiddeld 0,2 µT. Onder of langs hoogspanningslijnen zal zij/hij ook blootgesteld worden aan het 50 Hz elektrisch veld (E-veld). De sterkte van de blootstelling aan het E-veld is afhankelijk van de effectieve spanning en die van het B-veld van de stroombelasting van de lijn. Bij het wandelen in een elektriciteitsvrije zone is de 50 Hz blootstelling gelijk aan de backgroundwaarde van 5 V/m en 130 V/m voor wat respectievelijk het AC en het DC elektrisch veld betreft. Voor het B-veld zijn deze backgroundwaarden voor het AC en DC veld respectievelijk 0,01 µT en 40 µT.

Afhankelijk van de andere bronnen zoals o.a. GSM-zendmasten enz. die hij/zij kruist zal de wandelaar(ster) ook blootgesteld worden aan andere frequentievelden.

- **Blootstelling tijdens het fietsen**

Al hetgeen van toepassing is bij de wandelaar(ster) is ook van toepassing bij fietser. Enerzijds kan hier sneller van de ene naar de andere externe EMV-bron gefietst worden maar anderzijds kan men zich er sneller van verwijderen dan bij het wandelen. Dit brengt met zich mee dat men in eenzelfde tijdspanne tijdens het fietsen aan meer piek- of variërende velden blootgesteld zal worden dan tijdens het wandelen. Uit de 25 km fietstocht (figuur 19) leidt men af dat men tijdens het fietsen gedurende een substantieel percent (34%) van de fietsduur kan blootgesteld worden aan een B-veld groter dan 0,4  $\mu$ T.

- **Blootstelling in de wagen**

In de cabine van de wagen is men overwegend blootgesteld aan een DC magnetische velden dat afkomstig is van de startbatterij. Het DC magnetisch veld dat in de cabine geproduceerd wordt varieert tussen 60 en 70  $\mu$ T terwijl de background schommelde tussen 40 en 50  $\mu$ T. In vergelijking met de ICNIRP-richtlijn (1998) die aanbeveelt dat de algemene bevolking gedurende 24 uur per dag mag blootgesteld worden aan maximaal 40 mT (40 000  $\mu$ T) gehele lichaamsblootstelling is de veldsterkte in de autocabine verwaarloosbaar. Er wordt geen DC elektrisch veld door de motor in de cabine gegenereerd.

Het maximaal AC magnetisch veld dat door de motor in de cabine geproduceerd wordt is ongeveer 0,03  $\mu$ T en dus merkkelijk kleiner dan de 0,4  $\mu$ T blootstelling die epidemiologisch gezien eventueel een risico voor kinderleukemie (leeftijd tussen 0 – 15 j) zou kunnen inhouden. Indien de externe bronnen (zoals het rijden onder of langs hoogspanningslijnen (HSL) in rekening gebracht worden is het maximaal veld 0,6  $\mu$ T en wordt de 0,4  $\mu$ T drempel in 4% van de rijtijd overschreden.

- **Blootstelling in de trein**

Elektrisch aangedreven transportsystemen (trein, tram, metro) opereren doorgaans met gelijkspanning (DC) maar in sommige landen wordt bij 50 Hz (of minder) geopereerd. Voor onze Europese hoge snelheidstreinen is dat alleszins reeds het geval (50 Hz).

In de trein worden bestuurder en reiziger eveneens blootgesteld aan DC- en AC-velden. Het DC magnetisch veld is afkomstig van de DC lijn zelf (bv. 3 kV DC), de bekabeling, tractiemotoren en andere uitrusting die gevoed wordt met DC-stroom. De belangrijkste bronnen van het ELF magnetisch veld zijn de systemen voor de vermogentraction, de bekabeling, tractiemotoren en de andere uitrusting die met AC-stroom gevoed wordt.

Zoals figuur 20 aantoont werd de 0,4  $\mu$ T drempel niet overschreden. Occasionele metingen die elders werden uitgevoerd (Vecchia, 2004) tonen wel aan dat magnetische velden op niveau van de treinbestuurder soms piekwaarden kunnen hebben van om en bij de 200  $\mu$ T. Deze velden zijn zowel afkomstig van bovengrondse hoogspanningslijnen als

van de treinmotoren. Het gemiddeld ELF B-veld is echter ‘slechts’ 1 à 2  $\mu\text{T}$  (Rossi et al., 2003). Het DC B-veld was in de bestuurdercabine lichtjes hoger dan de background van 40  $\mu\text{T}$ . Tot op heden (en onze metingen bevestigen dat) wordt er aangenomen dat de blootstelling van passagiers gering is (en uiteraard ook occasioneel) zodat het probleem voor de bevolking ook hier niet echt groot is (maar misschien wel voor de bestuurder en het onderhoudspersoneel). Er dient ook opgemerkt te worden dat de velden zeer complex zijn (golfvorm, frequenties) en dus niet direct eenvoudig te karakteriseren.

Op te merken valt dat er in de trein een groot gebruik is van GSM-toestellen, in dit verband werd in België nog geen meetcampagne uitgevoerd.

- **Blootstelling in het vliegtuig**

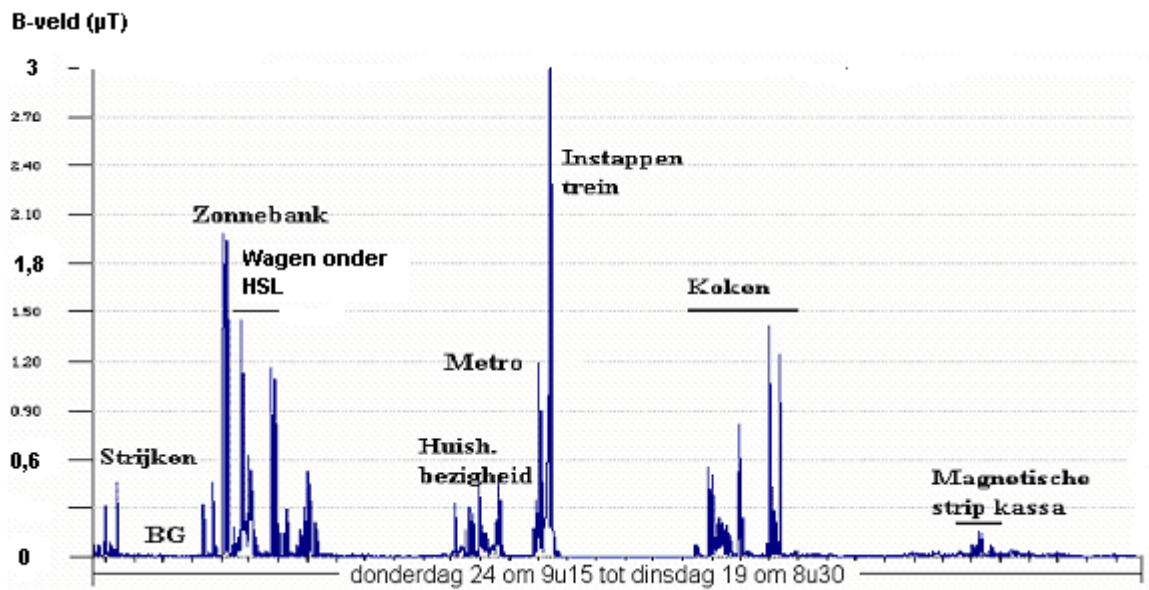
Om het gewicht van de motoren en transformatoren te beperken t.o.v. deze van 50 Hz is de wisselstroomfrequentie in grote vliegtuigen 400 Hz (in kleine vliegtuigjes maakt men gebruik van het ‘frequency wild system’ met variabele frequentie. Het maximaal B-veld dat in een vliegtuig van SN Brussels Airlines geregistreerd werd bedraagt 0,2  $\mu\text{T}$  en aldus wordt de 0,4  $\mu\text{T}$  drempel niet overschreden.

- **Andere voertuigen**

Momenteel zijn geen gegevens beschikbaar over bus, tram of metro.

## 5.2.7 Samenvatting

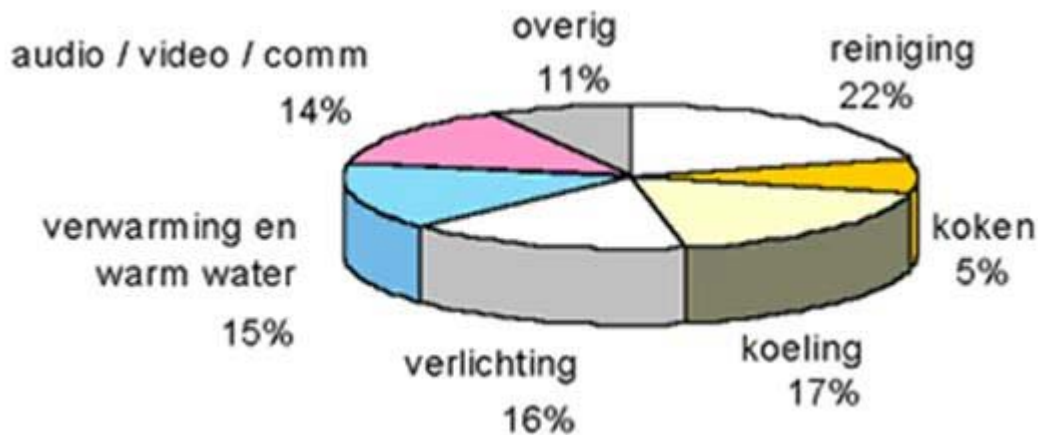
Figuur 22 geeft een samenvatting van de blootstelling die men kan oplopen gedurende “normale” huishoudelijke en aanverwante bezigheden (in een woning die ver van iedere elektriciteitsinfrastructuur gelegen is (vb. hoogspanningslijnen, laagspanningscabines of transformatieposten)).



*Figuur 22: Blootstelling aan ELF magnetische velden voor een normale dagindeling*

Enkele gegevens voor Nederland die extrapolieerbaar blijken te zijn voor Vlaanderen kunnen deze samenvatting vervolledigen (fig. 23):

(cf.: [http://www.energielabel.nl/apparaten\\_verbruik\\_e.htm](http://www.energielabel.nl/apparaten_verbruik_e.htm)).



*Figuur 23: Elektriciteitsverbruik in Nederland – aandeel van de diverse gebruikscategorieën.*

Het gemiddelde elektriciteitsverbruik per huishouden (2,4 personen) was in 2001 in Nederland 3305 kWh. De elektriciteit wordt voor de volgende doeleinden gebruikt:

**Audio / video / communicatie : 14%**

Video en tv nemen een belangrijk deel voor hun rekening van het elektriciteitsverbruik van deze categorie dat op 14% van het totale elektriciteitsverbruik ligt. Met name bij de video is het elektriciteitsverbruik in de stand by-functie hoog. In deze categorie vallen verder ook de pc en de printer.

: :

**Reiniging : 22%**

De categorie reiniging verbruikt met 22% van het totale elektriciteitsverbruik het meeste. Grote energieverbruikers zijn in deze categorie de wasdroger, de vaatwasmachine en de wasmachine. De stofzuiger verbruikt veel minder energie. Ook de losse centrifuge verbruikt relatief weinig.

:: :

#### **Koken : 5%**

Over alle huishoudens gerekend verbruikt het koken 5% van de elektriciteit. Het elektrisch fornuis is in deze categorie grootverbruiker. Zeventien procent van de Nederlandse huishoudens kookt op elektriciteit. Andere verbruikers in deze categorie zijn de oven en magnetron. Koeling Koeling is goed voor 17% van het totale elektriciteitsverbruik. Hierbij moet u denken aan koelkasten en vrieskasten.

:: :

#### **Verlichting : 16%**

Zestien procent van het elektriciteitsverbruik wordt besteed aan verlichting. In deze categorie bestaan grote verschillen tussen het verbruik van de verschillende lampen.

[Meer informatie bij SenterNovem](#)

:: :

#### **Verwarming en warmwatervoorziening : 15%**

Het gemiddelde elektriciteitsverbruik van verwarming en warmwatervoorziening ligt op 15%; boilers zijn in deze categorie de grote verbruikers.

[Meer informatie bij SenterNovem](#)

:: :

#### **Overige energiefuncties : 11%**

Aan kleine apparaten wordt in totaal 11% van het elektriciteitsverbruik besteed:

- 3% aan keukenapparatuur (mixer, sinaasappelpers e.d.),
- 3% aan binnenhuisklimaat (ventilatiesystemen),
- 1% aan hobby's (boormachine, aquarium e.d.),
- 1% aan persoonlijke verzorging (bijv. scheerapparaat) en
- 3% aan overigen.

:: :

## **5.2.8 De 0,4 $\mu$ T blootstellingscontour**

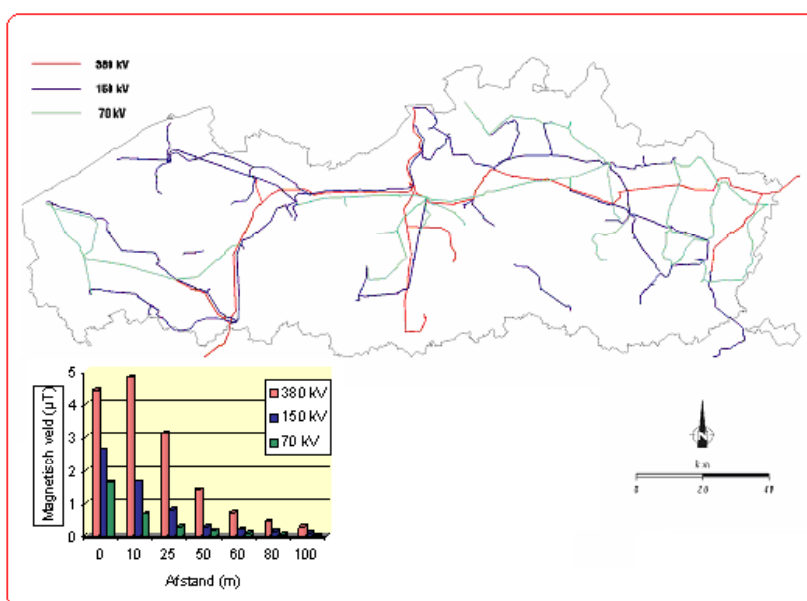
### **5.2.8.1 Probleemstelling**



Het internationaal centrum voor kankeronderzoek (Centre Internationale de Recherche sur le cancer) klasseerde onlangs (IARC, 2001) het ELF magnetisch veld als “mogelijk kankerverwekkend voor de mens” (cf. 6). Deze beslissing is gebaseerd op de internationale consensus dat epidemiologisch onderzoek aantoonde dat kinderen die blootgesteld worden aan een magnetisch inductieveld (B-veld) van minimum 0,4  $\mu\text{T}$  een verhoogd risico op leukemie zouden lopen. Om die reden wordt de 0,4  $\mu\text{T}$  contour tegenwoordig vaak aangewend als impactindicator ter beoordeling of een blootstelling aan het B-veld al dan niet als risicovol kan beschouwd worden. In Nederland wordt de 0,4  $\mu\text{T}$  risicocontour als criterium gebruikt voor blootstellingspreventie in het kader van de ruimtelijke ordening: vooropgesteld: in het ontwerpplannen voor nieuwbouwwoningen tracht de Nederlandse overheid rekening te houden met de 0,4  $\mu\text{T}$  contour om de blootstelling van de bevolking aan het magnetisch veld van luchtlijnen zo veel mogelijk te reduceren. (Decat et al., 2003b). Sommige gemeentes in Vlaanderen beginnen blijkbaar ook die weg in te slaan.

### 5.2.8.2 GIS-kaart van het bovengronds hoogspanningsnet in Vlaanderen

Figuur 24 toont de verdeling van het bovengronds hoogspanningsnet in Vlaanderen.



Bron: Vito, 2003.

*Figuur 24: GIS-kaart van het 70, 150 en 380 kV luchtlijnen-net in Vlaanderen*

Links onder in figuur 24 wordt het verloop van de sterkte van het B-veld i.f.v. de radiale afstand tot de respectievelijke lijnen. De veldsterkte werd berekend aan de hand van de normaal voorkomende stroombelastingen en de lijnhoogtes.

#### 5.2.8.2.1 Bepaling van de 0,4 countour

Tabel 23 geeft de 0,4  $\mu\text{T}$  contourafstand voor vier verschillende werkingscapaciteiten van de 70, 150 en 380 kV luchtlijnen in Vlaanderen. Dit zijn de



radiale afstanden tot de lijn waarbinnen de veldsterkte tenminste gelijk is aan  $0,4 \mu\text{T}$ . Ze werden berekend door middel van een ‘analytisch rekenmodel’ dat door Vito in opdracht van VMM ontwikkeld werd (Decat et al, 2003a).

Werkingscapaciteit van de lijn	Lijntype		
	70 kV	150 kV	380 kV
25%	9 m	15 m	33 m
50%	18 m	30 m	66 m
75%	27 m	43 m	98 m
100%	36 m	58 m	130 m

Bron: Vito, 2003

*Tabel 23:  $0,4 \mu\text{T}$  contouarafstand voor verschillende werkingscapaciteiten van de verschillende types van luchtlijnen in Vlaanderen*

Zoals uit tabel 23 blijkt varieert de afstand tot waarop een magnetisch veld van  $0,4 \mu\text{T}$  teruggevonden wordt tussen 9 m en 130 m. Noteer dat de lijnen gedurende ( $35 \pm 17$ )% van de tijd werken tussen 50 en 75% van de maximale stroombelasting die in de periode 2000 – 2001 door Elia werd geregistreerd. Verder werd berekend dat ze slechts voor ( $4,5 \pm 3,5$ ) % van de tijd tussen 75 en 100 % van deze maximale stroombelasting werken (Vito-berekeningen uit ongepubliceerde gegevens van Elia).

#### 5.2.8.2.2 Schatting van de populatieblootstelling aan $0,4 \mu\text{T}$ in Vlaanderen

Deze schatting werd uitgevoerd op basis van de bevolkingsdichtheid van kinderen tussen 0 en 19 jaar in Vlaanderen, de geografische lengte van de luchtlijnen, de  $0,4 \mu\text{T}$  contour van het B-veld van tabel 23, de veronderstelling dat 5%, 4,6% en 2% van het respectievelijk aantal km 70, 150 en 380 kV-luchtlijn de bebouwde kom doorkruist, en de bevolkingsstatistieken van Vlaanderen getransformeerd naar de bevolkingsdichtheid voor bebouwde kommen.

Werkingscapaciteit	Blootstelling van	Lijntype			Totaal
		70 kV	150 kV	380 kV	
25%	- oppervlakte (km <sup>2</sup> )	1,25	1,55	0,65	3,5
	- aantal woningen	2914	3885	1700	8498
	- % inwoners	0,12	0,16	0,07	0,35
	- % kinderen tss 0-19j(1)	0,03	0,04	0,01	0,08
	- % kinderen tss 0-19j(2)	0,12	0,16	0,07	0,35
50%	- oppervlakte (km <sup>2</sup> )	2,50	3	1,3	7
	- aantal woningen	5827	7769	3399	16996
	- % inwoners	0,25	0,31	0,13	0,7
	- % kinderen tss 0-19j(1)	0,06	0,07	0,03	0,16
	- % kinderen tss 0-19j(2)	0,25	0,31	0,13	0,7
75%	- oppervlakte (km <sup>2</sup> )	3,7	4,7	2	10,5
	- aantal woningen	8741	11654	5099	25494
	- % inwoners	0,38	0,48	0,20	1,06

	- % kinderen tss 0-19j(1)	0,09	0,11	0,05	0,24
	- % kinderen tss 0-19j(2)	0,38	0,48	0,20	1,06
100%	- oppervlakte (km <sup>2</sup> )	5	6,2	2,6	14
	- aantal woningen	11654	15539	5099	25494
	- % inwoners	0,5	0,63	0,26	1,4
	- % kinderen tss 0-19j(1)	0,11	0,14	0,06	0,3
	- % kinderen tss 0-19j(2)	0,5	0,63	0,26	1,4

- % kinderen tss 0-19j(1): % berekend op aantal inwoners in Vlaanderen

- % kinderen tss 0-19j(2): % berekend op aantal kinderen tussen 0 en 19 jaar in Vlaanderen

*Tabel 24: Blootstelling binnen de 0,4  $\mu$ T contour in Vlaanderen*

Door toepassing van deze berekening wordt geschat dat bij een werkingscapaciteit (wkc) (stroombelasting) van de lijnen aan 50% ongeveer 0,7% van de Vlaamse bevolking blootgesteld wordt aan een gemiddeld B-veld van 0,4  $\mu$ T. In de 'worst case situatie (wkc = 100%) wordt 1,4% van de populatie aan 0,4  $\mu$ T blootgesteld (bij wkc = 100 %). Tabel 24 geeft een samenvatting van de oppervlakte en het percentage inwoners en kinderen tussen 0 en 19 jaar die in Vlaanderen blootgesteld worden aan een B-veld van minimum 0,4  $\mu$ T. Voor de kinderen tussen 0 en 19 jaar wordt een onderscheid gemaakt tussen het percentage blootgesteld t.o.v. de Vlaamse bevolking en t.o.v. het totaal aantal kinderen in deze leeftijdscategorie.

Omdat het NIS-INS (2003) alleen over de bevolkingsstatistieken beschikte voor kinderen tussen 0 en 19 jaar werden geen blootstellingpercentages berekend voor de epidemiologisch gevoeligste leeftijdsklasse, nl. tussen 0 en 15 jaar. In de veronderstelling dat deze leeftijdsklasse op dezelfde manier verspreid is dan de categorie kinderen tussen 0 tot 19 jaar zijn de gegevens van tabel 24 extrapoleerbaar naar de categorie tussen 0 en 15 jaar.

### 5.2.8.3 Risicoschatting

Uitgaande van het relatief risico van 2 voor de associatie tussen de blootstelling aan gemiddeld 0,4  $\mu$ T en kinderleukemie wat overeenkomt met 2 tot 3 extra leukemiegevallen per 100 000 blootgestelde kinderen (tussen 0 en 15 jaar) per jaar (van der Plas et al., 2001) berekenden we dat in Vlaanderen maximaal 0,55 leukemiegevallen per jaar (of ongeveer 1 om de 2 jaar) door blootstelling aan het magnetisch veld van hoogspanningslijnen zouden bijkomen.

De schattingen zijn slechts geldig indien er een verband bestaat tussen oorzaak en gevolg. In Vlaanderen werden voor de perioden 1997, 1998 en 1999 (laatste registraties) respectievelijk 48, 43 en 48 leukemiegevallen voor kinderen tussen 0 en 15 jaar geregistreerd: de cijfers zijn de som van de respectievelijke frequenties van lymfatische leukemie, myeloïde leukemie, monocyttaire leukemie en overige gevallen van leukemie (Van Eyken, 2002).

### 5.2.8.4 Onzekerheid op schatting

De onzekerheid op de blootstellingsstatistieken die in tabel 24 gegeven worden is hoofdzakelijk toe te schrijven aan:

- nog onvoldoende representatieve statistieken over de variërende stroombelasting van het hoogspanningsnet
- nog te weinig inzicht in de clusterspreiding van de woningen en de bevolking rond het hoogspanningsnet
- nog onvoldoende kennis over de bevolkingsdichtheid in de bebouwde kommen die door het hoogspanningsnet doorkruist worden.

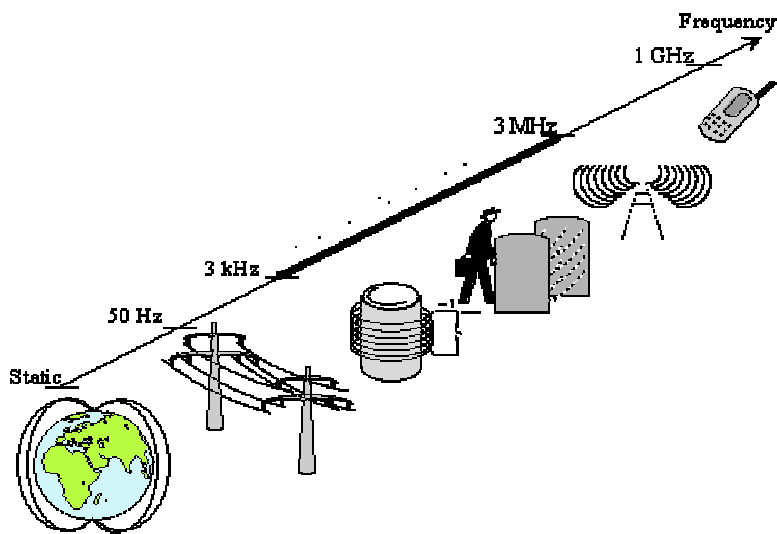
Om de betrouwbaarheid van de berekeningen te verhogen moet men dus beschikken over de representatieve tijdspercentielen die de duur van de werkingscapaciteit (stroombelasting) per lijnverbinding (iedere hoogspanningslijn wordt geïdentificeerd door o.a. een lijnnummer) aangeeft. Bovendien zou de geografische lengte van het boven- en ondergronds net dat de bebouwde kommen kruist en de bevolkingsdichtheid van de bebouwde kommen accuraat moeten bestudeerd worden. De nauwkeurigste, maar tevens de duurste, methode hiervoor is het tellen van het aantal woningen (in al haar varianten) en het aantal inwoners (per leeftijdscategorie) dat zich in de 0,4  $\mu$ T contour van elk lijntype bevindt.

In het Milieu- en natuurrapport Vlaanderen (Achtergronddocument 2003, 22., Vlaamse Milieumaatschappij, <http://www.milieurapport.be>) wordt uitgebreid op deze studies ingegaan.

### **5.3. Intermediaire frequenties**

Met intermediaire frequenties worden elektromagnetische velden bedoeld die grosso modo tussen de extreem lage frequenties (ELF) en de radiofrequenties (RF) zijn gelegen (figuur 25). Het gaat dus over velden die gesitueerd worden tussen 300 Hz en 10 MHz, of tussen 3 kHz en 3 MHz (de begrenzing kan van de ene literatuurbron tot de andere wat verschillend zijn; vb. COST244bis, 1998 vs. Bernhardt et al., 2002).

Deze frequenties worden voor verschillende toepassingen aangewend. In het bijzonder maken antidiefstal- en identificatiesystemen (EAS of “Electronic Article Surveillance” systemen en RFID “Radiofrequency Identification Devices”) hiervan gebruik. Ook sommige radarsystemen en metaal detectiesystemen (wapenopsporing) maken gebruik van intermediaire frequenties.



*Figuur 25: Intermediaire frequenties (COST244<sub>bis</sub>, 1998)*

Het grote publiek is vooral blootgesteld aan EAS systemen die praktisch als standaarduitrusting bij de winkelinrichting behoren (97% van de EAS systemen bevinden zich in warenhuizen). EAS systemen bevinden zich verder ook in sommige openbare gebouwen, bibliotheken, hotels en hospitalen. RFID 's worden tegenwoordig meer en meer gebruikt o.a. bij bagagecontrole op de luchthavens en in bibliotheken.

Volgens een voorzichtige schatting (COST244<sub>bis</sub>, 1998) zouden er in 1998 in het Europa van toen (15 lidstaten) zo'n 220.000 elektronische bewakingssystemen (antidiefstal systemen) geïnstalleerd zijn. Daarvan zijn er 110.000 werkzaam met een frequentie tussen 3 en 20 kHz; 25000 tussen (30 en 135 kHz) en 85000 tussen 1 en 3 MHz). Er van uit gaande dat er jaarlijks een toename van bij de 15% wordt verwacht betekent dit dat we dit jaar het half miljoen installaties zullen overschrijden. Een verdere (maar zeer grove) schatting die uitgaat van een evenredige verdeling van het aantal elektronische bewakingssystemen over de approximatief 250.000.000 Europese inwoners leert dat het aantal dergelijke bewakingssystemen in Vlaanderen rond de 12000 schommelt.

EAS systemen delen de volgende karakteristieken:

- Het gaat over systemen die gebruik maken van elektromagnetische velden voor de detectie op *korte* afstand, meestal minder dan enkele meters.
- De zone waar de persoon of het item doorgaat is een afgebakende zone.
- Het publiek is steeds minder dan enkele seconden blootgesteld terwijl de beroepsbevolking voor langere perioden kan blootgesteld zijn.

Gegevens over de blootstelling van de bevolking aan dit type systemen zijn niet of nauwelijks beschikbaar; echter wel enkele gegevens m.b.t. sommige beroepsactiviteiten (cf. tabel 25, Vecchia, 2004<sub>bis</sub>) die een idee geven van de magnetische veldwaarden die voor diverse frequenties werden opgetekend op zo'n 30-50 cm van de

bron (of de positie waar de arbeiders zich kunnen bevinden). Gelijkaardige gegevens werden opgetekend voor identificatiesystemen (RFID).

Frequentie (kHz)	$\mu\text{T}$ (piekwaarden)	ICNIRP-referentieniveau
0.073	146	484
0.219	122	161
0.230	93	154
0.535	72	66
5-75	43	44
58	62-65	44

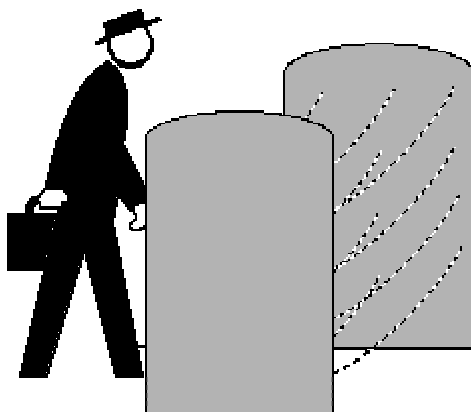
*Tabel 25: Magnetische flux densiteiten in de nabijheid van elektronische bewakingssystemen in het beroepsmilieu (Vecchia, 2004).*

De blootstelling van de bevolking wordt geacht zeker niet groter dan de beroepsbevolking te zijn wat betekent dat deze doorgaans aanzienlijk geringer zal zijn dan het ICNIRP referentieniveau. Zoals hoger aangegeven bevindt de bevolking zich bovendien meestal slechts gedurende enkele seconden (of zelfs maar fracties van een seconde) in de stralingsbundel waardoor de stralingsbelasting wel héél gering en verwaarloosbaar moet zijn (ICNIRP richtlijnen hebben betrekking op elke periode van 6 minuten). Arbeiders worden voor lange(re) perioden blootgesteld maar vaak is de afstand tot de bron is groter en de blootstelling bedraagt slechts zo'n 10, maximaal 50% van de blootstelling in de 'actieve zone'.

Dit zijn resultaten van enkele sporadische metingen. Tot op heden zijn metingen, zoals hoger aangegeven, schaars. Wel werden er modelmatig schattingen van de mogelijke blootstelling van de bevolking (inclusief kinderen) verricht (Gandhi & Kang, 2001) waarna deze theoretische blootstellingen werden getoetst aan de ICNIRP richtlijnen (overgenomen door de Europese Unie op 12.07.1999). Hiermee komt men tot een wat minder gunstig besluit:

Voor een EAS systeem dat werkzaam is bij 1 kHz (type 1) is de basisch restrictie die door ICNIRP werd geformuleerd in termen van geïnduceerde stroomdensiteiten in centraal zenuwstelselweefsel  $2 \text{ mA/m}^2$ . Voor systemen van type 2 (30 kHz) is dat  $60 \text{ mA/m}^2$ . De modelberekeningen geven aan dat de blootstelling van volwassenen beneden deze veiligheidsrichtlijnen blijven. Kinderen van 5 en 10 jaar oud zouden wel een blootstelling kunnen ondergaan die deze restricties overstijgt (bij 5 jarige kinderen zal het hersenmodel, afhankelijk van het type systeem, berekende stroomdensiteiten van resp.  $4.46 \text{ mA/m}^2$  en  $98.93 \text{ mA/m}^2$  opleveren). De verschillen met volwassenen moeten hier

vooral toegeschreven worden aan het feit dat de beschouwde EAS systemen (cf. figuur 26) strengere magnetische velden genereren op lagere hoogte, dus daar waar zich het kinderhoofd bevindt. Daarom wordt toch op enige voorzichtigheid aangedrongen al dient natuurlijk nogmaals gezegd dat de blootstelling zich doorgaans tot slechts maximaal enkele seconden beperkt terwijl de ICNIRP richtlijnen voor perioden van 6 minuten zijn geformuleerd. Algemeen genomen blijft een mogelijk risico voor de gezondheid daarom toch eerder hypothetisch dan reëel.



*Figuur 26*

## 5.4 Radiofrequenties

### 5.4.1 Radio & TV

Een antenne van radio en TV zenders kan uitzenden met een vermogen van enkele kilowatt tot vele honderden kilowatt. Hoe en hoeveel deze antenne uitstraalt hangt in grote mate af van de specifieke karakteristieken van de antenne en van zijn oriëntatie. De blootstelling zal daar dus ook grotendeels van afhangen, zowel als natuurlijk van de afstand tot deze antenne.

Onderstaande tabel geeft enkele typische waarden van blootstelling weer voor specifieke toepassingen en opgegeven afstanden tot de antenne. Omwille van de verschillende karakteristieken van de antennes en hun oriëntatie, zowel als sommige “ nabije veld ” locaties, is de tabel echter slechts richtinggevend en zeker niet strikt op te vatten.

Bron	Frequentie (MHz)	Afstand tot de bron (m)	Max. E-veld (V/m)	ICNIRP referentieniveau (V/m)
VHF – geluid	87.5-108	1500	0.4	28

VHF-TV	174-230	1500	0.1	28
UHF-TV	470-890	1500	0.3	28-41
AM radio – HF	3.95-26.1	220	43	28-44
AM radio – MF	0.415-1606	200	130	69-87
AM radio – LF	0.130-0.285	200	80	87

*Tabel 26: Voorbeelden van maximale elektrische veldsterktes in residentiele gebieden nabij antennes voor radio en TV (volgens Dahme, 1999, geciteerd in Vecchia, 2004).*

Dergelijke tabellen zijn nuttig teneinde een vergelijking te maken met de geldende aanbevelingen of normen maar laten niet toe een evaluatie te maken van de reële blootstelling van de bevolking aangezien deze afhangt van de tijd die wordt doorgebracht in de nabijheid van de bron (binnen- en buitenshuis) en de veldistributie die afhangt van de plaatselijke omstandigheden waardoor absorptie, weerkaatsing en verstrooiing door muren en obstakels.

## 5.4.2 Mobiele telefonie

Blootstelling kan gebeuren via antennes van (bv. GSM) basisstations of via de mobiele telefoon zelf. De distributie van elektrische en magnetische velden die door de handset worden geïnduceerd hangt af van de design en de karakteristieken van de telefoon en zijn antenne. In het nabije veld zijn E en H (elektrisch en magnetisch veld) niet gecorreleerd zoals in een vlakke golf het geval is en zijn zeer variabel. Anderzijds bevindt de bevolking zich meestal ver verwijderd van de antennes van een basisstation zodat hier wel de vlakke golf karakteristieken gelden.

### 5.4.2.1 Basisstations (BTS)

Basisstations voor mobiele telefonie (BTS = Base Transceiver Station) opereren bij veel lagere vermogens dan radio en TV zenders (<100 W). Deze antennes kenmerken zich o.a. door het type (vb. omnidirectionele of directionele antenne), de specifieke frequentie en het zendvermogen, de winstfactor<sup>14</sup>, het stralingsdiagram (horizontale en verticale openingshoek), en de “tilt” (afbuiging naar beneden = hoek waarmee wordt uitgezonden). De antennes staan doorgaans hoog opgesteld op masten of daken van

---

<sup>14</sup> Het feit dat meer energie in een bepaalde richting wordt uitgezonden wordt technisch uitgedrukt met de term “winst”. De winst is dus een maat voor de directiviteit of gerichtheid van de antenne.

gebouwen (uitgezonderd micro- en pico cellen die veel lagere vermogens hebben en zijn bedoeld om zeer kleine afstanden te overbruggen). Sommige van de genoemde karakteristieken zijn dan bepalend voor de graad van blootstelling die op bepaalde afstanden van de antenne zal optreden (vb. hoofdbundel raakt de grond op 150 of 300 m afhankelijk van de tilt).

Vele studies uit binnen- en buitenland laten toe een evaluatie te maken van de graad van blootstelling van de bevolking aan deze BTS-antennes. Een voorbeeld vormt een studie die door de Europese COST244<sub>bis</sub> actie werd geïnitieerd in 5 Europese landen waaronder België (Bergqvist et al., 2001). Voor België (Vlaanderen) nam professor Luc Martens (Univ. Gent) aan de studie deel. Figuur 27 geeft een voorbeeld van meetresultaten in Vlaanderen en toont aan dat een meerderheid van de metingen beduidend onder de 1V/m uitkomen. Andere belangrijke meetresultaten uit België (Wallonië) zijn het resultaat van een meetcampagne die door Ir. Willy Pirard (ISSeP, Luik) werd uitgevoerd in opdracht van de Waalse regering (Pirard, 2000). Maar er bestaan veel andere campagnes die steeds resultaten opleveren van dezelfde orde van grootte. Figuur 28 geeft bv. de samenvatting van een meetcampagne in Duitsland waaruit kan opgemaakt worden dat in nagenoeg 50% van de gemeten plaatsen velden beneden 0.1% van de blootstellingslimiet worden aangetroffen. Alle data geven uiteindelijk zo goed als dezelfde resultaten: de blootstelling op de dichtst mogelijke afstand waar de bevolking (normaliter) kan komen situeert zich ver beneden de ICNIRP richtlijnen en dus ook ver beneden de Belgische norm die aanzienlijk strenger is. Uit een recente studie waarbij gebruik werd gemaakt van de BIPT-gegevensbank (Van den Bossche, 2004) blijkt dat er op een afstand van 80 m van de BTS steeds een blootstelling wordt gevonden die minder is dan 5% van de Belgische norm. Op kortere afstand bevinden 91.4% van de controlepunten zich minstens 100 keer onder de Belgische norm terwijl zo goed als 100% van de controlepunten sowieso beneden de norm blijven. Tot op heden zijn er slechts enkele sporadische gevallen waar de norm overschreden werd en er corrigerende maatregelen dienden genomen te worden.

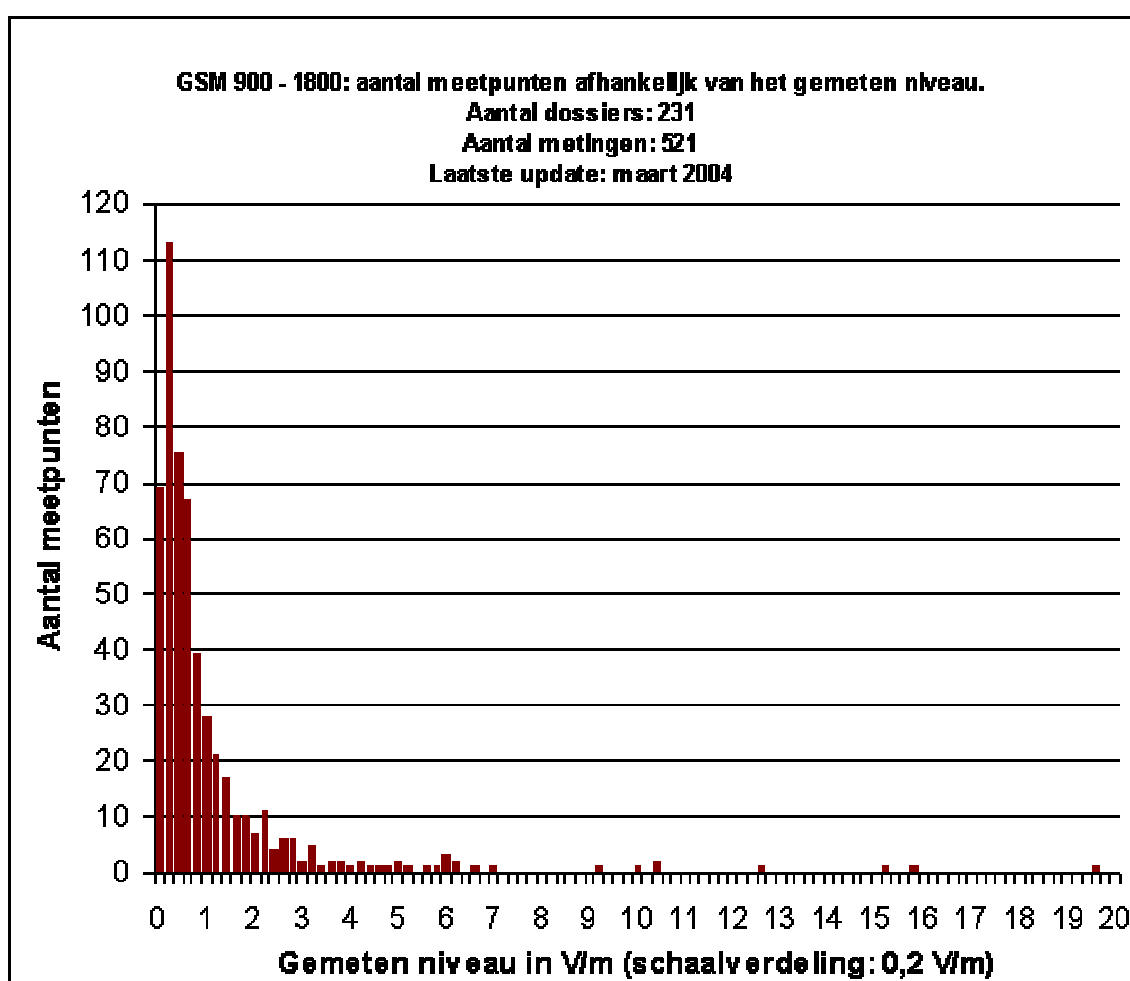
Wat de eigenlijke stralingsbelasting van de Vlaamse bevolking aan straling van antennes van basisstations betreft kunnen niet meteen cijfers naar voren geschoven worden aangezien tegenwoordig zowat overal sites worden ingeplant. Een beschrijving van de bevolking die “in de buurt” woont of een beschrijving of identificatie van risicogroepen is niet zinvol aangezien het globaal om de hele bevolking gaat. Dit zou wel nut hebben wanneer een studie rond een specifieke site zou gebeuren. Toch wordt ook dit als niet echt relevant beschouwd gezien de veelheid van bronnen van elektromagnetische stralen en het gebruik van de mobilfoon zelf die uiteindelijk de grootste RF-blootstelling geeft (Van den Bossche, 2004).

Metingen worden meestal herleid tot “wordt case” situaties en vaak gaat men uit van een maximale ‘belasting’. Zoals figuur 29 aangeeft is dat echter ver van correct. Omwille van invloeden van het verkeer en de ‘power controle’ zal de veldamplitude zeer variable zijn (Bosisio & Wiart, 1999).

#### **5.4.2.2. Microcellen**



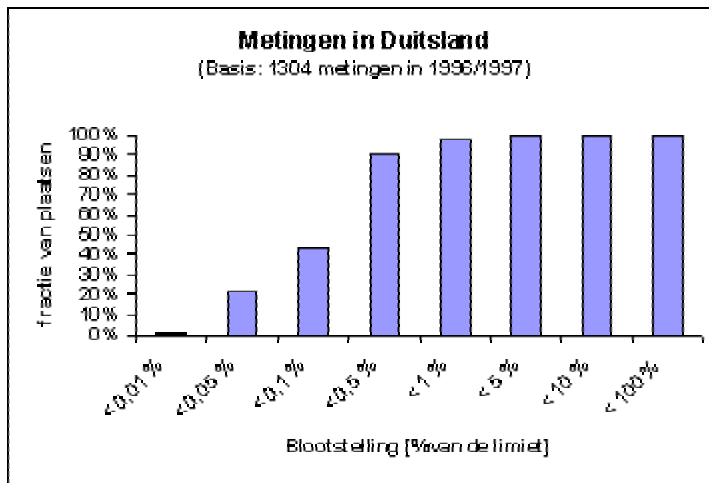
Microcellen zijn basisstations die kleine oppervlakten bestrijken. Ze worden aangewend voor het bestrijken van een zone van maximaal enkele honderden meters waarin zich vele abonnees kunnen bevinden en er dus een grote capaciteit vereist is (vele simultane bellers). Het betreft bv. commerciële centra, stations, luchthavengebouwen, enz. Een microcel antenne is bv. een staafje van ongeveer 20 cm lang die langs de gevel van een gebouw wordt geplaatst, achter een publiciteitsbord of verlichtingspaal (cf. figuur 30). Het vermogen is uiteraard klein (typisch 1W) maar de blootstelling van de mens kan wel vrij hoog zijn (alleszins hoger dan van een typische BTS antenne omwille van het feit dat de mens er vrij dichtbij kan komen. Toch wordt de blootstelling van de mens doorgaans ook hier als zeer zwak beschouwd.



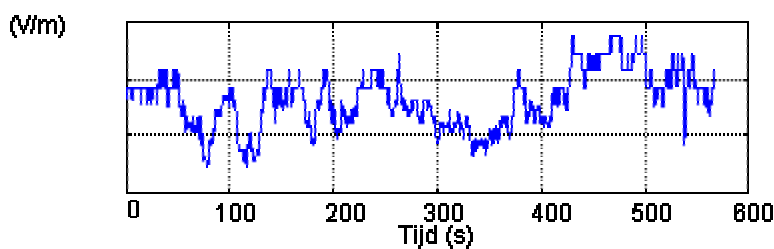
*Figuur 27: E-veldmetingen in de nabijheid van GSM-basisstations in Vlaanderen (bron BIPT, cf. <http://www.bipt.be/bipt.htm>, en MIRA-T, 2003).*

In een meetcampagne van ISSeP werden bv. metingen verricht bij een omnidirectionele Katrhein antenne (1W vermogen, 925 MHz). De meetgegevens zijn uiteraard afhankelijk van de positie van de meetantenne t.o.v. de microcel antenne en van

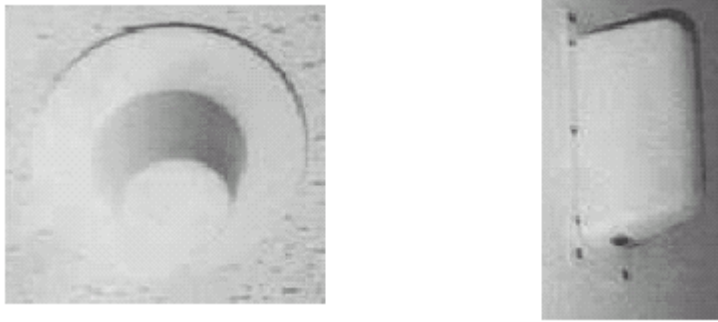
de afstand tot deze antenne; niettemin kan als algemene conclusie gezegd worden dat, voor een vermogen van 1W, het elektrisch veld tegenover de antenne minder dan 3V/m bedraagt van zodra de afstand tot de antenne meer dan 7 m bedraagt. Twee meter onder het mediane vlak is het elektrisch veld kleiner dan 1.6 V/m. Dit betekent dus dat de blootstelling van de mens inderdaad vrij beperkt is maar dat de blootstelling in sommige gevallen waar de mens kort bij de antenne kan komen (enkele meters) toch relatief hoog kan zijn. Een blootstelling aan een elektrisch veld van 7 V/m is bv. in winkelcentra niet ongewoon.



*Figuur 28: Meetgegevens op diverse plaatsen in de buurt van GSM-zendmasten voor worst-case situaties. De metingen gebeurden hier in het frequentiegebied 9 kHz tot 2.9 GHz en de spectrale intensiteiten werden opgeteld en gerelateerd naar de Duitse E DIN VDE 0848 part 2 norm (die te vergelijken valt met de ICNIRP richtlijnen). De gedetailleerde resultaten kunnen teruggevonden worden op <http://www.regtp.de/>.*



*Figuur 29: Amplitude van het elektrische veld in V/m in functie van de tijd op een gegeven afstand van een basis station*



*Figuur30: Enkele voorbeelden van microcellen. Links wordt een, omnidirectionele antenne voorgesteld die in alle richtingen in een horizontaal plan even sterk uitzendt. De diameter is 18 cm en de hoogte 6.3 cm. Deze antenne wordt aan het plafond bevestigd. De antenne rechts is een directionele antenne die niet in alle richtingen even sterk uitzendt. De lengte is 28.2 cm en de breedte 8.5 cm. Deze antenne wordt aan een muur bevestigd.*

Metingen en simulaties die door Mobistar werden uitgevoerd (Van den bossche, persoonlijke mededeling) tonen dat in de meeste gevallen de blootstelling van het publiek dat in de nabijheid van microcellen komt minstens 4 keer lager is dan de Belgische norm (die zelf 4x strenger is dan de meeste internationale richtlijnen).

#### **5.4.2.3 Handsets**

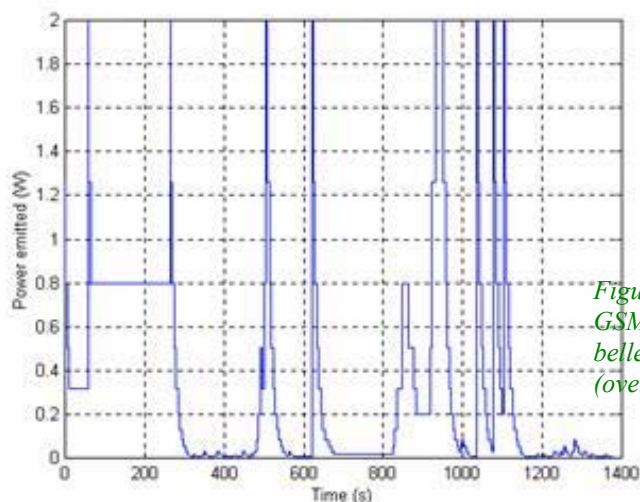
In tegenstelling tot blootstelling aan BTS antennes zal de blootstelling in het nabije veld gebeuren (approximatieve afstand tot het hoofd = 0-2cm) en dus niet in

vlakke veld situaties. De ruimtelijke distributie van de velden nabij het hoofd zal afhangen van de design en operatiekarakteristieken van het toestel zowel als van zijn positie t.o.v. het hoofd. Bovendien zal de blootstelling ook afhangen van de afstand tot de BTS, de gebruikte technologie en modulatie.

Mobiele telefoons worden heden ten dage door nagenoeg de hele wereldbevolking gebruikt. De frequentie en duur van het gebruik is hoog en kan daarom tot een aanzienlijke cumulatieve blootstelling leiden. Omwille van de korte afstand tussen de antenne en het hoofd bestaan er heel wat twijfels bij de bevolking over de mogelijke risico's.

Aangezien de analoge telefoons (1<sup>e</sup> generatie mobiele telefoons) zo goed als verdwenen zijn zullen zij hier niet ter sprake komen. De digitale (2<sup>e</sup> generatie) telefoons (GSM = Global System for Mobile Communication) die rond de 900 MHz en 1800 MHz frequentieband opereren kennen nog wel een enorme verspreiding in de wereld (en in Vlaanderen). De blootstelling hangt af van de positie van het toestel t.o.v. het basisstation (BTS) waarmee het communiceert (vermogen controle: kortbij de BTS zal minder vermogen nodig zijn dan wanneer de BTS verder afgelegen is). Het maximale vermogen is 2W (1W voor GSM-1800) maar omdat éénzelfde kanaal simultaan 8 gebruikers kan bedienen (omwille van het TDMA systeem = Time Division Multiple Access) is het maximale vermogen doorgaan slechts 0.25 W (resp. 0.125W). De basische

repetitiefrequentie is 217 Hz voor GSM en 100 Hz voor DECT telefoons. Met GSM zullen, omwille van de discontinue transmissie, ook nog 2 en 8 Hz componenten in het signaal aanwezig zijn. Alle studies tonen aan dat de blootstelling zich, omwille van (o.a.) de hoger aangehaalde redenen, ver beneden de basische restricties van de internationale standaarden situeert en dit zelfs in een “worst-case” situatie. Figuur 31 geeft aan hoe het vermogen uitgezonden door een GSM toestel kan schommelen tussen 0 en 2 W in functie van de tijd. Hieruit kan ook worden opgemaakt dat het uitgezonden vermogen in werkelijkheid lager is dan 0.5W in 50% van de tijd dat er gebeld werd.



*Figuur31: Typisch outputvermogen van een GSM handset in functie van de tijd tijdens het bellen in een reëel netwerksysteem (overgenomen van Bosisio & Wiart, 1999).*

Een essentiële component in een mobiele telefoon is de batterij. De gepulseerde transmissie mode is ook oorzaak van gepulseerde stromen in de handset waardoor ook laagfrequente velden worden geproduceerd. Analoge radiotelefoons werken niet volgens zo'n gepulseerde transmissie mode en creëren bijgevolg deze gepulseerde velden niet.

Het derde generatie systeem UMTS (= Universal Mobile Telecommunication System) doet tegenwoordig zijn intrede in Vlaanderen. Dit systeem opereert bij 2 GHz (1900-2025 MHz en 2110-2200 MHz; ITU, 1995). UMTS is gebaseerd op CDMA (Code Division Multiple Access) wat dus anders is dan voor de GSM die een TDMA (Time Division Multiple Access) schema volgt. CDMA gebruikt continue transmissie waardoor de piek en gemiddelde transmissie vermogens gelijk zijn. Dit wil zeggen dat de handsets een maximaal vermogen van ongeveer 125-250 mW heeft; d.i.. dus vergelijkbaar met (of lager dan) wat de GSM-toestellen als effectief vermogen uitstralen. De blootstelling is dus in principe van dezelfde grootte orde.

Andere systemen van mobiele communicatie zijn o.a. TETRA (Terrestrial Trunked Radio) die gebruikt worden voor commerciële doeleinden en civiele diensten (400 MHz op dit ogenblik). TETRA is eveneens een digitaal radiocommunicatienetwerk dat gebruik maakt van een cellulair netwerk en gelijkaardige technologie als GSM-netwerken. Het maximaal piekvermogen van de mobilfoon is 1 of 3 W. Door gebruik van een TDMA technologie met 4 gelijktijdige gebruikers is het effectieve maximale

vermogen resp. 250 mW of 750 mW. Typische vermogens voor de basisstations zijn 40 W. De frequentieband die gebruikt wordt ligt rond de 400 MHz. Het ASTRID netwerk voor de hulpdiensten maakt gebruik van TETRA (frequentieband 380 – 395 MHz), terwijl de frequentieband 410 – 430 MHz gebruikt kan worden voor private toepassingen (b.v. koerier- of taxibedrijven). Het gaat hier dus om professionele toepassingen die buiten het kader van dit rapport vallen; niettemin kan ook hier gezegd worden dat de blootstelling binnen de internationale richtlijnen vallen al zou dat in de toekomst kunnen veranderen (AGNIR, 2001).

Het digitale lokaal telefoniesysteem DECT (Digital European Cordless Telecommunications / Digital Enhanced Cordless Telecommunications) werkt ook in de 1800 MHz band maar is momenteel beperkt tot business en residentieel gebruik. DECT opereert meestal binnen een afstand van 300 m van het basisstation of de centrale. Het systeem gebruikt nog lagere vermogens (250 mW spitsvermogen en 10 mW rms-vermogen). We laten dit systeem dan ook buiten beschouwing.

Andere draagbare communicatiesystemen zoals walkie-talkies en citizenband radio's opereren gewoonlijk in de gebieden van 27 tot 54 MHz, van 132 tot 174 MHz en van 403 tot 512 MHz met maximum vermogens tot 100 W.

Radiozenders sturen elektromagnetische straling met frequenties 0,18 - 1,6 MHz (AM) en 88 – 108 MHz (FM) in de ether. Typische uitgezonden vermogens voor FM-zenders zijn van de orde van enkele honderden Watt. Middengolfzenders kunnen een vermogen tot een megawatt in de ether brengen. Televisiezenders gebruiken de frequenties tussen 470 en 854 MHz. De uitgezonden vermogens van radio- en televisiezenders liggen tussen 50 en 5000 kW *ERP* (Effective Radiated Power).

#### **5.4.2.4 Vergelijking van RF-straling tijdens het versturen van SMS-bericht en tijdens het telefoneren**

##### **5.4.2.4.1 Meetomstandigheden**

De metingen tijdens het SMS-en werden uitgevoerd onder dezelfde reële omstandigheden, nl.:

- hetzelfde GSM-toestel werd gebruikt
- metingen gebeurden in het laboratorium en niet in een anechoïsche kamer
- het versturen van het SMS-bericht en het telefoneren gebeurde via dezelfde provider naar dezelfde ontvanger
- er werden twee verschillende sms-tekstberichten verstuurd: één van 2 en één van 5 zinnen lang.

##### **5.4.2.4.2 Resultaten**

Uit tabel 27 kunnen we afleiden dat de tekstlading van het sms-bericht geen invloed heeft op de veldsterkte en dat de veldsterkte bij het uitvoeren van deze handeling substantieel kleiner is dan deze die waargenomen wordt tijdens het telefoneren.

Elektrisch veld (900 MHz band) bij versturen van SMS-bericht			Elektrisch veld tijdens telefoneren	
Tekstlading	Piek	Gemiddelde over 5 sec	Piek	Gemiddeld over 40 sec
2 zinnen	8 V/m	0.9 V/m	23 V/m	2,83 V/m
5 zinnen	7,8 V/m	0,8 V/m		
GSM: Nokia 6610 (tri-band – proximus)				

Bron: Vito, 2004

*Tabel 27: Vergelijking tussen RF-straling tijdens het versturen van SMS-bericht en tijdens het telefoneren*

#### 5.4.2.5 Persoonlijke satellietcommunicatiesystemen

Naast de ‘aardse’ draadloze telefonie is ook satellietcommunicatie mogelijk. Deze kan gebruikt worden in gebieden waar er geen telecommunicatie infrastructuur bestaat. Er bestaan verschillende systemen: Low Earth Orbit (LEO), Medium Earth Orbit (MEO) en Geostationary Earth Orbit (GEO). Ze zijn niet van belang voor de inschatting van de NIS blootstelling van de bevolking in Vlaanderen en zullen dus niet verder besproken worden.

#### 5.4.2.6 Wireless fidelity (WIFI)

##### 5.4.2.6.1 Beschrijving

WLAN (Wireless Local Area Network) neemt op een snelle manier wereldwijd toe. De bedoeling ervan is de informatieverspreiding doorheen instellingen, bedrijven, onderwijs en particuliere consumenten te vergemakkelijken te versnellen en te optimaliseren.

De belangrijkste WLAN producten zijn wi-fi (wireless fidelity) en bluetooth<sup>15</sup>. Binnenkort doet de UWB (ultra-wideband) waarschijnlijk zijn intrede en bovendien werken IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) en de ‘wi-fi alliance’ aan een overeenkomst om een aantal nieuwe wi-fi varianten (IEEE802.11e, - i en -n) zo snel mogelijk op de markt te brengen.

Tabel 28 geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van de WLAN-systemen die aan verschillende IEEE-productnormen verbonden zijn.

---

<sup>15</sup> Terwijl Bluetooth ontworpen is als kabelvervanger om de toestellen (bv. 2 printers) rechtstreeks met elkaar te verbinden werd wi-fi ontworpen om een geheel netwerk te verbinden. Bluetooth verbruikt minder stroom dan wi-fi en omdat ze daarenboven in kleinere toestellen kunnen geïntegreerd worden is bluetooth beter geschikt voor consumentenelektronica, zoals bv. de GSM dan wi-fi. Daar bluetooth en wi-fi op dezelfde frequentie werken kunnen ze elkaar storen.

Terwijl de outputvermogens van wi-fi, die zich in het milliwatt (mW) bevinden, veel kleiner zijn dan die van huishoudelijke microgolfoven (600 – 1200 W) zijn hun werksfrequenties bijna gelijk: wi-fi 2,46 GHz en microgolfoven 2,45 GHz. Wi-fi is een open stralingssysteem terwijl de microgolfoven een gesloten systeem is met een gemiddelde lekstraling van  $0,2 \text{ mW cm}^{-1}$ .

	Wi-fi	Bluetooth	UWB
IEEE productnorm	802.11b <sup>16</sup>	-	802.15.3a
Frequentie (GHz)	2,46	2,46	2,46
Snelheid (Mbps)	11	0,72	220
Bereik (m)			Max. 70 zonder specificatie voor binnen of buiten
- binnen	50 – 100	10	
- buiten	400	niet gerbuikt	

*Tabel 28: Kenmerken van de WLAN-systemen*

#### 5.4.2.6.2 Penetratie

Een maat van de wi-fi penetratie per land, regio of gemeenten wordt gegeven door middel van het aantal toegangspunten (meestal access point of hotspots genoemd) waarover dit gebied beschikt. In de USA zijn er dat tegenwoordig 12772 en in Europa 8.500 met een verwachting van 70.000 in 2008. In Europa staat Hasselt aan de top van de lijst voor wat van het aantal WLAN's betreft. Een drietal jaar geleden startte 'De Provinciale Hogeschool Limburg' een WLAN-project waarbij de studenten uitsluitend 'online' gebruik maakten van de wi-fi technologie waarvoor ze beschikten over 250 toegangspunten (verbindingcapaciteit voor 4 000 gebruikers). Hasselt zal dit project uitbreiden met een wi-fi infrastructuur over heel de stad zodat studenten en alle inwoners via wi-fi gratis toegang krijgen tot e-mail en internet. In 2003 zou Telenet en Siemens een 20 wi-fi toegangspunten installeren aan de Belgische kust. Momenteel gaat het zover dat de wi-fi toegangspunten in de USA en Europa een uithangbord vormen om in allerlei commerciële sectoren klanten te ronselen. In dit opzicht heeft het bedrijfje Sinfilo in België reeds op verschillende locaties waaronder de nationale luchthaven, enkele Quicks en een aantal hotels wi-fi netwerken draaien.

#### 5.4.2.6.3 Probleemstelling

Ofschoon tegenwoordig de wi-fi toegangspunten als paddestoelen uit de grond schieten en binnenkort waarschijnlijk reeds nieuwe systemen op de markt zullen verschijnen, werd noch de persoons- noch de plaatsgebonden RF-blootstelling van de huidige en tevens eerste reeks wi-fi's (802.11b) gekarakteriseerd.

#### 5.4.2.6.4 Persoonsgebonden blootstelling

---

<sup>16</sup> IEEE 802.11b is de productstandaard van de draadloze technologie die doorgaans onder de naam wi-fi verkocht wordt.

Onlangs had Vito de gelegenheid om de blootstelling van de RF-straling van een “wi-fi card” [wi-fi: airport card (AIR-PCM352) Wi-Fi 802.11 (11 MBps), frequency: 2462 MHz] breedbandig te registreren. Dit gebeurde onder de volgende omstandigheden:

- tijdens het elektronische verzenden van een bijlage van 16 MB
- tijdens het opladen en surfen op het internet
- tijdens het normaal werken op de PC

De resultaten van deze metingen worden in tabel 29 weergegeven.

PC actie	E-veld in V/m en (S in W/m <sup>2</sup> ) <sup>17</sup>		
	Afstand op 1 cm van wi-fi card *	Blootstelling ter hoogte van borst (= at 50 cm vande wi-fi card	Voorhoofd-blootstelling op 65 cm van card
Internet laden en surfen	2,7 (0,02)	0,8 (0,002)	0,5 (0,001)
Zenden bijlage van 16 MB	17 (0,75)	1,62 (0,007)	1,5 (0,006)

\* Kenmerken wi-fi: airport card (AIR-PCM352) Wi-Fi 802.11 (11 MBps), frequency: 2462 MHz

Bron: Vito, 2003 (vertrouwelijke gegevens)

*Tabel 29: Blootstelling aan elektrisch veld (E-veld) en vermogendichtheid (S) van wi-fi card*

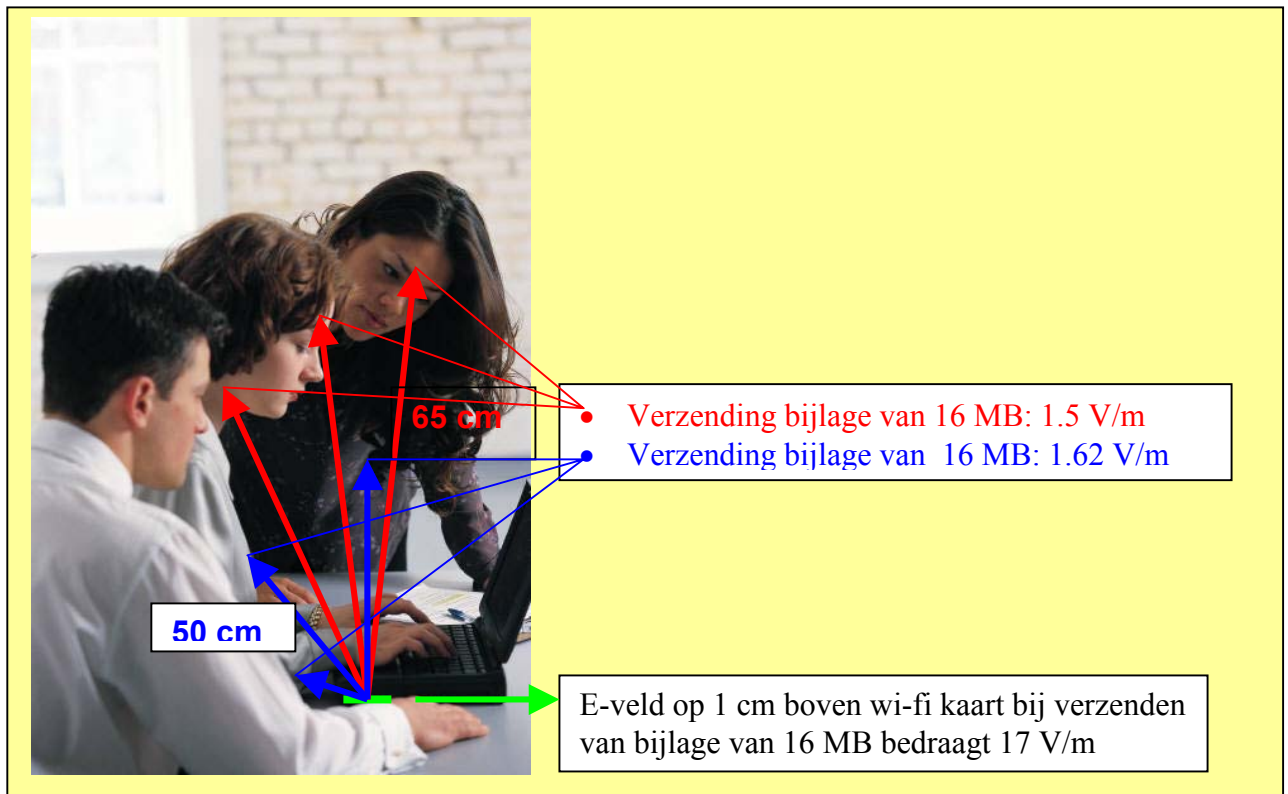
Bij het verzenden van de bijlage bedroeg het breedband gemeten E-veld van de 2,4 GHz band op 1,5 cm boven de ingeplugde wi-fi card 17 V/m. Ter hoogte van de borststreek en het voorhoofd was de veldsterkte respectievelijk 1,62 en 1,5 V/m. Tijdens de andere PC-acties was de veldsterkte merkbaar kleiner.

Figuur 32 stelt de meetresultaten van tabel 29 aanschouwelijk voor.

---

17 Omvorming van E-field (V/m) in vermogendichtheid (S in W/m<sup>2</sup>):  $S_{(W/m^2)} = EH = E^2/377 = 377 H^2$





*Figuur32: Blootstelling van de borststreek en het voorhoofd door wi-fi straling*

Wanneer deze resultaten vergeleken worden met de Belgische norm voor frequenties tussen 10 MHz en 10 GHz ((Belgisch Staatsblad (22/05/2001)) stellen we vast dat de meetwaarden ver beneden de blootstellingslimiet van 30,7 V/m (5,5 W/m<sup>2</sup>) voor de 2,45 GHz band valt.

Frequentie	Elektrisch veld (V/m)	Vermogendichtheid (W/m <sup>2</sup> )
10 – 400 MHz	13.7	0.5
400 MHz – 2 GHz	$0.686 \sqrt{f}$	$f/800$
2 – 10 GHz	30.7	2.5

*Tabel 30: Belgische referentieniveaus voor frequenties tussen 10 MHz en 10 GHz*

Omdat het zes minuten na een verstoring duurt vooraleer kleine organen, zoals bv. de ogen, hun stabiele thermoregulerende toestand terugwinnen moet de RF-blootstelling ten minste gedurende 6 minuten geregistreerd worden. Om zich een beeld te vormen van de werkelijke blootstelling moet de RF-straling tenminste gedurende een werkdag van 8 uur geregistreerd worden en in reeksen van 6 minuten uitgemiddeld worden. Daar dit hier niet gebeurde zijn de meetgegevens van tabel 29 en figuur 32 slechts momentopnamen die niet als representatief kunnen beschouwd worden voor de werkelijke blootstelling. Bovendien mocht de blootstelling tengevolge van de acties van de wi-fi antenne niet in het betrokken bedrijf gemeten worden.

Vanaf augustus zal bij Vito een eindejaarsstudent een pilootstudie op verscheidene wi-fi systemen uitvoeren. Hij zal de persoons- en de plaatsgebonden blootstelling van het binnen- en buitengebruik ervan op een representatieve wijze en in al haar vormen karakteriseren.

### **5.4.2.7 Radar in het wegverkeer**

#### **5.4.2.7.1 Inleiding**

Het principe van de radar (Radio Detection And Ranging) dateert van het einde van de eerste wereldoorlog en werd echter in praktijk gebracht in de tweede wereldoorlog. In België is radarcontrole in het verkeer gestart in 1971, met de invoer van een “traffic radar system” uit de Verenigde Staten, van het bedrijf Kustom Signals, inc. In de Verenigde staten werden deze toestellen reeds vanaf 1965 geproduceerd. In 1975 kwam de Multanova op de Belgische markt en in 1976 de Speedgun. De bekende “flitspalen” – van het merk GATSOMETER – zoals die vandaag veelvuldig opduiken in het straatbeeld, zijn geïntroduceerd in 1988.

Naast de controle in het wegverkeer wordt radar eveneens gebruikt in het luchtverkeer. De NASA gebruikt radar om de aardbol en andere planeten of satellieten in kaart te brengen en meteorologen gebruiken radar om stormen op te sporen. Het automatisch openen en sluiten van de deuren gebeurt in de meeste winkels door radarsystemen.

De frequentie van de radar voor wegcontrole situeert zich meestal in het gebied van 13, 25 tot 36 GHz. Voor een volledige indeling van radar wordt verwezen naar de website van het BIPT (<http://www.bipt.be/bipt.htm> onder telecommunicatie - frequentiebeheer - frequentieplan – plan).

#### **5.4.2.7.2 Indeling van de radar voor politiedoeleinde**

##### **➤ De mobiele of bemande radar**

De mobiele radar wordt in een voertuig ingebouwd of op een driepikkel langs de kant van de weg opgesteld. De frequentie van deze radar ligt tussen de 13 en 35 GHz. Het principe is gebaseerd op de geluidsradar: de auto rijdt de radarbundel in en wordt continu gemeten. De radargolf weerkaatst op de auto en keert terug in een andere frequentie. Uit deze frequentiewijziging kan de snelheid bepaald worden. Indien het voertuig de ingestelde drempelsnelheid overschrijdt, wordt het voertuig (nummerplaat) zo'n drietal meter nadat het de radarbundel passeerde gefotografeerd. Dit principe wordt ook toegepast bij de onbemande snelheidscamera's.

##### **➤ De snelheidscamera**

Deze camera controleert alleen de snelheid en wordt geplaatst langs de wegen. Hier gaat het om de bekende “flitspalen” (onbemande camera's).

In België werken de snelheidscamera's op basis van een radarfrequentie van 24.125 GHz en is gebaseerd op het dopplereffect. Een voertuig dat zich in de stralingsbundel beweegt, weerkaatst de radargolf en wijzigt de frequentie van deze straling. De grootte van deze frequentiewijziging is afhankelijk van de snelheid van het voorwerp, waardoor de snelheid kan berekend worden. De snelheid waarop de snelheidscamera overtredingen begint te registreren kan veranderd of ingesteld worden naar wens.

➤ **De roodlichtcamera (combinatiecamera)**

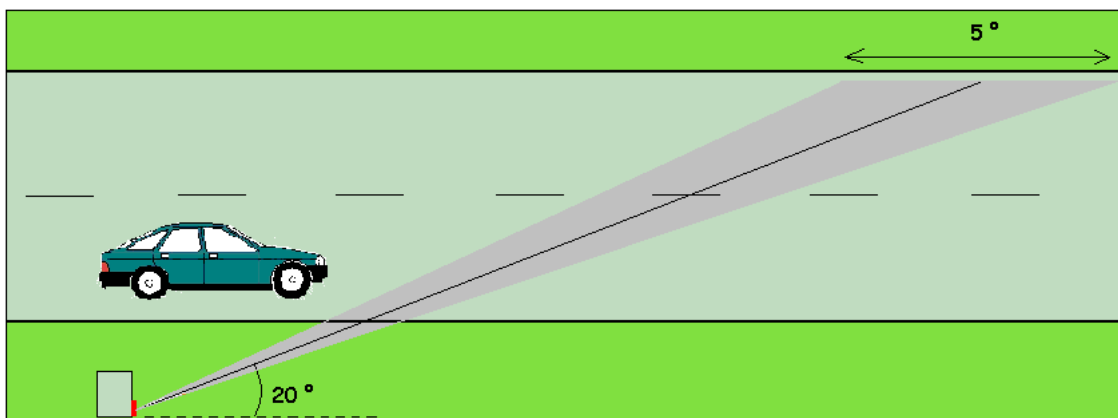
De roodlichtcamera wordt meestal gecombineerd met een snelheidscamera en registreert de inbreuken op de snelheid en het negeren van het rode licht. De camera wordt geplaatst ter hoogte van door verkeerslichten geregelde kruispunten.

De roodlichtcamera werkt via twee lussen per rijstrook, die zijn aangebracht in het wegdek. De lussen bevinden zich meestal ter hoogte van de stopstreep. Voor het negeren van het rode licht wordt het ogenblik dat het voertuig over de lus rijdt vergeleken met de signaalstand van het verkeerslicht (al dan niet rood). Voor het vaststellen van overdreven snelheid wordt de tijdspanne gemeten waarbij het voertuig over de twee opeenvolgende lussen rijdt. De snelheid wordt vervolgens berekend. Bij elke overtreding maakt de roodlichtcamera twee foto's. De eerste foto registreert de overtreding. De tweede foto registreert of het voertuig stopt of doorrijdt en vermeldt de snelheid ervan.

**5.4.2.7.3 Opstelling van radarsystemen en stralingsbundel**

➤ **Opstelling**

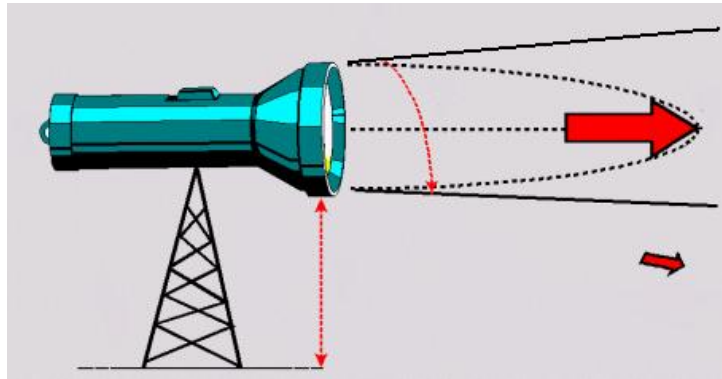
Zoals figuur 33 aantoont worden bepaalde radarsystemen, zoals bv. de Gatsometer, evenwijdig met de as van de weg opgesteld en de radarbundel wordt onder een hoek van 20° over de weg gestuurd wordt.



*Figuur 33: Voorbeeld van radarbundel die de weg kruist*

➤ **Stralingsbundel**

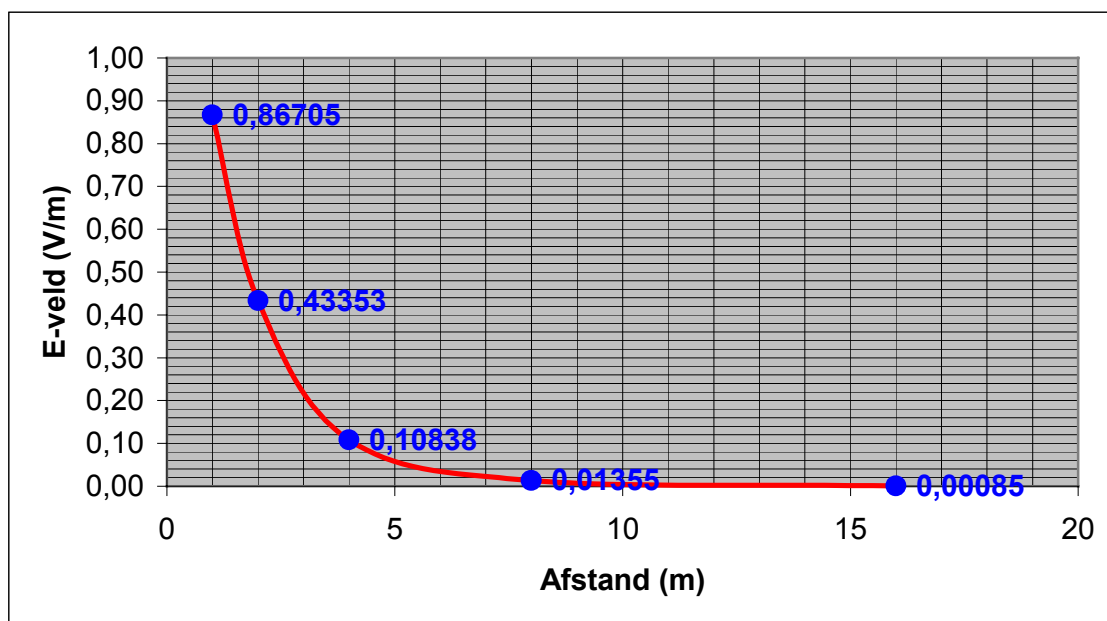
Zoals figuur 34 aantoont is de radarbundel die door een radartoestel uitgezonden wordt een geconcentreerde bundel die kan vergeleken worden met de lichtbundel van een zaklamp. De spiegel in de zaklamp zorgt ervoor dat de lichtbundel geconcentreerd wordt en sterker in de gewenste richting schijnt. Meestal straalt de lichtbundel onder een bepaalde hoek iets breder uit, om een groter “praktisch” nuttig oppervlak te beschijnen.



*Figuur 34: Stralenbundel van radartoestel*

De radartoestellen voor verkeerscontrole zenden hun stralen uit in een geconcentreerde bundel van 5 à 6 °. Hierdoor is er veel minder totale stralingsenergie nodig om de gewenste sterkte te verkrijgen op de gewenste plaats, namelijk de openbare weg. Buiten de stralenbundel zal de stralingsintensiteit opmerkelijk lager zijn. De intensiteit van de bundel neemt af met het kwadraat van de afstand en wanneer het uitzend vermogen en winstfactor (gain) van de radar bekend zijn kan de intensiteit op elke willekeurige afstand van de radar berekend worden.

Figuur 35 toont de afname van de straling van een multinovaradar met een frequentie van 34,3 GHz en een zendvermogen van 0,5 mW.



Bron: Vito, 2004

*Figuur 35: Afname van het elektrisch veld i.f.v. de afstand*

Zoals reeds in de inleiding vermeld werd hebben de radars voor de controle van het wegverkeer relatief kleine vermogens (0,5 mW – 10 mW)

Volgens de ICNIRP-richtlijn (1998) mag de algemene bevolking voor een frequentie van 34,3 GHz blootgesteld worden aan 61 V/m. Vergelijking van de waarden van figuur 35 met deze waarde toont aan dat deze radar geen risico voor de bevolking inhoud. Het risico van de radar situeert zich waarschijnlijk binnen i.p.v. buiten de wagen. Het evalueren van de strooivelden binnen de wagen is echter een kwestie van blootstelling van de beroepsbevolking en valt buiten de inhoud van deze tekst.

Momenteel maakt een student bij Vito zijn afstudeerwerk over: Inventarisatie van niet-ioniserende straling veroorzaakt door verkeerscontrole van de politie voor de bevolking in Vlaanderen.

Wanneer dit eindwerk klaar is zal een kopie aan AMINAL overgemaakt worden.

## 5.4.2.8 Microgolfovens

### 5.4.2.8.1 Microgolfoepassingen

De microgolfoepassing kunnen ingedeeld worden in twee grote groepen:

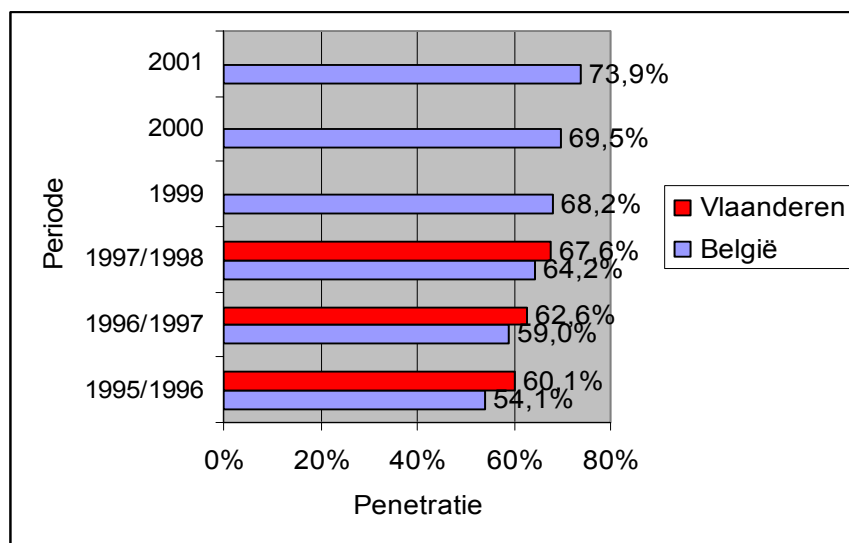
- de toepassingen in de telecommunicatie waarop in deze rubriek niet verder ingegaan wordt
- de thermische toepassingen waarbij de elektromagnetische golf de drager is van energie

De best gekende thermische microgolftoepassingen in de industrie zijn drogen, koken, steriliseren, pasteuriseren en vulcaniseren (niet van toepassing voor de algemene bevolking). De meest courante toepassing en het best gekende toestel is zondermeer de huishoudelijke microgolfoven die werkt bij een frequentie van 2450 MHz en een vermogen van 600 tot 1 200 W.

#### 5.4.2.8.2 Penetratie van de microgolfoven in het huishouden

Figuur 36 geeft een overzicht van de evolutie van het voorkomen van de microgolfoven in de huishoudens in Vlaanderen (verloop 1995 – 1998) en respectievelijk België (verloop 1995 – 2001).

Van 1995 tot 2001 is de penetratie van de microgolfoven in het Belgisch gezin ongeveer met gemiddeld 4% per jaar toegenomen. Daar Vlaanderen hetzelfde verloop volgt zal de tendens in deze regio dezelfde zijn als in België.



Bron: NIS-INS (2004)

*Figuur 36: Penetratieverloop van de microgolfoven in Belgische en Vlaamse huishouden*

#### 5.4.2.8.3 Lekstraling van de huishoudelijke microgolfoven

Een meetcampagne die door Vito in de jaren 90 uitgevoerd werd i.v.m. de lekstraling van deze ovens bracht aan het licht dat

- de gemiddelde lekstraling (gemeten volgens de IEC-norm 335-2-25 (1988) met een ovenlast van 275 ml kraanwater aan 20°C) op 5 cm van de voorkant van de microgolfoven 0,2 mW/cm<sup>2</sup> bedraagt: dit is 25 keer kleiner dan de emissienorm van 5 mW/cm<sup>2</sup>.

- de grootte van de lekstraling omgekeerd evenredig is met de ovenlast: bij gebruik van een ovenlast van 25 ml water i.p.v. 275 ml was de gemiddelde lekstraling 1 mW/cm<sup>2</sup>
- geen verband bestaat tussen de intensiteit van de lekstraling en het vermogen of de prijs van de microgolfoven
- de intensiteit van de lekstraling afneemt met het kwadraat van de afstand

Figuur 37 geeft de afname van de lekstraling i.f.v. de afstand door toepassing van de omgekeerde kwadraatsvergelijking:

$$\text{Lekstraling (mW / cm}^2\text{)} = \frac{1}{r^2} \quad [6]$$

waar  $r^2$  gelijk aan de radiale afstand tot de oven.

Voor het opstellen van figuur 37 werd uitgegaan van de gemiddelde lekstraling die op van 5 cm van de oven bekomen werd met een last van 275 ml (IEC-norm) waarbij de lekstraling 0,2 mW/cm<sup>2</sup> bedraagt enerzijds en een veel kleinere last van 25 ml waarbij gemiddeld 1 mW/cm<sup>2</sup> waargenomen werd. De simulatie werd doorgevoerd tot op operatorafstand die een 40-tal cm bedraagt.

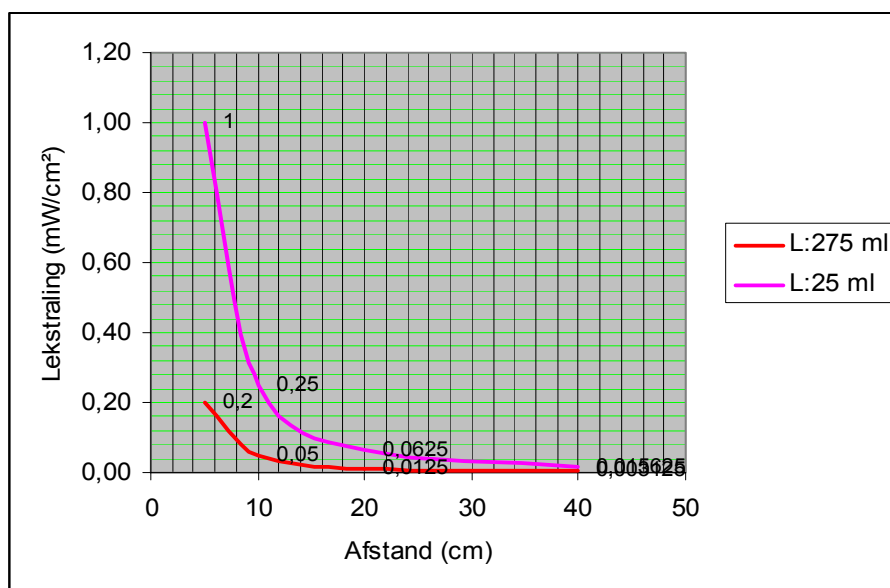
Uit deze figuur leiden we af dat de lekstraling op operatorafstand (40 cm), en zelfs dicht bij de oven, verwaarloosbaar is bij toepassing van beide ovenlasten. Bij gebruik van een ovenlast van 275 ml is de lekstraling 0,003 mW/cm<sup>2</sup>, bij gebruik van 25 ml is dit 0,015 mW/cm<sup>2</sup>. Aldus houdt dit weinig risico in voor de gezondheid.

#### 5.4.2.8.4 Emissienorm

De emissienorm, gemeten volgens de IEC-norm 335-2-25 (1988), bepaalt dat de intensiteit van de maximale lekstraling:

- vóór verkoop op een afstand van 5 cm niet groter mag zijn 1 mW/cm<sup>2</sup>;
- na verkoop op een afstand van 5 cm niet groter mag zij dan 5 mW/cm<sup>2</sup>

De lekstraling wordt gemeten volgens de IEC-norm 335-2-25 (1988) met een standaardbelasting in de oven van 275 ml kraanwater aan 20° C.



*Figuur 37: Lekstraling van huishoudelijke microgolfoven i.f.v. de ovenlast en de afstand*

## 5.5. Ultrageluid

Enkele typische intensiteiten die voor diagnostische of therapeutische doelstellingen worden gebruikt werden eerder opgegeven. Het is echter niet mogelijk een “gemiddelde” blootstelling van de bevolking te berekenen of via meetgegevens op te geven omdat alles van de behandeling afhangt en er grote verschillen kunnen voorkomen in de duur van de blootstelling en de behandelde zone van het lichaam. Bovendien zijn blootstellingen als gevolg van medische toepassingen niet echt situeerbaar t.o.v. normen of richtlijnen aangezien men hier van een risk-benefit benadering uitgaat. Er zijn geen gegevens beschikbaar m.b.t. het aantal toepassingen van ultrageluid en derhalve van het aantal personen die worden behandeld, noch van het aantal behandelingen per persoon.

## 5.6. Samengestelde frequenties

### 5.6.1 Probleemstelling en toepassingen

In Vlaanderen, België en overal in onze westerse wereld wordt de mens geconfronteerd met “multipath radiation”. Tijdens zijn dagelijkse activiteit beweegt de mens zich doorheen omgevingen waar hij alleen hetzij aan natuurlijke hetzij aan kunstmatige, aan enkelvoudige of samengestelde frequentievelden blootgesteld wordt. In Vlaanderen en elders staan zendinstallaties opgesteld voor mobilofonie, TV, radio, radar waarvan de frequenties zich bevinden in het radiofrequentie (RF) en microgolfg gebied. De meest relevante zenders/bronnen die een breed gebied beslaan zijn FM-radiozenders, televisiezenders en de zenders voor mobiele communicatie. Bronnen die echter lokaal een substantiële bijdrage kunnen leveren tot de samengestelde blootstelling zijn private mobiele radio’s en amateur radio’s.



Tabel 31 geeft een overzicht van het totaal uitgezonden vermogen per toepassing.

Toepassing	Frequentie	Uitgezonden vermogen
Middengolf radio (AM)	1 MHz	555 kW
FM-radio (particulier en publiek)	100 MHz	191 kW
Digitale radio (DAB)	200 MHz	13 kW
Analoge televisie	200 MHz tot 800 MHz	170 kW
Digitale televisie (DVB-T)	800 MHz	6 kW
ASTRID	400 MHz	16 kW
GSM	900 MHz en 1800 MHz	560 kW

Bron: BIPT, gegevensbank Sectie RF-straling; VRT; Administratie Media, MIRA: Achtergronddocument NIS, 2003

*Tabel 31: Schatting van het uitgezonden vermogen per toepassing*

De gegevens betreffende de particuliere omroepzenders werden verstrekt door de Administratie Media. Om het totale uitgezonden vermogen voor de particuliere FM-radio te kennen, werd het toegelaten vermogen aan de ingang van de antenne gesommeerd voor alle lokale en alle landelijke particuliere FM-radio's. De gegevens voor de FM-radio zenders voor publieke omroep zijn verstrekt door de VRT, evenals de uitgezonden vermogens voor DABradio. De uitgestraalde vermogens voor analoge televisie zijn enkel afkomstig van VRT-zenders. Er dient opgemerkt te worden dat de cijfers voor digitale TV (DVB-T) enkel voor een proefproject zijn.

De gegevens van de uitgezonden vermogens voor ASTRID en GSM werden berekend op basis van de BIPT-databank. Voor de GSM-basisstations werd het totaal uitgezonden vermogen voor de basisstations uit de databank berekend en daarna geëxtrapoleerd voor het totaal aantal basisstations dat de mobiele operatoren in Vlaanderen in dienst heeft. Voor de 1 170 Vlaamse sites van de BIPT databank werd een totaal vermogen van 213,4 kW bekomen. Geëxtrapoleerd voor alle 3070 Vlaamse basisstations, komt dit op een totaal vermogen van 560 kW.

Het totaal uitgezonden vermogen in de band 10 MHz – 10 GHz door antennes voor omroep en mobiele communicatie, wordt voor 2002 geschat op 956 kW. Dit correspondeert voor Vlaanderen met een gemiddeld uitgezonden vermogen per vierkante kilometer van 71 W/km<sup>2</sup> voor het jaar 2002.

### 5.6.2 Normbenadering

De Belgische norm voor enkelvoudige en samengestelde elektromagnetische velden heeft betrekking op het frequentiegebied van 10 MHz tot 10 GHz (Belgisch K.B. van 29 april 2001). In verband met de samengestelde frequenties wordt bepaald dat het

kwadraat van de som van het waargenomen elektrisch veld bij frequentie gedeeld door haar overkomstige referentiewaarde van de normbepaling niet groter mag zijn dan 1:

$$\sum_{10MHz}^{10GHz} \left( \frac{E_i}{E_{iref}} \right)^2 \leq 1 \quad [5]$$

met:

- $E_i$  : de waargenomen elektrische veldsterkte bij frequentie  $i$
- $E_{iref}$  het overeenkomende referentieniveau volgens de normbepaling

De formule garandeert dat de gecumuleerde SAR ten gevolge van de verschillende bronnen de basisrestricties niet kan overschrijden. Bovendien houdt de formule ook in dat  $\sum(E_i/E_{iref})^2$  nooit kleiner kan zijn dan 1 indien de referentienorm slechts éénmaal overschreden wordt

Een probleem dat echter kan ontstaan bij toepassing van de formule is dat  $\sum(E_i/E_{iref})^2$  groter kan zijn dan 1 terwijl geen enkel van de individuele frequentiebanden het overeenkomstig referentieniveau overschrijdt. Tabel 32 geeft hier een voorbeeld van.

Freq. (MHz)	100	105	106	380	390	936	935	1800	2200
$E_i$ (V/m)	8	6	5	6.5	5.5	3.5	3	3	5
$E_i(\text{ref})$ (V/m)	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	20?6	20?6	29,1	30,7
$(E_i/E_i(\text{ref}))^2$	0,341	0,192	0,133	0,225	0,164	0,029	0,021	0,011	0,027
$\sum(E_i/E_i(\text{ref}))^2$	<b>1,14</b>								

*Tabel 32: Toepassing van formule [5] op samengestelde frequentie*

In dit opzicht werd onlangs in Washington D.C. door de FCC een boete voorgesteld tegen vier licentiehouders voor het overschrijden van de maximaal toelaatbare blootstellingslimiet op een site voor multigebruikers. De vermogendichtheid van de individuele zenders viel binnen de aanvaardbare limieten, maar het cumulatief effect van de zenders overschreed de FCC-limieten. In de bijlage hieronder wordt het volledig artikel hierover weergegeven.



# NEWS

Federal Communications Commission  
445 12<sup>th</sup> Street, S.W.  
Washington, D. C. 20554

News Media Information 202 / 418-0500  
TTY 202 / 418-2555  
Fax-On-Demand 202 / 418-2830  
Internet: <http://www.fcc.gov>  
<ftp.fcc.gov>

This is an unofficial announcement of Commission action. Release of the full text of a Commission order constitutes official action. See MCI v. FCC, 515 F.2d 385 (D.C. Cir. 1974).

**FOR IMMEDIATE RELEASE:**  
October 22, 2003

**NEWS MEDIA CONTACT:**  
Suzanne Tetreault at (202) 418-7450  
[Suzanne.Tetreault@fcc.gov](mailto:Suzanne.Tetreault@fcc.gov)

## FCC PROPOSES TO FINE FOUR LICENSEES TOTAL OF \$40,000 FOR JOINTLY VIOLATING RF RADIATION LIMITS

Washington, D.C. – Today, for the first time, the FCC proposed forfeitures against four licensees for violating the radiofrequency radiation maximum permissible exposure limits at a multi-user site where the power density level produced by each individual licensee was within acceptable limits, but the cumulative effect exceeded the limits established by the FCC. The transmitters at issue are located on Mt. Wilson, in Los Angeles, California. The Commission proposed a forfeiture of \$10,000 for each station, for a total of \$40,000.

FCC rules establish maximum permissible exposure (MPE) limits for radiofrequency radiation (RFR) from FCC-regulated transmitters. If these limits are exceeded due to the cumulative RFR emissions of multiple transmitters, as at Mt. Wilson, then all of the licensees whose transmitters produce power density levels exceeding 5% of the power density exposure limit applicable to their particular transmitter share responsibility for reducing RFR to permissible levels.

FCC agents inspecting the Mt. Wilson transmitter site determined that RFR levels in a publicly accessible area, located approximately 100 feet from a U.S. Post Office, exceeded the maximum permissible exposure limits by 60.5%. Measurements taken by the agents revealed that transmitters for four stations, KBIG-FM, KKBT, KRTH-FM, and KWHY-TV, each were producing RFR power density levels at significantly more than 5% of the public RFR MPE limits in this area. In addition, the agents found that the licensees of the four stations failed to take adequate steps to prevent the public from accessing areas that exceeded the RFR exposure limits. Shortly after the violation was brought to the stations' attention by the FCC, however, they took steps to limit public access to the area where the radiofrequency radiation exceeded the maximum permissible exposure limits.

The Commission issued Notices of Apparent Liability for \$10,000 each to AMFM Radio Licenses, L.L.C. ("AMFM"), licensee of FM radio station KBIG-FM; Radio One Licenses, LLC ("Radio One"), licensee of FM radio station KKBT; Infinity Broadcasting Operations, Inc. ("Infinity"), licensee of FM radio station KRTH-FM; and Telemundo of Los Angeles License Corporation ("Telemundo"), licensee of TV station KWHY-TV, all serving Los Angeles, California.

Action by the Commission on October 20, 2003, by Notice of Apparent Liability for Forfeiture (FCC 03-258). Chairman Powell, Commissioners Abernathy, Copps, Martin and Adelstein.

– FCC –

Enforcement Bureau Contacts: Suzanne Tetreault at (202) 418-7450 or Kathy Harvey at (202) 418-7514  
TTY: 1 (888) 835-5322

# 6. Biologische effecten van NIS en in het bijzonder hun potentiële impact op de gezondheid van de mens

## 6.1. Inleiding

In onderstaand(e) evaluatie/overzicht van de wetenschappelijke literatuur werd rekening gehouden met een aantal belangrijke criteria die dienen gehanteerd te worden bij iedere wetenschappelijk gefundeerde evaluatie. Zo werd alleen rekening gehouden met studies die werden gepubliceerd in zogenaamde “peer reviewed” tijdschriften (waarbij een comité van experts controle heeft uitgeoefend op de gebruikte methodologie, analyse en conclusies). Aldus werd bv. geen gebruik gemaakt van mondelinge of samenvattende rapporten tenzij de degelijkheid ervan kon worden nagegaan. De publicaties die wel het onderwerp van dit syntheserapport uitmaken worden gekenmerkt door een gedetailleerde en traceerbare beschrijving van de gebruikte methodologie en adequate statistische analyses.

Een belangrijk aspect van elk literatuuroverzicht in deze materie is dat duidelijk dient gewaakt te worden over de correcte meting of schatting van de blootstelling. Voor extreem lage frequenties is dat niet altijd evident omdat, bv. in de nabijheid van een hoogspanningslijn, de blootstelling grotendeels afhangt van de belasting van de lijn (en dus de vraag naar elektriciteit). Dit betekent dat één meting misschien een slechte schatter van de blootstelling zal zijn. Bovendien zullen de resultaten variëren van de plaats in het huis waar de meting wordt uitgevoerd.

De dosimetrie is ongetwijfeld ook van cruciaal belang wanneer we het over radiofrequenties hebben. Hier is de *geabsorbeerde dosis* van belang. Het specifiek absorptietempo (of SAR = Specific Absorption Rate) is de fundamentele en algemeen aanvaarde parameter voor RF dosimetrie (uitgedrukt in W/kg). Alhoewel wellicht minder relevant voor lage blootstellingsniveau's (niet thermische effecten) is het bepalen van de SAR essentieel voor het correct inschatten van het effect (thermisch/niet thermisch), de mogelijke extrapolatie naar de mens en de relevantie in termen van risico bij blootstelling aan GSM-straling. De SAR is echter een moeilijk hanteerbare dosimeter aangezien die berekend wordt eerder dan gemeten en buiten laboratoriumomstandigheden vaak niet anders dan approximatief kan zijn. In verband met normering en controle is het daarom wellicht niet onverstandig te spreken in termen van elektrisch veld (V/m) of vermogendichtheid ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ). Hier moet echter ook de bemerking gemaakt worden dat de gehanteerde eenheden vaak misleidend kunnen zijn. Zo zullen  $\text{mW}/\text{cm}^2$  vaak de indruk wekken dat het om zeer lage blootstellingen gaat (milli-!) daar waar het toch gaat om blootstellingen die verschillende orden van grootte hoger zijn dan wat de bevolking normaal ontvangt (cf. 6.5.15).

In principe dienen studies die belangrijke onderzoeksresultaten opleveren onafhankelijk gerepliceerd te worden en kunnen de bekomen resultaten pas als waardevol

en waarachtig worden beschouwd van zodra de replicatiestudie de bevindingen van de eerste studieresultaten bevestigen. De meeste studies hebben echter niet het onderwerp uitgemaakt van (voldoende vergelijkbare) replicatiestudies zodat elke inschatting van een mogelijk risico voor de mens op dit punt noodzakelijkerwijze in gebreke blijft.

## **6.2. Statische elektromagnetische velden**

### **6.2.1 Algemeen**

Een literatuurstudie i.v.m. de mogelijke biologische effecten (i.h.b. op de gezondheid van de mens) werd uitgevoerd. Dit gaat echter in grote mate gepaard met onderzoek naar de mogelijke biologische effecten van extreem lage frequenties (ELF). Vele publicaties maken het onderscheid niet of onvoldoende, of handelen over beide types velden tegelijk.

Statische magnetische velden worden niet door het organisme tegengehouden en kunnen krachten uitoefenen op bewegende ladingen, daarbij magnetische structuren (re)oriënteren en de energieniveau's van bepaalde moleculen veranderen. Algemeen kan men echter wel stellen dat er van statische elektromagnetische velden geen gevaar uitgaat voor de menselijke bevolking, tenminste wanneer de blootstelling binnen de 'normale' grenzen gebeurt. Blootstelling aan bv. sterke velden van permanente magneten (industrie) moeten vermeden worden en kunnen o.a. voor dragers van een pacemaker zeer gevaarlijk zijn. Het gaat echter om extreme blootstellingen die niet met deze van de 'algemene bevolking' overeenstemmen en hier dus niet zullen besproken worden.

### **6.2.2 Lipoatrophia semicircularis**

Een aspect dat toch dient vermeld te worden is het mogelijke effect van statische elektrische velden bij het opwekken van *Lipoatrophia semicircularis*; d.i. een 'nieuwe' beroepsgebonden verschijnsel (we spreken nog niet van ziekte) waarbij deuken ontstaan aan de voor- en zijkant van de bovenbenen (cf. figuur38) op ca. 72 cm hoogte (met schoenen aan). Het verschijnsel komt in hoofdzaak, maar niet uitsluitend, voor bij vrouwen. Deze deuken zijn het gevolg van het subcutaan verdwijnen van vetweefsel.

Er dient opgemerkt te worden dat het verschijnsel tot voor enkele jaren zeer zeldzaam was (of althans slechts in zeldzame gevallen is gerapporteerd – een vijftigtal in de hele wereld), terwijl het nu massaal is beginnen voorkomen, i.h.b. in een aantal grote bedrijven in België. Bij de KBC heeft men sinds 1996 bv. al meer dan duizend gevallen geregistreerd. In Vlaanderen hebben wij thans kennis van meerdere tientallen bedrijven waar het verschijnsel voorkomt (cf. Maes et al., 2003).

Het gaat dus om een "beroepsgebonden" verschijnsel en zou daarom buiten het kader van dit rapport vallen ware het niet dat het ook wel voorkomt bij mensen zonder beroep. Vandaar dat we er hier toch ook aandacht aan besteden.

In de literatuur worden een aantal hypothesen opgegeven als mogelijke oorzaak van *Lipoatrophia semicircularis* (L.s.: in de volksmond ‘ribbeldijen’ of ‘deukdijen’):



*Figuur38: typisch voorbeeld van Lipoatrophia semicircularis*

1. DRUK – algemeen: bv. van knellende kledij, leunen tegen een bureau
2. DRUK – via afschuifkrachten: bv. door het zitten op niet aangepaste stoelen. Bij (o.a.) werk aan de computer wordt de bloedtoevoer onderaan het dijbeen afgesneden wat kan zorgen voor onvoldoende zuurstoftoevoer en afsterven van adipocyten (vetcellen) op een welbepaalde plaats vooraan de dijbenen. Deze hypothese werd o.a. door het team van Prof. Vande Perre, KUL geformuleerd (cf. Haex et al., 1999).
3. LOKALE TRAUMA: vb. injecties (L.s. komt bv. voor op plaatsen waar patiënten insuline injecties krijgen)
4. FYSISCH PROBLEEM (ziekte): vb. zeldzame congenitale aandoening (Bloch & Runne, 1978) of beendercyste (cf. Leonforte, 1983)

5. TEMPERATUUR: dit is een (niet gepubliceerde) hypothese van professor Van Loock (universiteit Gent) en heeft te maken met lokale temperatuursverschillen tussen de omgeving (de bureautafel) en het dijbeen.

6. ELECTROSTATISCH FENOMEEN (ESD = *electrostatic discharge*): dit is de hypothese van Vito (cf. Maes et al., 2003) en de reden waarom L.s. in het kader van het AMINAL-onderzoek wordt vermeld. Volgens deze hypothese zouden bureaubladen elektrisch geladen worden (o.a. via de PC; wat verklaart waarom L.s. dan ook in de huiskamer kan ontstaan) en bij contact met het dijbeen ontladen (of omgekeerd). Adipocyten zouden voor dergelijke herhaaldelijke ontladingen bijzonder gevoelig zijn (zie later).

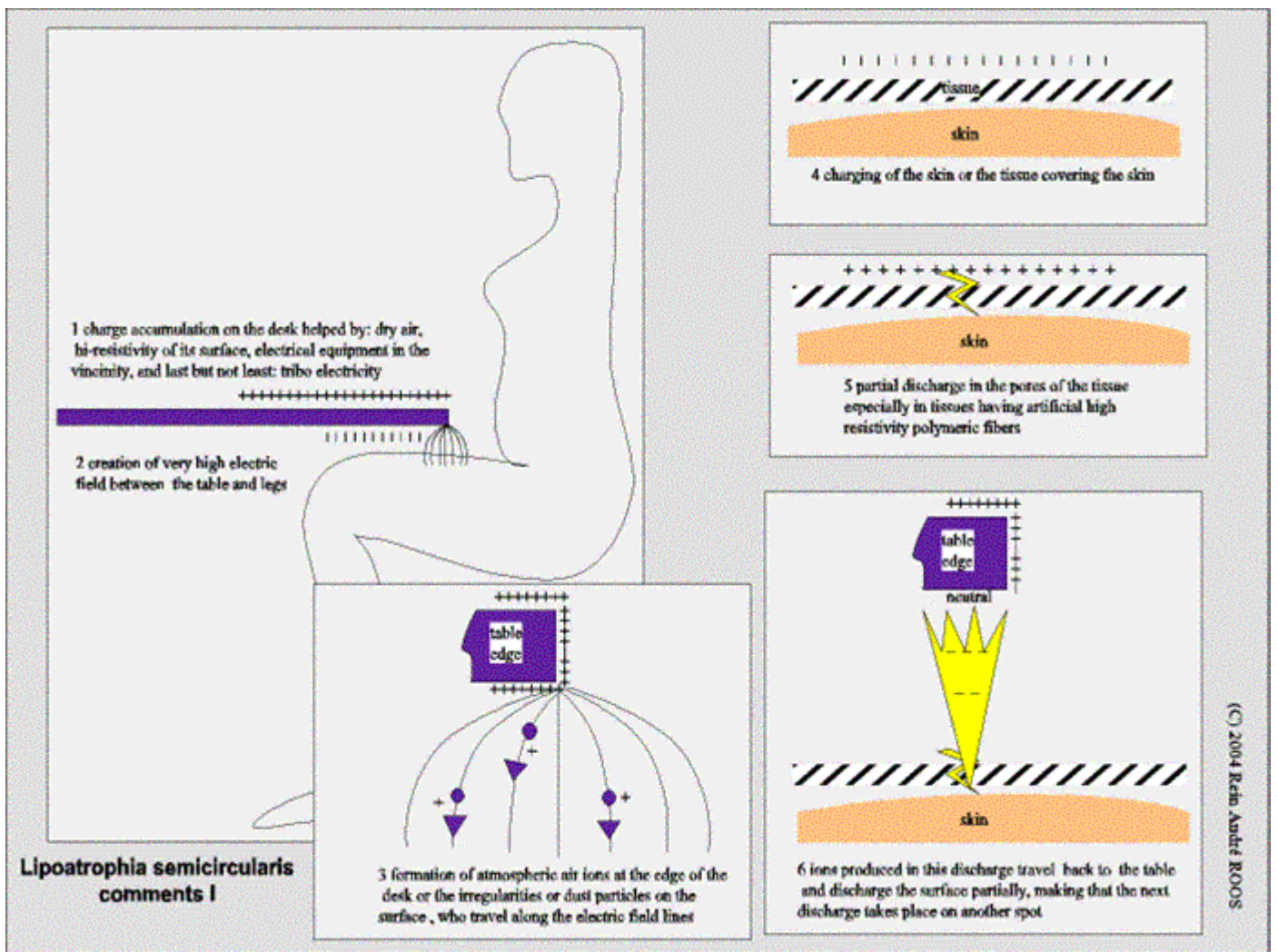
Een zeer specifiek fysisch probleem of lokale trauma waren als hypothese eventueel geldig zolang het om een zeldzaam verschijnsel ging (vb. zeldzame congenitale aandoening) maar gaan niet meer op nu L.s. massaal is beginnen voorkomen. Andere hypothesen werden via doorgedreven onderzoek bij de meest getroffen bedrijven als mogelijke oorzaak voor L.s. zo goed als verlaten. Dit geldt voor de temperatuurspiste zowel als de ergonomische piste (afschuifkrachten).

Wat overblijft is dus de elektrostatische piste die tot op heden, hoe onwaarschijnlijk dit op het eerste gezicht ook moge zijn, nog steeds stand houdt. De belangrijkste argumenten om hiermee ernstig rekening te houden zijn:

- het feit dat er beterschap lijkt op te treden in burelen waar ionisatoren werden geplaatst
- het feit dat lopen op kousevoeten helpt
- lang niet iedereen rapporteert bijkomende symptomen maar als er zijn dan komen ze overeen met deze die met “elektrostress” worden geassocieerd
- het feit dat L.s. blijkbaar beïnvloed wordt door de elektrische weerstand van de gebruikte bureaubladen (Maes & Verschaeve, 2000)
- ervaringen van verschillende bedrijven die onafhankelijk van mekaar maatregelen namen wijzen in diezelfde richting
- Resultaten van metingen die Alcatel in tenminste één van de betrokken bedrijven uitvoerde kunnen volgens deze specialisten alleen door ESD worden verklaard
- In één bedrijf wordt bij ernstige ‘L.s.-patienten’ een gedilateerd bloedvat waargenomen t.h.v. de deuk. Dit verdwijnt naarmate de deuk afneemt. Een gedilateerd bloedvat wordt ook waargenomen na bv. elektrocutie.
- het feit dat de luchtvochtigheid het voorkomen van L.s. in grote mate beïnvloedt
- het feit dat (elektrisch) isolatiemateriaal aan de tafelrand aanbrengen helpt

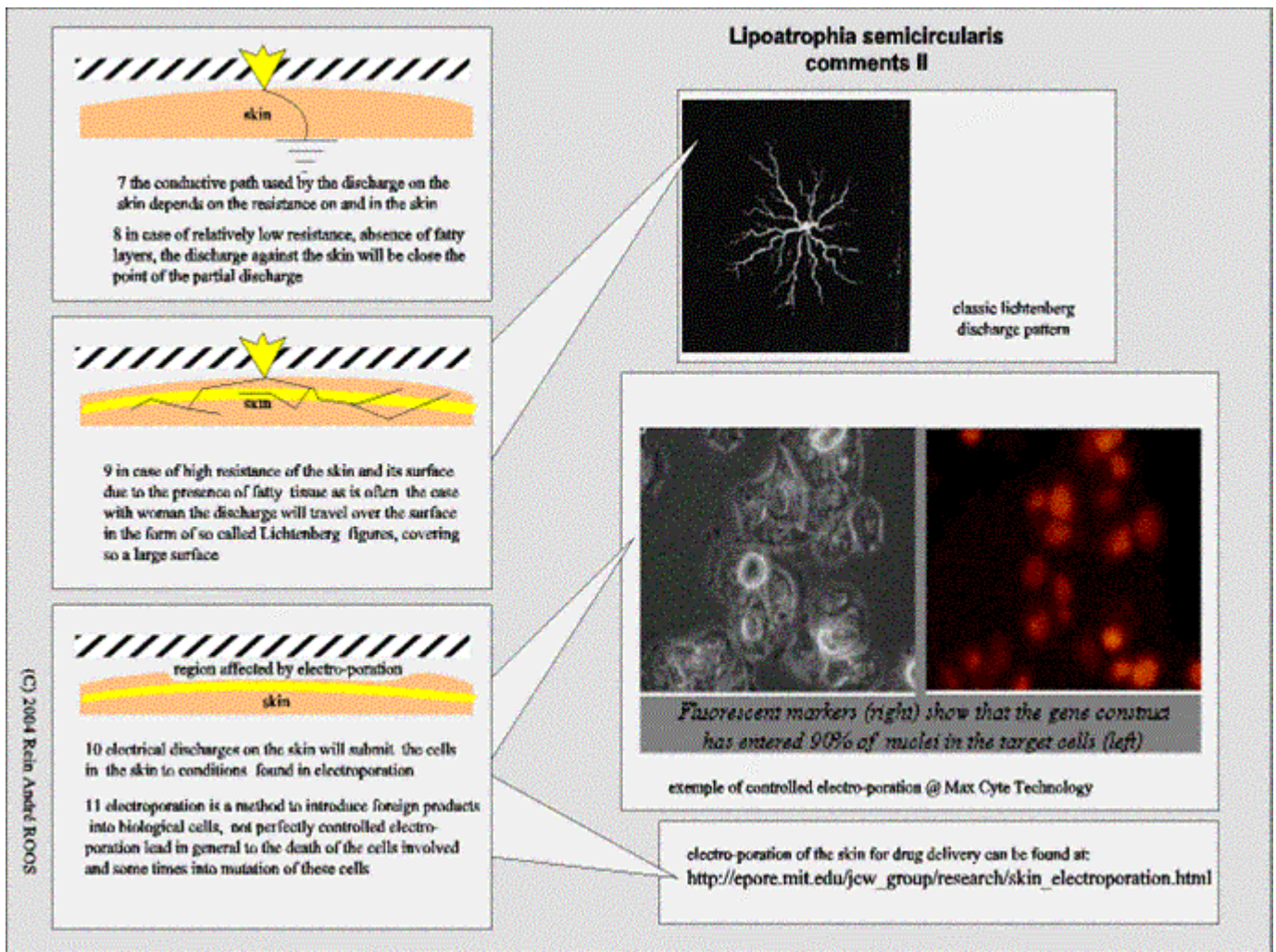
De elektrostatische denkpiste wordt hierna geïllustreerd aan de hand van enkele figuren die Dr. Roos (Universiteit van Le Mans) op ons verzoek maakte.

Deze figuren tonen hoe elektrostatiche ontlading via de huidporiën (figuur39) onderhuids effecten kan opwekken waarbij een zone wordt geaffecteerd die duidelijk breder is dan de plaats van impact (figuur40). Deze elektrische ontladingen kunnen een effect teweegbrengen dat vergelijkbaar is aan dat van elektroporatie (techniek gebruikt om via elektrische impulsen vreemd materiaal –vb. vreemd DNA of specifieke medicatie– in doelwitcellen te brengen. Elektroporatie zou ook reeds bij zeer lage stimuli kunnen optreden. In dat geval kan *Lipoatrophia semicircularis* wel gezondheidsbedreigender zijn dan tot nu toe wordt gedacht. Daar zijn al wel enkele summiere argumenten maar nog helemaal geen bewijzen voor gevonden.



Figuur39: Mogelijke ESD hypothese betreffende het ontstaan van *Lipoatrophia semicircularis*.

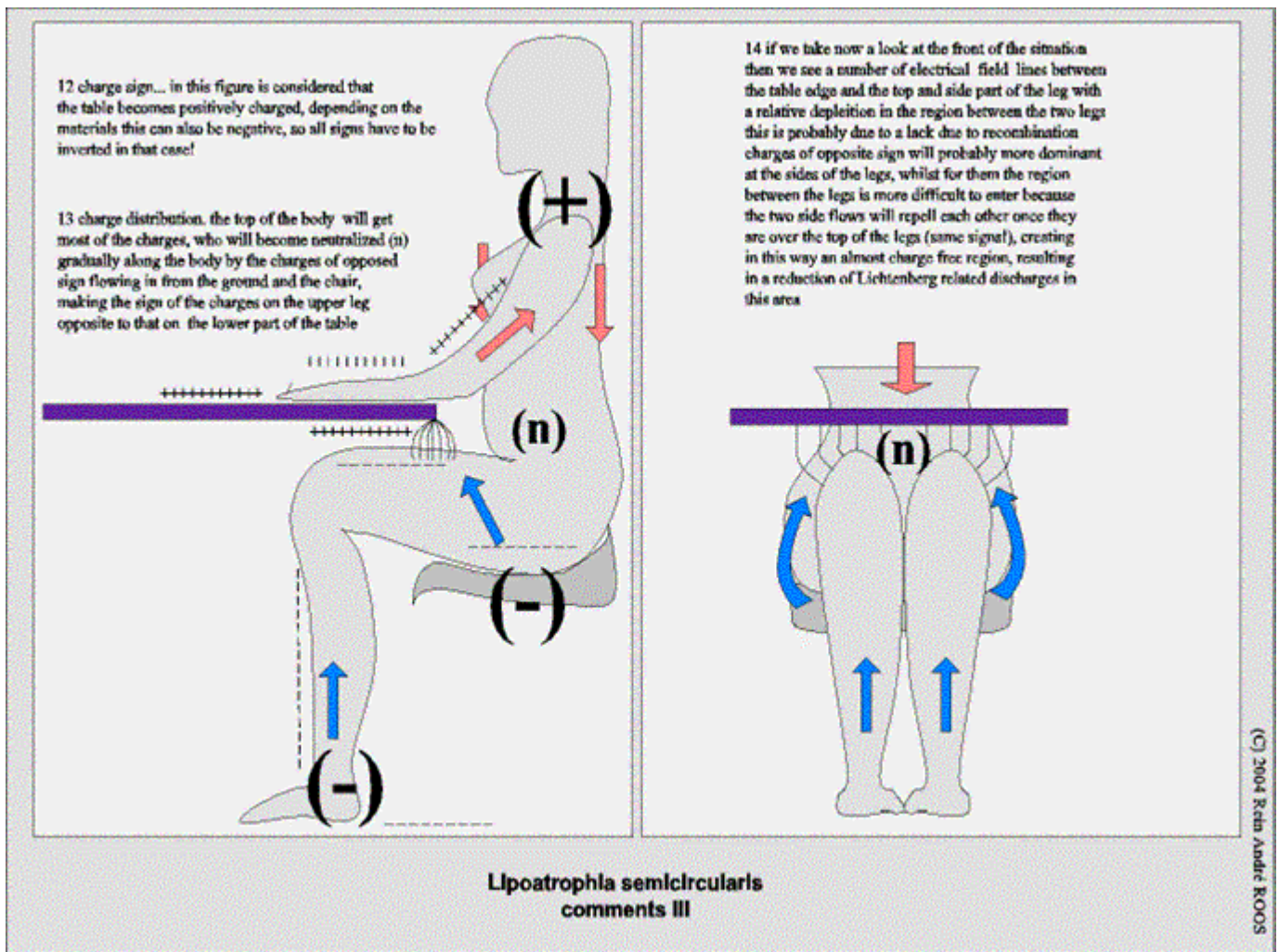




*Figuur40: Mogelijke ESD hypothese betreffende het ontstaan van Lipoatrophia semicircularis, vervolg.*

Figuur 41 geeft een mogelijke verklaring waarom L.s. alleen vooraan en aan de buitenzijde van de dijbenen voorkomt, en dus niet aan de binnenzijde of achterkant.

Het voorkomen van *Lipoatrophia semicircularis* in Vlaanderen is heel moeilijk in te schatten omdat het heel vaak niet als zodanig wordt herkend of bekendgemaakt. Wij kregen meldingen van L.s. uit tientallen bedrijven in Vlaanderen (maar ook Nederland, Italië, Frankrijk, Groot Britannië, enz.) en occasioneel (als reactie op een vermelding in de media) van particulieren (i.h.b. huisvrouwen). Deze meldingen zijn echter ongetwijfeld ‘het topje van de ijsberg’ en we zijn op dit ogenblik helemaal niet bij machte om zelfs maar een ruwe inschatting van de frequentie van voorkomen te maken.



Figuur 41: Mogelijke ESD hypothese betreffende het ontstaan van Lipoatrophia semicircularis, vervolg.

## 6.3. Elektromagnetische velden met extreem lage frequenties (ELF)

### 6.3.1 Inleiding

Om de effecten van elektrische en magnetische velden op mens en dier te begrijpen moeten hun elektrische eigenschappen gekend zijn. Zoals voor statische velden kunnen ELF-magnetische velden krachten uitoefenen op bewegende ladingen en de energieniveau's van sommige moleculen veranderen. Blootstelling aan ELF elektrische en magnetische ELF-velden resulteert in de inductie van elektrische velden en geassocieerde stromen in weefsels. Dit is het basismechanisme voor interactie van ELF velden met levende organismen. De geïnduceerde elektrische velden nemen toe met de frequentie van het externe veld en de grootte van het organisme. Boven een bepaalde drempelwaarde zal het geïnduceerde elektrische veld cellen kunnen stimuleren. Een

typische residentiële blootstelling resulteert in zeer geringe elektrische veld inducties, terwijl blootstelling rechtstreeks onder een hoogspanningslijn elektrische velden kan induceren van de grootte orde van 1mV/m in sommige weefsels. Niet waarneembare contactstromen kunnen in sommige gevallen elektrische velden opwekken boven 1 mV/m, bv. in het beenmerg van kinderen.

Behalve dit goed gekende interactiemechanisme werden een aantal hypothesen geformuleerd zoals het “radicaal paar mechanisme”, resonantie, en een werking op magnetietkristallen in de hersenen. De relevantie van deze hypothetische mechanismen wordt nog steeds onderzocht.

Onderzoek naar de mogelijke gezondheidsbedreigende effecten van ELF-velden heeft in grote mate te maken met carcinogene effecten, maar ook andere effecten werden onderzocht. Hierna wordt een heel summier overzicht gegeven van de belangrijkste conclusies uitgaande van het geheel van de wetenschappelijke literatuur.

## **6.3.2 Kanker risico**

### **6.3.2.1 Kanker studies bij dieren**

Vele studies hebben te maken gehad met het lange en korte termijn effect van ELF velden op de kankerontwikkeling bij dieren. Deze studies spitsten zich toe op verschillende types kanker, i.h.b. leukemie, huid-, hersen-, lever- en borstkanker. De meeste studies vonden geen aanwijzingen voor een kankerverwekkend vermogen van ELF-elektrische of –magnetische velden. In sommige studies werd wel een associatie gevonden tussen ELF-blootstelling en kanker maar deze studies konden in ander, onafhankelijk onderzoek niet bevestigd worden. Leukemie en lymphoma’s kwamen in geen enkele ELF-studie verhoogd voor.

### **6.3.2.2 Kankerstudies bij kinderen**

Sinds de studie van Wertheimer & Leeper in 1979 waarin een associatie werd gevonden tussen ELF velden en leukemie bij kinderen werden vele andere onderzoeken uitgevoerd. Resultaten van deze epidemiologische onderzoeken waren vaak tegenstrijdig wat deels kan verklaard worden door de beperkingen waarmee dergelijk onderzoek te kampen heeft. Zo is kinderleukemie gelukkig een zeldzame ziekte wat betekent dat zelfs een uitgebreide studie vaak te maken krijgt met slechts enkele tientallen gevallen van leukemie die dan nog over verschillende klassen van blootstelling moeten verdeeld worden (vb.  $<0.1\mu\text{T}$ ,  $0.1-<0.2\mu\text{T}$ ,  $0.2-<0.4\mu\text{T}$ ,  $>0.4\mu\text{T}$ ). Dit brengt met zich mee dat zelfs een uitgebreide studie te weinig statistische ‘power’ kan hebben.

Andere beperkingen zijn:

- Studies kunnen inadequaat zijn door een foute blootstellingsevaluatie,

- Studies kunnen inadequaat zijn door het niet of onvoldoende in beschouwing nemen van “beïnvloedende factoren” (= confounders),
- Sommige studies hebben een foute studiedesign,
- Sommige studies zijn prematuur (en betrekken daarom bv. te kleine steekproeven),
- Sommige studies gaan over te korte tijdsperioden terwijl kanker een lange latentieperiode heeft
- Mogelijke publicatie ‘bias’,
- ...

Toch kan een synthese van alle uitgevoerde studies tot gefundeerde besluiten leiden. Een dergelijke synthese werd in opdracht van, en mede door IARC (het internationaal agentschap voor onderzoek naar kanker) in juni van 2002 beëindigd (IARC, 2002). Daarbij waren in het bijzonder twee studies van doorslaggevende betekenis. In beide gevallen gaat het om zogenaamde “pooled analyses” die verschillende onderzoeken samenbrengt. De eerste studie (Ahlbom et al. (2000) omvat de onderzoeken die in het jaar 2000 waren beëindigd en waarin de relatie tussen leukemie bij kinderen en residentiele magnetische velden werden onderzocht. Zij omvatte bovendien (op één na) alle studies waarbij lange-termijn indoor metingen werden gerapporteerd, zowel als de studies waarin via berekeningen een schatting van de historische blootstelling aan ELF magnetische velden kon worden gemaakt. In totaal gaat het om 9 verschillende studies.

De andere ‘pooled analysis’ gaat over het samenbrengen van 16 onderzoeken waarbij de blootstelling aan het magnetische veld werd geëvalueerd aan de hand van hetzij metingen, hetzij de “wire code” (Greenland et al., 2000).

Met “kinderen” worden steeds jongeren van minder dan 15 bedoeld.

De synthese van al deze studies brengt ons tot de volgende besluiten:

✚ Er is geen toegenomen risico op leukemie bij blootstellingen beneden 0.3-0.4  $\mu\text{T}$  (vb. wonen in de buurt van een hoogspanningslijn), maar het risico verdubbelt wanneer de blootstelling meer dan 0.4  $\mu\text{T}$  bedraagt. De gevonden associaties tussen ELF-velden en leukemie bij kinderen is té belangrijk om genegeerd te worden (en wordt dus ernstig genomen) maar toch is er geen bewezen causaal verband. Het verband kan door verschillende ‘andere’ factoren tot stand gebracht zijn. De associatie tussen leukemie bij kinderen en blootstelling aan ELF-velden wordt niet door laboratoriumonderzoek (dieren of cellen) gesteund. Er is ook geen voldoende onderbouwd werkingsmechanisme gekend om de associatie onaanvechtbaar te maken. Dit neemt niet weg dat er ernstig rekening mee gehouden wordt. Betreffende ELF-electrische velden zijn er onvoldoende gegevens om een evaluatie mogelijk te maken.

✚ Er werd geen consistent verband aangetroffen tussen ELF elektrische en magnetische velden enerzijds en hersen- of andere kankers anderzijds.

### 6.3.2.3 Kankerstudies bij volwassenen

Gegevens over kanker en residentiële blootstelling aan ELF elektrische of magnetische velden zijn bij volwassenen vrij zeldzaam en vaak gaat het dan nog over studies die niet van kritiek gespaard zijn (twijfelachtige methodologie). Steunend op de beschikbare gegevens werd alleszins geen associatie gevonden tussen residentiële ELF-blootstelling en leukemie of hersenkanker. Voor andere types kanker zijn de gegevens helemaal ontoereikend om tot enig besluit te komen. Ook voor beroepsblootstellingen zijn er geen aanwijzingen voor een verhoogd kankerrisico.

#### **6.3.2.4 IARC klassifikatie van ELF-elektromagnetische velden**

Op basis van de beschikbare literatuurgegevens heeft het Internationaal Agentschap voor Onderzoek naar Kanker (IARC) de ELF *magnetische* velden geklasseerd binnen de groep van “mogelijk kankerverwekkende agentia” bij de mens (groep 2B). Deze klassering is uitsluitend gebaseerd op de associatie tussen ELF-magnetische velden en leukemie bij kinderen en geeft (zoals hoger aangegeven) geen causaal verband weer (IARC 2002).

[Ter vergelijking: andere agentia die tot diezelfde groep van mogelijk kankerverwekkende stoffen behoren zijn glaswol, styreen of benzine dampen].

#### **6.3.2.5 Confounders**

Vele factoren kunnen de kankerincidentie beïnvloeden of, geassocieerd zijn met hoogspanningslijnen en voor bv. een verhoogde kankerincidentie verantwoordelijk zijn, zonder dat de elektromagnetische velden van deze lijnen er iets mee te maken hebben. Men spreekt van *confounders*. Vaak wordt er bv. op gewezen dat hoogspanningslijnen preferentieel staan langs drukke autowegen of in de buurt van grote industriële sites, wat betekent dat mensen die in de buurt van dergelijke lijnen wonen ook onderhevig zijn aan chemische verontreiniging die niet gering is en zonder twijfel met vele potentiële carcinogenen te maken heeft. Een verhoogde kankerincidentie zou dus aan deze chemische carcinogenen te wijten kunnen zijn eerder dan aan de elektromagnetische velden.

In dit verband is het bv. ook interessant te wijzen op de berichten die in het najaar van 2000 in de media verschenen en die aangaven dat het wonen benedenwinds bij hoogspanningslijnen gecorreleerd zou zijn met een verhoogde kans op longkanker. Het gaat hier over de ‘corona-ion’ hypothese (Fews et al., 1999) die het gevolg is van onderzoek naar de effecten van ionisatie op zeer korte afstand van hoogspanningslijnen. Het daar lokaal zeer sterke elektrische veld zou in staat zijn om luchtmoleculen te ioniseren. Deze ionen kunnen zich vervolgens binden aan grotere moleculen of aerosolen en een complex vormen dat een positieve of negatieve lading heeft. Dergelijke complexen kunnen onder invloed van het elektrische veld en de wind in een bepaalde richting gedreven worden, waardoor lokaal verhoogde concentraties kunnen ontstaan. De onderzoeksgroep heeft aangetoond dat dit verschijnsel optreedt bij onder meer radonvervalproducten en aerosolen van luchtvervuilende stoffen (vb. roetdeeltjes) (Fews et al., 1999). Radonvervalproducten, die overigens overal in wisselende concentraties voorkomen, zijn radioactief. Zij kunnen, als ze worden ingeademd, in de luchtwegen neerslaan en plaatselijk door het afgeven van een relatief hoge dosis straling tot bepaalde

vormen van longkanker aanleiding geven. Een verhoging van de ingeademde concentratie radon vervalproducten zou dus voor een groter risico op longkanker verantwoordelijk zijn. Eenzelfde mechanisme zou een rol kunnen spelen bij een verhoogde opname van aerosolen van luchtvervuilende stoffen. Dat zou dan theoretisch kunnen leiden tot een toename van de kans op longkanker of, bij opname in het lichaam, tot andere vormen van kanker of andere ziekten. Risico-analyses van de, op zich plausibele, verhoging van de concentraties radonvervalproducten en luchtvervuilende stoffen nabij hoogspanningslijnen hebben echter laten zien dat het uiterst onwaarschijnlijk is dat dergelijke verschijnselen de associatie tussen hoogspanningskabels en de incidentie van kanker of andere ziekten kan verklaren (Jeffers, 1999; Swanson & Jeffers, 1999).

### **6.3.3 Genetische effecten**

Vele studies hebben betrekking op het zogenaamde genotoxische effect van ELF-elektrische of magnetische velden; m.a.w. op mogelijke inductie van genetische (DNA) schade in cellen, alléén of in combinatie met (andere) verontreinigende factoren. Over het algemeen kan worden gesteld dat er geen reden is om ELF magnetische (of elektrische) velden te bestempelen als genotoxisch, alhoewel er, zoals steeds, toch weer enkele studies zijn die wél een effect suggereren. Er zijn ook onvoldoende aanwijzingen om aan te nemen dat ELF-velden de effecten van omgevingsfactoren kunnen verhogen of moduleren maar dit wordt (nog) niet uitgesloten (Matthes et al., 2003).

### **6.3.4 Effecten op de voortplanting**

Een evaluatie van alle beschikbare gegevens duidt erop dat blootstelling aan ELF velden geen schadelijke effecten heeft op de voortplanting van dier en mens. Laboratoriumonderzoek op zoogdieren heeft herhaaldelijk en op consistente wijze aangetoond dat magnetische en elektrische ELF velden noch de voortplantingscapaciteit, noch de ontwikkeling van de foetus of het embryo perturbeert.

### **6.3.5 Andere schadelijke biologische effecten**

#### **6.3.5.1 Andere effecten bij dieren**

In vele studies werden immune functies, bloedvorming, melatonine hormoonniveau's, gedragswijzigingen en andere parameters onderzocht. Er werden geen consistente effecten waargenomen die tot de ELF blootstelling kunnen worden teruggevoerd.

In het bijzonder werden er geen overtuigende effecten gerapporteerd betreffende de melatonine niveau's bij apen en werden er geen gedragsstoornissen aangetoond in knaagdieren.

Melatonine is een hormoon dat vooral wordt geproduceerd door de pijnappelklier, een kleine klier in de hersenen. Een reden waarom wetenschappers geïnteresseerd zijn in melatonine is dat het een verklaring kan geven voor de resultaten van sommige epidemiologische studies. Er werd namelijk in laboratoriumexperimenten aangetoond dat melatonine de groei van sommige kankercellen, waaronder borstkankercellen vertraagt (Cini G *et al.*, 1998; Blask DE *et al.*, 1999). Indien elektromagnetische velden de melatonine concentratie bij mensen kan beïnvloeden, kan dit sommige studies van borstkanker te verklaren (Karasek M & Lerchl A, 2002).

### 6.3.5.2 Andere effecten bij de mens

Vele studies werden uitgevoerd met vrijwilligers die aan vrij sterke ELF-velden werden blootgesteld. Hierna geven we een bondige samenvatting van deze onderzoeken:

#### ✚ Effekten op het immuun systeem en bloed

Er zijn onvoldoende studies om wat ook te concluderen.

#### ✚ Melatonine

Tot dusver zijn er geen aanwijzingen voor effecten op melatonine bij de mens.

#### ✚ Effekten op het cardiovasculaire- en centrale zenuwstelsel

Nagenoeg geen effecten werden waargenomen. Waar dat wel zo is waren de effecten zeer miniem en niet consistent.

### 6.3.5.3 Elektromagnetische hypergevoeligheid

Elektromagnetische hypergevoeligheid (EHS = electromagnetic hypersensitivity) is een algemene term waarmee individuen worden aangeduid die een aantal gezondheidsklachten hebben en deze wijten aan de blootstelling aan elektromagnetische velden die zeer uiteenlopende oorsprongen kunnen hebben (hoogspanningslijnen, elektrische apparaten, antennes van GSM-basisstations, enz.). De symptomen zijn gewoonlijk subjectief en zeer divers (vermoeidheid, hoofdpijn, slapeloosheid, irriteerbaarheid, spierpijnen, tranende ogen, enz.).

De frequentie van voorkomen van EHS zowel als de gerapporteerde symptomen blijken sterk af te hangen van de geografische ligging.

De meeste studies naar EHS zijn *provocatiestudies* in dewelke personen die menen aan EHS te lijden afwisselend wel of niet worden blootgesteld aan elektromagnetische velden zonder te weten wanneer de blootstelling er reëel is of niet. Een synthese van de verschillende studies leert dat deze personen de aanwezigheid van een ELF-veld niet beter detecteren dan 'gewone' personen en dat hun mentale capaciteit door de velden evenmin wordt beïnvloedt. De redenen voor de EHS-symptomen (die vaak wel degelijk reëel zijn) moeten worden gezocht in een psychologische beïnvloeding (vb. angst voor mogelijke gezondheidsbedreigende effecten van bronnen van

elektromagnetische velden in de buurt van de woning), zowel als in schittering van computerschermen, onaangepast werken aan de PC (vb. met slechte verlichting) of slechte indoor luchtkwaliteit.

Alhoewel ELF-velden voor de symptomen dus vermoedelijk niet rechtstreeks verantwoordelijk zijn moeten de symptomen wel ernstig worden genomen en niet zomaar worden weggewuifd.

## **6.4. Intermediaire frequenties**

### **6.4.1 Inleiding**

De gepubliceerde wetenschappelijke literatuur over biologische effecten van kHz en lage MHz velden is schaars. Er werden soms interessante waarnemingen met potentiële impact op de menselijke gezondheid gedaan bij relatief lage veldintensiteiten maar deze zijn onvoldoende talrijk en verifieerbaar om op dit ogenblik tot enig besluit te komen. Wetenschappelijke publicaties over deze materie geven vaak eerder informatie over extreem lage frequenties en radiofrequenties, eerder dan over de intermediaire frequenties waarover deze publicaties verondersteld worden te handelen (vb. Bernhardt et al., 2002). Dit is omwille van de schaarsheid van de gegevens en het feit dat wetenschappelijk onderzoek vaak met een mix van frequenties te maken heeft niet echt verwonderlijk.

Algemeen kan heden te dage gezegd worden dat er enige evidentie bestaat dat velden in het kHz bereik biologische effecten kunnen hebben die vergelijkbaar zijn aan deze van ELF velden. Van velden tussen 20 kHz en 3 MHz is zo goed als niets bekend, tenminste m.b.t. de mogelijke effecten op de mens.

### **6.4.2 Elektronische interacties met de mens (IEASMA, 2000; Bernhardt et al., 2002)**

Klinisch significante gevolgen van elektromagnetische interferentie (EMI) tussen de emissie van beveiligingssystemen en van zware (niet persoonsgebonden) medische apparatuur komen relatief vrij weinig voor, dit scheidt dan ook geen groot algemeen gezondheidsprobleem.

De enige gerapporteerde symptomen veroorzaakt door doorgang aan EAS systemen zijn elektronische eerder dan biologische interacties bij patiënten met medische implantaten: Bij persoonsgebonden medische implantaten (pacemakers) bestaat de reële kans dat de medische functie van deze apparatuur verstoord wordt door de emissie van het beveiligingssysteem. Het gaat hier wel over een beperkt aantal personen. De FDA (Food & Drug Administration - USA) heeft recentelijk aangehaald dat van de redelijk grote populatie implantaatdragers er slechts een relatief klein aantal invloed ondervinden van EAS systemen. Het gaat bovendien over milde invloeden met weinig of geen effect van enige betekenis. The “American Heart Association” benadrukt dat echt serieuze beschadigingen te wijten aan EAS systemen niet worden genoteerd. Er wordt aangenomen dat hartpatiënten met medische implantaten eigenlijk niets te vrezen hebben bij doorgang door EAS systemen. Ze moeten alleen vermijden daar echt te blijven tussen



staan of om er tegen te gaan leunen, iets wat men normaal ook niet doet. Deze consensus is trouwens ook geldig voor de rest van de bevolking, i.h.b. kleine kinderen.

Wetenschappers wereldwijd onderschrijven het belang om geen “onnodige angst” in het leven te roepen omtrent EAS systemen. Ondertussen worden er wel maatregelen in acht genomen door de fabrikanten om elektromagnetische interferentie te vermijden. EAS systemen worden gebouwd in overeenstemming met de meest recente veiligheidsrichtlijnen en in samenwerking met internationale organisaties (CENELEC, IEEE, ICNIRP/WHO, COST 244). Het minimaliseren van het risico op EMI geldt als veiligheidsnorm. Hiertoe wordt een zo volledig mogelijke compatibiliteit tussen beide systemen (EAS en medische apparatuur) nagestreefd, zeker bij de nieuw ontwikkelde systemen. Bij oudere systemen dient men alert te blijven voor een mogelijke incompatibiliteit. Het mogelijk risico op EMI wordt door de fabrikanten verplicht kenbaar gemaakt als productinformatie via labeling of etikettering (FDA Guidance for Labelling for Electronic Anti-Theft Systems, 15/08/2000). Artsen dienen dan weer de desbetreffende patiënten te wijzen op de mogelijke EMI bronnen zodat ze die zoveel mogelijk kunnen vermijden en er alleszins op letten om niet te lang in de onmiddellijke omgeving ervan te vertoeven.

## 6.5. Radiofrequenties

### 6.5.1 Inleiding

De bezorgdheid van de bevolking betreffende de effecten van radiofrequenties op de gezondheid heeft zich in de loop der tijden verplaatst van radarsystemen en de

microgolfoven naar de draadloze communicatiesystemen. Merkwaaardig genoeg zijn zendmasten van radio- en TV nooit echt met de vinger gewezen terwijl deze tot duizenden keren sterkere blootstelling van omwonenden leidt.

Omdat de bezorgdheid thans vooral gericht is op het huidige en toekomstige mobilfoonnetwerk wordt onderstaande synthese vooral hierop gericht en werden er ook een aantal kanttekeningen gemaakt die specifiek op het mobiele telefoonnetwerk van toepassing zijn. De resultaten van wetenschappelijke *in vivo* en *in vitro* laboratoriumstudies hebben echter ook met andere frequenties en toepassingen te maken (Matthes et al. 2001).

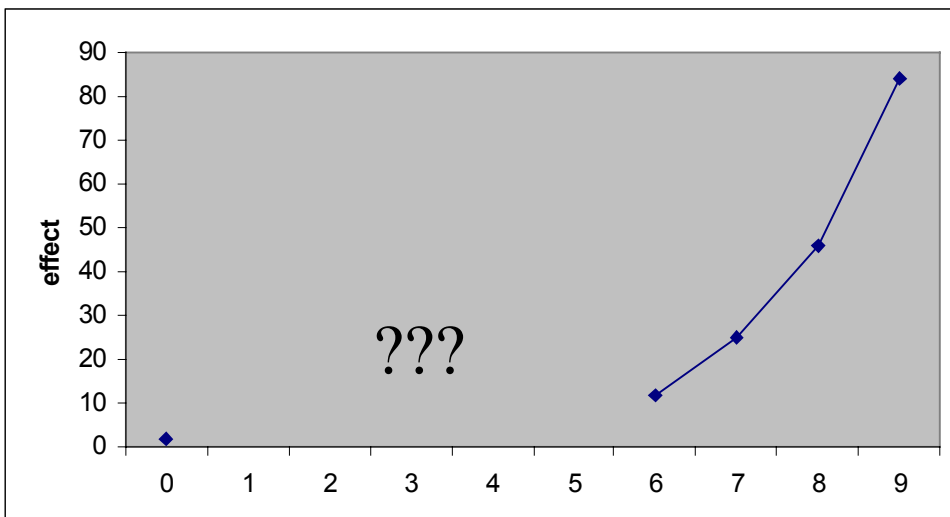
### 6.5.2 Enkele voorafgaandelijke kanttekeningen

Als we over GSM-straling praten, dan praten we over radiofrequente straling (RF) waarvan de frequentie thans tussen 800 en 1800 MHz moet gesitueerd worden. Nieuwe toepassingen (vb. UMTS) hebben nog andere (vb. 2200 MHz) frequenties. Radars kunnen zeer uiteenlopende frequenties hebben, terwijl de microgolfoven werkt bij een frequentie van 2400 MHz. In alle gevallen gaat het dus, net zoals de ELF-velden, om *niet ioniserende* straling, dus elektromagnetische velden met vrij zwakke fotonenergie.

Mobiele telefoon handsets en basis stations (zendantennes) zijn qua blootstelling van de mens heel verschillend. De RF-blootstelling van een GSM-gebruiker (handset) is véél hoger dan de blootstelling van een persoon die zich in de onmiddellijke nabijheid

(maar binnen veiligheidsafstand) van een GSM-zendmast bevindt. De belangrijkste blootstelling gebeurt in geval van de handset echter alleen wanneer het toestel in gebruik is [In “stand by” zorgen regelmatige zwakke signalen nog wel voor de verbinding met het basisstation en dus voor een zwakke periodieke blootstelling die echter wel verwaarloosd kan worden]. De handset zendt helemaal niet uit wanneer het toestel is afgezet. Basisstations daarentegen zenden voortdurend elektromagnetische velden uit.

Van RF-straling zijn de zogenaamde *thermische effecten* zeer goed bekend en daarom vormen ze eigenlijk geen groot probleem aangezien de nodige maatregelen kunnen getroffen worden om deze effecten uit te sluiten. Het betreft effecten waarbij toename van de weefseltemperatuur optreedt als gevolg van blootstelling aan vrij hoge stralingsdensiteiten en eventueel bij vrij lange blootstellingsduur. Aangezien blootstelling aan GSM-straling (zowel van de handset als het basisstation) vrij beperkt is (lage stralingsdensiteiten) kunnen thermische effecten worden uitgesloten. Zelfs met de handset worden geen betekenisvolle temperatuursverhogingen in bv. hersenweefsel verwacht aangezien thermoregulatiemechanismen de opstapeling van energie en dus warmte verhindert. Bij zeer langdurig gebruik van een GSM-toestel wordt een temperatuurstoename van de huid waargenomen die ongeveer 0.8°C bedraagt. Het grootste deel van deze temperatuursverhoging heeft echter te maken met de uitgeoefende druk van het toestelletje op het oor en de warmte van de batterij. De temperatuursverhoging ligt in alle geval binnen de normale fysiologische grenzen. Thermische effecten zijn dus zo goed als uitgesloten en zijn dat zeker wanneer we over blootstelling van het publiek spreken aan straling afkomstig van zendmasten. Er moet op gewezen worden dat vele resultaten van wetenschappelijk onderzoek te maken hebben met condities van thermische blootstelling en derhalve daarom niet altijd relevant zijn voor het inschatten van de mogelijke effecten van deze masten op de gezondheid van de mens. Dit wordt in figuur 42 geïllustreerd.



*Figuur 42: Radiofrequenties hebben gekende thermische effecten bij hoge(re) blootstelling (hier 6-9) maar bij lagere blootstelling (0-6) zullen andere werkingsmechanismen aan bod komen. Deze zijn niet gekend. De dosis-effect relatie is dus ook niet gekend en extrapolatie van de thermische curve is niet mogelijk. Het effect bij lage blootstelling blijft dus hypothetisch.*

De wetenschappelijke literatuur maakt soms gewag van effecten die ogenschijnlijk optreden bij blootstellingen die zwak genoeg zijn om thermische effecten uit te sluiten. De hele problematiek rond GSM moet zich in die optiek situeren. Is de blootstelling aan GSM-straling (vanwege handset en/of zendmast), ondanks zwakke stralingsintensiteiten en de afwezigheid van een duidelijk thermische invloed van die aard dat niet thermische biologische effecten optreden, en zijn die niet thermische effecten dan ook schadelijk voor de menselijke gezondheid?

Er wordt vaak op gewezen dat een biologisch effect niet noodzakelijk een schadelijk effect is. Daar moet zeker rekening mee gehouden worden al betekent dit niet dat alle waargenomen biologische effecten als gevolg van elektromagnetische straling met deze bewering mogen weggewuifd worden. Vele gerapporteerde effecten laten in dit opzicht alleszins niet toe een duidelijke uitspraak te maken in termen van risico. De biologische effecten die worden gerapporteerd dienen daarom dus ook duidelijk begrepen te worden. Bovendien zijn waargenomen effecten voor een bepaalde blootstelling (vermogen, tijdsduur, frequentie, modulatie enz.) niet rechtstreeks extrapoleerbaar naar andere condities van blootstelling. Er dient dus vaak een onderscheid gemaakt te worden tussen bv. hoge, intermediaire en lage blootstellingsniveaus. In geval van de GSM-zendmast gaat het onveranderlijk om lage blootstellingsniveaus.

Wetenschappelijk onderzoek, hoe uitvoerig ook, zal nooit in staat zijn de *absolute veiligheid* van draadloze communicatiesystemen aan te tonen. Alleen de *onveiligheid* is aantoonbaar. Daarom zal, ondanks voortgezet onderzoek, over de veiligheid of onveiligheid van draadloze communicatiesystemen altijd wel geredetwist worden (tenzij natuurlijk komend onderzoek wel tot de onveiligheid zou doen besluiten. Op dit ogenblik is dat echter nog geenszins het geval).

## **6.5.3 Overzicht van gepubliceerd en aan de gang zijnde onderzoek**

### **6.5.3.1 Inleiding**

Er moet op gewezen worden dat veel van de studies te maken hebben met andere vermogens en andere condities van blootstelling dan deze die voor het 'publiek' relevant zijn. De resultaten van deze onderzoeken zijn daarom niet minder belangrijk maar dienen in dit opzicht toch met de nodige omzichtigheid bekeken te worden. Zoals hoger aangegeven zijn onderzoeksresultaten bij thermische blootstellingscondities niet extrapoleerbaar naar niet thermische blootstellingscondities.

Studies werden uitgevoerd op vele verschillende domeinen zoals onderzoek naar de effecten t.h.v. het zenuwstelsel, immunologische effecten, effecten op de voortplanting en ontwikkeling, aan kanker gerelateerde effecten (*in vitro* en *in vivo*), zoals het onderzoek van effecten op de celproliferatie, genetische effecten (chromosomale afwijkingen, DNA schade, mutaties), genexpressie, synergismen met gekende tumorinitiatoren of promotoren, lange termijn kankerstudies, hypergevoeligheid en epidemiologische studies. De resultaten van deze studies zullen nu bondig weergegeven en besproken worden.

### 6.5.3.2 Effecten op het zenuwstelsel en cognitieve functies

De meeste studies die enig effect aantonen (vb. prikkelbaarheid, leervermogen, membraaneffecten, ...) hebben te maken met duidelijke thermische effecten. In afwezigheid van aantoonbare thermische effecten zijn de resultaten heel wat meer controversieel. Van sommige waargenomen effecten is de relevantie in termen van volksgezondheid niet bekend terwijl vele experimenten met knaagdieren niet echt extrapolerbaar zijn naar de mens omwille van totaal andere energieabsorptiepatronen e.d.

De resultaten van onderzoek van Alan Preece (Preece et al., 1999), en Koivisto et al. (2000) zijn in dat opzicht zeker het vermelden waard aangezien het om studies bij de mens gaat. Deze studies tonen dat blootstelling aan RF-elektromagnetische velden die voldoende laag zijn om zich beneden de huidige ICNIRP standaard te situeren, biologische effecten kunnen opwekken waarbij gedragsstoornissen mogelijk zijn (vaak een verbeterd leervermogen "tijdens de blootstelling"). In beide gevallen geven de auteurs aan dat het effect toch thermisch van aard kan zijn. Deze effecten worden derhalve niet verwacht vanwege de straling van een GSM zendmast. De relevantie van deze (eenvoudige) studies in termen van menselijke gezondheid is (nog) niet bekend.

In persberichten werden echter wel alarmerende resultaten voorgesteld (geheugenverlies), maar de werkelijkheid is dus anders.

Wel verontrustend zijn de resultaten van het onderzoek van Salford et al. (1994, e.a.). Deze onderzoekers toonden in eerder onderzoek geen verhoogd kankerrisico aan in aan mobilfoonfrequenties blootgestelde ratten maar thans werden wel significante effecten aangetoond op de bloed-hersenbarrière. Meer bepaald zou albumine uit de hersenen lekken. Alhoewel deze onderzoekers zelf vragen stellen bij de betekenis van dit gegeven in termen van volksgezondheid lijkt het wel vrij alarmerend, temeer daar de effecten des te meer optreden naarmate de blootstelling *zwakker* wordt.

Onderzoek naar de effecten van RF-straling op de bloed-hersen barrière heeft als gevolg van de resultaten van Salford natuurlijk veel interesse opgewekt en vond navolging in diverse andere studies. Deze studies zijn vrij recent (december 2003) het onderwerp geweest van een wetenschappelijke workshop in Reisenburg (Duitsland). Daaruit bleek dat het op dit ogenblik helemaal niet mogelijk is wat dan ook hierover te concluderen. De door Salford aangetoonde effecten zijn gering en zouden evengoed aan stress kunnen te wijten zijn eerder dan aan de RF-blootstelling. Alhoewel er enkele andere studies zijn die de resultaten van Salford blijken te bevestigen zijn er andere die deze resultaten volledig tegenspreken.

(cf. <http://www.cost281.org>;

i.h.b. [http://www.cost281.org/documents.php?node=52&dir\\_session=](http://www.cost281.org/documents.php?node=52&dir_session=))

### 6.5.3.3 Aan kanker gerelateerd *in vitro* onderzoek

Thans is er een quasi algemene consensus dat kanker een meerstapsproces is (bestaande uit ten minste initiatie, gevolgd door promotie en progressie), al zijn er ook zogenaamde *epigenetische* carcinogenen (zie verder). Dit wil zeggen dat een mogelijk

carcinogeen vermogen van de GSM-straling kan te wijten zijn aan een ingrijpen op één of meerdere van deze stappen. De verschillende processen in de carcinogenese dienen dus bestudeerd te worden. Zoals in tabel 33 weergegeven komt de eerste stap (initiatie) overeen met alteraties van het DNA, dit is het genetisch materiaal van de (betrokken) cel. Factoren die DNA beschadigend zijn worden als *genotoxisch* bestempeld.

Er zijn talrijke rapporten die wijzen op een mogelijk genetisch effect als gevolg van blootstelling aan radiofrequente straling. Zoals zo vaak komen de meeste van deze studies echter wel overeen met duidelijke thermische effecten, wat belangrijk is aangezien het overduidelijk is dat “warmte” alléén genetische effecten kan induceren, zowel *in vitro* als *in vivo*, en in geslachtscellen zowel als in lichaamscellen. Hyperthermie veroorzaakt ook misvormingen van de vrucht, abortus, enz. Vele van de gerapporteerde “positieve” effecten kunnen dus op rekening van het thermisch effect worden geschreven. Bovendien hebben Brusick et al.(1998<sub>a,b</sub>) uitdrukkelijk gewezen op het feit dat iedere genetische (of andere) test gekenmerkt wordt door een bepaald percentage zogenaamde “sporadisch positieve responsen” die dus min of meer als “valse positieven” kunnen beschouwd worden (vermoedelijk geldt dit ook voor andere tests). Bij eliminatie van de duidelijk thermische effecten blijven zo goed als alléén deze sporadisch positieve responsen over. Enkele studies die druk in de media werden besproken werden bovendien niet in herhaalexperimenten bevestigd. Een belangrijk voorbeeld wordt gegeven door het onderzoek van Lai en Singh in de Verenigde Staten.

<b>INITIATIE</b>
-DNA alteratie → mutatie in belangrijk gen (vb. oncogen)
<b>PROMOTIE</b>
1e stadium: vroege gebeurtenissen
-toenemende DNA synthese
-verandering in regulatie van de groeiconrole
-clonale expansie
2e stadium: conversie
-toename in niveaus van bepaalde enzymen (ornithine decarboxylase, polyamines)
-toenemende celproliferatie
<b>PROGRESSIE</b>
-oncogen amplificatie
-genetische instabiliteit
-verlies van groeiconrole
-gereduceerde immune afweer t.o.v. tumorgroei
-overgang naar volledige maligniteit

*Tabel 33: Verschillende stappen in de ontwikkeling van een tumor*

Lai and Singh (1995, 1996) stelden een toename van DNA breuken vast in hersenen van aan gepulseerde 2.45 GHz straling blootgestelde ratten. Deze studie bracht heel wat onrust aangezien hiermee een verband met een verhoogd risico op hersenkanker werd gelegd. Inmiddels werd de studie zonder succes herhaald. Zowel 2.45 GHz continue golven als 836 MHz gemoduleerde straling, en 848 MHz straling met CDMA modulatie (een simulatie van mobiele telefonie transmissie in de US), bleek helemaal geen effect op het DNA van rathersenen te hebben. Niettemin werd dezelfde onderzoeksmethode toegepast (Malyapa et al., 1997<sub>a,b</sub>) dan in de initiële Lai & Singh experimenten. Andere herhaalexperimenten zijn elders in de wereld aan de gang of zijn thans beëindigd (cf. Lagroye, Univ. Bordeaux; Verschaeve, Vito, Mol) en hebben evenmin een bevestiging van de Lai en Singh gegevens opgeleverd. Aangezien deze studies nog niet gepubliceerd werden zal hier echter niet verder op ingegaan worden.

#### 6.5.3.3.2 Genexpressie

Tot zover leveren de experimenten weinig draagkracht aan de hypothese dat blootstelling aan mobiele telefoonfrequenties de genexpressie beïnvloeden. Recent toonden de Pomerai et al. (2000) wel een inductie van zogenaamde “heat shock proteïnen” aan na blootstelling van *Caenorhabditis elegans* (een mm kleine worm) aan 750 MHz (0.5W) continue golven. Heat shock proteïnen worden geproduceerd als respons op diverse stressfactoren (dus niet alleen hitte!). Aangezien de blootstelling zeer zwak was (0.001 W/kg daar waar dit voor een mobiele telefoon wordt geschat op 0.02-1 W/kg) wordt verondersteld dat het niet om een thermisch effect maar om “iets anders” gaat. Hier werd vrij veel aandacht aan besteedt in de media. De door de Pomerai beschreven experimenten zijn zeker niet onbelangrijk maar kunnen weer niet zomaar naar de mens geëxtrapoleerd worden. In het bijzonder zou ander onderzoek aantonen dat de blootstelling onder niet thermische condities geen stress respons in zoogdieren opwekt (wel in celkulturen).

Recent onderzoek met behulp van de meest recente technieken van *transcriptomics* en *proteomics* worden geacht een belangrijke bijdrage te kunnen leveren m.b.t. de ontrafeling van mogelijke fysiologische werkingsmechanismen van radiofrequenties maar zullen bezwaarlijk rechtstreeks toepasbaar zijn m.b.t. risicoinschatting voor de mens (Leszczynski et al., 2003).

#### 6.5.3.3.3 Ornithine decarboxylase (ODC) activiteit

ODC is een zogenaamd proteïne kinase dat onder andere geactiveerd wordt o.i.v. hormonen en groeifactoren. ODC beïnvloedt de groei, DNA synthese, en differentiatie van zowel normale als kankercellen. Een verhoogde ODC activiteit wordt aangetroffen in cellen of organismen die met bekende tumorpromotoren werden behandeld. Daarom werden in het verleden ook al vele *in vitro* en *in vivo* studies uitgevoerd naar de activiteit van ODC o.i.v. RF-bestraling. De meeste “GSM-ervante” studies tonen een lichte toename van de ODC activiteit aan waaruit velen besloten dat GSM-straling een tumorpromoverende werking heeft. Daarbij wordt echter over het hoofd gezien dat de maximale ODC toename die door (amplitude-gemoduleerde) RF-straling wordt opgewekt

vele honderden keren zwakker is dan wat door tumorpromotoren wordt opgewekt (EC expert group, 1996; Royal Society of Canada, 1999). Blootstelling aan niet thermische GSM-straling wordt daarom verondersteld geen significant effect teweeg te brengen m.b.t. tumor-promotie. Er wordt ook aangenomen dat het onwaarschijnlijk is dat deze zeer zwakke toename in ODC activiteit voldoende is om synergetische effecten met andere omgevingsfactoren op te wekken.

Recent onderzoek in het kader van de Europese Perform B studie is nog niet helemaal beëindigd; niettemin is het volgens de preliminaire resultaten duidelijk dat ook in deze studie geen RF-effect op de ODC activiteit werd waargenomen.

#### **6.5.3.4 Celproliferatie**

Sommige publicaties tonen, ook bij lage blootstelling, een alteratie aan van de celproliferatie. Deze verstoring zal nu eens met een vertraging van de celgroei overeenkomen, dan weer met een versnelling. Vele studies tonen geen effect aan. Alhoewel weinig studies specifiek met GSM-frequenties te maken hebben moet de conclusie dus zijn dat er tot zover geen aanwijzingen zijn voor een veranderde celproliferatie o.i.v. GSM-straling.

#### **6.5.3.4 Lange termijn kankerstudies bij dieren**

Ondanks het uitsluiten van enkele vroegere studies met inadequate dosimetrie kunnen toch een aantal studies weerhouden worden voor nauwgezette analyse (zie voor een overzicht : Moulder et al., 1999). De meest besproken studie is deze van Repacholi et al. (1997) waarin een genetisch gemanipuleerde muissstam (om ze kanker gevoeliger te maken) gedurende 18 maanden aan GSM-straling werden blootgesteld. Blootgestelde muizen bleken ongeveer twee keer zoveel lymphomas (een soort bloedkanker) te ontwikkelen dan niet blootgestelde muizen. Deze studie is zeker belangrijk als experimenteel model maar weer is extrapolatie naar de mens niet meteen mogelijk. De betekenis in termen van menselijke gezondheid is, zoals de auteurs van de studie zelf aangeven, niet gekend. Thans zijn ook de resultaten van een herhaalstudie gepubliceerd. Daaruit blijkt dat de eerdere resultaten niet konden worden bevestigd (Utteridge et al., 2002). In tenminste drie andere recente studies werd ook geen toename in kankerincidentie waargenomen. In één van die studies werden ook genetisch gemodificeerde muizen gebruikt die nu extra gevoelig gemaakt waren t.o.v. borstkanker.

#### **6.5.3.5 Epigenetische effecten**

Volgens een definitie van de "Independent Expert Group on Mobile Phones (2000) zijn epigenetische factoren, factoren die op zich niet genotoxisch zijn maar wel het genotoxisch effect van andere factoren kunnen verhogen. Zij werken derhalve in synergie met die andere factoren. Er werden verschillende studies uitgevoerd die beoogden mogelijke synergieën tussen RF-straling en andere factoren aan te tonen. Deze studies hebben betrekking op blootstelling aan RF-straling in combinatie met gekende carcinogenen of mutagenen. Weer werden in bepaalde omstandigheden argumenten gevonden om tot synergie te besluiten maar ander onderzoek sprak dit tegen. Zo werden

synergieën gevonden bij blootstelling van cellen aan RF-straling in combinatie met het mutagen mitomycin C, zowel door Scarfi et al. (1996) als door Maes et al. (1996) en Zhang et al. (2002). Maar eerder onderzoek van de groep van Meltz in San Antonio kon dit niet aantonen (cf. voor een kort overzicht, Verschaeve, 1998; Verschaeve & Maes, 1998). Opmerkelijk daarbij is dat Maes et al. (2000) de eerder in het laboratorium gevonden synergieën in wel gecontroleerde omstandigheden niet teruggevonden voor 900 MHz velden en dit in drie blootstellingsmodes (continu, dummy burst en pseudo-random) en voor een waaier van intensiteiten (0-50 W power output, = 0-10W/kg). Dezelfde controversiele resultaten werden bekomen voor studies van kankerinductie (vb. met benzo(a)pyreen en dimethylhydrazine), celtransformatie (vb. met X-stralen), e.a. Mogelijke synergieën zijn dus niet uit te sluiten en vereisen verder onderzoek, maar tot op heden kan hierover geen enkel wetenschappelijk gefundeerd besluit worden getrokken. Inzage in de preliminaire resultaten van het Europese Perform B project laat toe aan te nemen dat ook in deze studie geen synergetische effecten (zullen) worden waargenomen tussen RF bestraling van cellen en mutagene factoren en dit in diverse cytogenetische tests.

Een algemeen besluit m.b.t. aan kanker gerelateerd onderzoek moet dus zijn dat er *tot op heden* geen voldoende gefundeerde argumenten bestaan om aan te nemen dat RF (en GSM)-straling een werking heeft als tumorinitiator of tumorpromotor, zeker niet bij lage stralingsniveaus. Maar zoals steeds blijft enige voorzichtigheid en oplettendheid wel aan de orde.

#### **6.5.3.6 Effecten op het immuun systeem**

Deze studies zijn tot op zekere hoogte uiteraard ook aan kanker gerelateerd. Van de vele studies die in dit domein werden uitgevoerd zijn er vrij weinig *in vitro* studies die echt relevant zijn in dit opzicht. ELF-modulatie speelt daarbij een belangrijke rol. *In vivo* werden ontegensprekelijk effecten op het immuun systeem waargenomen, echter alleen bij hoge blootstelling. Lage blootstellingsniveaus hebben alleszins geen of weinig effect op het immuun systeem *in vivo*.

#### **6.5.3.7 Effecten op de voortplanting en ontwikkeling**

Uitgebreid onderzoek in vele verschillende organismen hebben geen overtuigende argumenten opgeleverd om aan te nemen dat lage RF-blootstellingsniveaus de ontwikkeling van organismen verstoort. In sommige gevallen werden effecten waargenomen maar alleen wanneer het om duidelijk thermische blootstellingen gaat (vb. aangetoond via toename van de rectale temperatuur in laboratoriumdieren; cf. Verschaeve en Maes, 1998; NRPB, 2003).

Heel recent werd melding gedaan van een Hongaarse studie die stelt dat de straling van GSM's de vruchtbaarheid van de man kan schaden. Mannen die doorlopend met een mobieltje op zak lopen zouden liefst 30 procent minder sperma produceren dan normaal terwijl de spermatozoïden die wel nog aanwezig zijn abnormaliteiten vertonen die de vruchtbaarheid verder kunnen aantasten (Gazet van Antwerpen, 27 juni 2004). Het betreft wel een studie die, zoals andere spectaculaire studies wel vaker doen, de media heeft gehaald vooraleer ze op een internationale vergaderingen werd voorgesteld en



vooralere ze werd gepubliceerd en door wetenschappers beoordeeld. was Onder andere de wereldgezondheidsorganisatie als de Europese COST281 actie waarschuwen voor dergelijke onderzoeksresultaten die meestal veel stof doen opwaaien maar uiteindelijk niet meer dan een storm in een glas water blijken te zijn.

Inmiddels werd de studie gepresenteerd op de "Annual Meeting of the European Society for Human Reproduction" te Berlijn. Zoals te verwachten was heeft de studie heel wat commentaren losgeweekt en, o.a. het Europese 6<sup>e</sup> kader programma EMF-NET heeft reeds een reactie geformuleerd. Voor alle duidelijkheid wordt deze hierna integraal overgenomen.

EFFECTS OF THE EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELDS: FROM SCIENCE  
TO PUBLIC HEALTH AND SAFER WORKPLACE  
**EUROPEAN FAST RESPONSE TEAM ON EMF AND HEALTH**

EC FP6            SHORT-NOTES ON THE INFLUENCE OF CELLULAR PHONES ON HUMAN FERTILITY

Coordination

July 2, 2004

Action

*Comments on the paper: **Relationship between regular cell phone use and human semen quality**  
I. Fejes , Z. Závaczki, J. Szóllósi, S. Koloszar, L. Kovacs, A. Pál, University of Szeged, Obstetrics and Gynaecology, Szeged, Hungary, presented at the European Society for Human Reproduction and Embryology Annual Meeting, ESHRE 2004, Berlin*

The only available source of information to date about this work is a short abstract, included in this report as Annex. On that basis, one can infer that the study is an observation of a possible association between a decreased sperm quality and the use of mobile telephones. It does not deal with effects of provoked exposure to controlled mobile-telephone microwaves.

Regarding the influence of RF radiation on reproduction, the most actual review was published recently by the NRPB in the UK (Health Effects of Radiofrequency Electromagnetic Fields. Documents of NRPB vol. 14, No. 2, 2003). In Section 4, Animal Studies, the chapter "Reproduction and Development" (Page 76), states: "Overall, there has been no convincing evidence that exposure to low level RF fields can affect reproduction and development in mammals; where consistent effects have been reported they can be attributed to the thermal insult induced by RF exposure (Independent Expert group on Mobile Phone IEGMP, 2000)." Moreover, the Section 6 on "Non-cancer Epidemiology and Clinical Research, chapter "Male sexual function and fertility" (Pages 102-103), concludes: "Current evidence on RF radiation and male sexual function is extremely limited. Three out of five published studies have suggested a reduced sperm count in exposed workers, but all of these investigations have been small, and one (Lancranjan et al., 1975) was of doubtful rigour". Hence, there is a consensus that the biological basis for a reduced spermatogenesis is a temperature elevation in the testis that can only take place at sufficient high exposure levels. It needs to be stressed that the studies referred to by the NRPB report considered workers' exposure at levels that are orders of magnitude higher than any conceivable exposure to mobile phones.

In the abstract under consideration, the exposure is indirectly estimated from the duration of use of the mobile telephone during conversation or in the stand-by mode (i.e., as one can infer from the abstract no dosimetric investigation was included). However, in both cases, exposure of the testis is negligible: during conversation because of the distance, and in stand-by because of the absence of emitted power (apart from isolated and short identification

signals). Even in the case where earphones are used and the handset is held in the trousers' pocket during conversation (worst-case hypothesis), most of the emitted power would be absorbed in the leg, with negligible exposure of the testis. Looking at the specific effects reported (sperm concentration, slow progressive motility, rapid progressive motility), they seem related randomly to the exposure parameters (duration, standby/active mode), without a clear dose-related pattern. A further reason for perplexity is that the reduction in sperm concentration is higher when the telephone is on the stand-by mode with sparse emission of short pulses for tracking the position compared with the conversation mode with repetitive pulses at 100fold higher frequency. Some terms are not even clear, such as "transmitters and non-transmitters". Further, no information appears to be available in this study to evaluate the role of risk factors for reduced sperm quality, which could be confounders of the apparent relation between exposure to mobile phones and sperm quality. In conclusion, in view of the limited information provided, the quality of the study, and the lack of plausibility the importance given by the media to this paper is grossly exaggerated and not justified. The reported findings are not sound enough to base any decisions on them; however, for other reasons, further research on fertility is justified and already ongoing.

#### ***European Commission Projects***

In FP5, no research project was specifically devoted to reproduction and fertility. In FP6 EMF-NET Coordination Action will take into consideration reproduction and fertility issues both in females and males, inside EMF-NET Coordination Action: 1) *Main Task on Laboratory and Epidemiological studies*: reproduction concerns are indirectly inserted in the RF Key Issues. 2) *Main Task on Occupational Exposure*: exposure of workers to RF. 3) A decision should be taken in the next future on discussing this issue in a specific EMF-NET *Interpretation Report* (in charge of a specific TWG of experts) or including the topic in a more general one.

### **6.5.3.8 Effecten op het cardiovasculair systeem**

Studies op dieren hebben alleen effecten aangetoond in geval van hoge blootstelling (thermisch effect). Er zijn geen aanwijzingen dat blootstelling aan zwakke RF-velden zoals deze die door de mobiele telefoon, en zeker de zendmast, gegenereerd worden effecten op de bloedbaan of hartritmestoornissen veroorzaken.

### **6.5.3.9 Studies bij de mens**

Enkele studies (vb. betreffende cognitieve functies) werden eerder vermeld. Met betrekking tot onderzoek naar EEG profielen, hartritmestoornissen en bloeddruk zijn de resultaten weer zeer controversieel. Op basis van de beschikbare literatuur is de conclusie echter dat er geen reden tot ongerustheid is, zeker wanneer alléén naar de zendmasteffecten wordt verwezen. Toch wordt algemeen aangenomen dat dit onderwerp verder onderzoek vereist.

### **6.5.3.10 Epidemiologisch onderzoek**

De resultaten van onderzoek naar RF-geïnduceerde kanker bij dieren (cf. 7.5.6) zijn dus vrij geruststellend. Ook epidemiologisch onderzoek bij de mens is doorgaans geruststellend al zijn de meeste tot nu toe uitgevoerde studies weinig informatief, hetzij omwille van een zwakke evaluatie van de blootstelling, hetzij omwille van onvoldoende statistische power (Boice et al., 2002). De meest recente studie heeft betrekking op acoustische neurinoma's en gaf ook weer negatieve resultaten (Christensen et al., 2004). Toch dient gewezen te worden op de resultaten van een Zweedse, op vragenlijsten

gebaseerde studie van hersentumoren bij de mens. Er zouden meer hersentumoren voorkomen langs die kant waar de patiënten hun mobiel telefoontoestel hielden. Het zou hierbij uitsluitend gaan om analoge en draadloze telefoons, dus niet om bv. de GSM. De studie is echter nog ontoereikend om duidelijke en onaanvechtbare besluiten toe te laten. De vermoedelijk meest belangrijke epidemiologische studie naar mobiel telefoongebruik en hersen tumoren is deze van de internationale INTERPHONE STUDY waarin meer dan 6000 gevallen en evenveel controlepersonen zijn betrokken. Dertien landen nemen aan deze studie deel (België neemt niet deel). De resultaten van deze studie worden in 2005 verwacht.

Epidemiologisch onderzoek met betrekking tot de GSM of GSM-zendmast is tot op heden zeer schaars omdat dit onderzoek pas in recente jaren is gestart. Wel bestaan er reeds talrijke gegevens m.b.t. andere RF-bronnen (cf. Verschaeve, 1995; Moulder et al., 1999) die ook wel belangrijke indicaties kunnen geven m.b.t. mobiele telefonie. Ook hier gaat het vooral om kankerstudies die opnieuw niet echt overtuigend zijn. In sommige gevallen werd een verhoogd risico waargenomen, in andere gevallen helemaal niet. Aangezien de methodologieën zeer verschillend zijn van de ene studie tot de andere zijn de studies niet echt vergelijkbaar.

Alhoewel dit onderzoek bijzonder belangrijk en nuttig is wordt toch gevreesd dat het, zeker m.b.t. de problematiek van zendmasten, op zich onvoldoende houvast zal bieden om tot een (definitief) besluit te komen; immers is thans zowat iedereen “blootgesteld” en zijn er in vele gevallen reeds onvoldoende “niet GSM-gebruikers” om in een controlegroep opgenomen te worden (sommige personen die aanvankelijk tot een controlegroep behoorden hebben zich thans ook een GSM aangeschaft of zullen dit nog doen), ...

Opmerkelijk zijn de resultaten van een aantal studies waarbij gepolst werd naar mogelijke gezondheidseffecten bij mensen die wonen in de buurt van een GSM-zendantenne. Een studie van Santini et al. (2003) is daar een goede illustratie van. Deze auteurs rapporteren talrijke subjectieve klachten (hoofdpijn, irriteerbaarheid, slapeloosheid, enz.) die des te meer voorkomen naarmate de mensen dicht bij de GSM antenne wonen. De klachten verdwijnen als de afstand tot de mast enkele honderden meters bedraagt. Dit is zeer opmerkelijk! Er werden geen veldmetingen uitgevoerd maar alle meetresultaten uit binnen en buitenland tonen duidelijk aan dat de blootstelling met de afstand tot de mast toeneemt! M.a.w. dicht bij de mast is de blootstelling het geringst (omdat de stralingsbundel boven de hoofden uitstraalt) en wordt (afhankelijk van het vermogen en de stralingshoek) het grootst op een afstand van zo'n 100 tot enkele honderden meters. De studie poogde aan te tonen dat straling van een GSM zendantenne wel degelijk schadelijk is voor de omwonenden maar zou aldus eerder het tegenovergesteld aantonen. Het feit dat er slechts enkele klachten zijn per enkele duizenden masten kan wellicht een ander argument zijn om aan te nemen dat straling van een GSM zendantenne, mits correcte plaatsing van de antennes en het respecteren van de veiligheidsvoorschriften in beginsel geen probleem kan opwekken voor de gezondheid.

#### **6.5.3.11 Elektromagnetische hypergevoeligheid**

Het is bekend dat sommige personen te kampen hebben met een reeks van symptomen (hoofdpijn, irritatie, brandgevoel, spierpijnen, enz.) wanneer zij zich bevinden in de buurt van een bron van elektromagnetische straling (zie ook 7.10). Dit geldt zowel voor extreem lage frequenties als voor radiofrequenties. Het gaat dus in hoofdzaak om niet-specifieke symptomen die door de betrokken personen meestal aan de elektromagnetische velden worden toegeschreven. In de meeste, zoniet alle gevallen, beweren zij de aanwezigheid van elektromagnetische velden meteen (bv. bij aanschakelen van een mobiele telefoon) aan te voelen. Men spreekt van *elektromagnetische hypergevoeligheid*. De symptomen zijn reëel en daarom gaat het inderdaad om een belangrijk, niet te verwaarlozen gegeven, ook al zijn de elektromagnetische velden niet noodzakelijk de werkelijke oorzaak ervan. De beste manier om elektromagnetische hypergevoeligheid te onderzoeken is via zogenaamde provocatiestudies waar de betrokken personen in de aanwezigheid van een bron van elektromagnetische velden worden geplaatst zonder dat zij daarbij weten of die bron al dan niet is aangeschakeld. Tot op heden werden ten minste 12 dergelijke studies onder gecontroleerde laboratoriumomstandigheden uitgevoerd. Daaruit bleek dat de sensatie van aanwezigheid van een veld eerder random was, t.t.z. gebaseerd op het *vermoeden* dat een veld was aangelegd eerder dan op de werkelijke aanwezigheid van dit veld. Deze studies geven dus aan dat blootstelling aan dergelijke velden niet causaal is verbonden met de gerapporteerde symptomen. Zoals steeds is het dus niet mogelijk om het bestaan van de effecten (in casu hypergevoeligheid) te ontkennen, maar de wetenschappelijke gegevens zijn tot dusver niet bij machte om daartoe te besluiten.

De volledigheid gebied toch te melden dat een recente studie aangaf dat EHS wel degelijk bestaat wanneer het gaat om perceptie van de velden maar dat dag tot dag variaties bij de testpersonen werden waargenomen en misschien voor minder duidelijke resultaten in andere studies kunnen zorgen (Leitgeb & Schröttner, 2003).

Tenslotte dient gewezen te worden op een recente studie die door TNO werd uitgevoerd. Aangezien het om een recente provocatiestudie gaat die ook voor heel wat beroering heeft gezorgd en nog steeds heel actueel is zal deze studie iets uitvoeriger besproken worden al gaat het om een zeer preliminair onderzoek waaruit zeker nog geen conclusies kunnen getrokken worden.

Het betreft het COFAM<sup>18</sup> onderzoek waarin de effecten van blootstelling van proefpersonen onder gecontroleerde omstandigheden aan elektromagnetische velden in de vorm van GSM- en UMTS-signalen werd bestudeerd (Zwamborn et al., 2003). Hierbij werden twee groepen proefpersonen onderzocht. Groep A bestond uit mensen met gezondheidsklachten die zij toeschrijven aan blootstelling aan blootstelling aan elektromagnetische velden, doorgaans afkomstig van antennes van GSM-basisstations. Groep B was samengesteld uit mensen die dergelijke klachten niet hadden. Het TNO onderzoek kwam, mede na kanttekeningen bij de statistische analyse en vragen vanwege de Nederlandse Gezondheidsraad tot de volgende conclusies:

---

18 COFAM = COgnitive Functions And Mobiles

- Er is in beide groepen proefpersonen een statistisch significante vermindering van het welbevinden gevonden bij blootstelling aan elektromagnetische velden in de vorm van een UMTS-achtig signaal. Het effect is in absolute zin gering. De gegevens laten niet toe te bepalen welke aspecten van het welbevinden zijn beïnvloed.
- Blootstelling aan een GSM-900 of GSM-1800 signaal had in geen van beide groepen proefpersonen een effect op het welbevinden.
- Omdat de samenstelling van de twee groepen proefpersonen in een aantal opzichten verschilt, mogen de voor beide groepen gevonden uitkomsten niet onderling worden vergeleken; ze betreffen eigenlijk twee afzonderlijke, zij het simultaan uitgevoerde, experimenten.
- De resultaten van de cognitieve functietesten geven, na correctie voor meervoudige vergelijkingen, slechts in één geval een significant verschil te zien tussen blootstelling en controle: door groep B werd de geheugenvergelijkingstest sneller uitgevoerd tijdens blootstelling aan het UMTS-signaal dan onder gesimuleerde blootstelling. Het gevonden effect is echter in absolute zin gering (7 milliseconden) en het is onduidelijk of dit resultaat van belang is voor de gezondheid.

Omwille van de opgeroepen vragen en de onzekerheid of de waargenomen effecten reëel zijn (het kan bv. louter “toeval” zijn) adviseert de Gezondheidsraad replicatieonderzoek uit te voeren door van TNO onafhankelijke onderzoekers (Gezondheidsraad, 2004). Dit onderzoek zou in exact dezelfde blootstellingssituatie moeten gebeuren maar kan wel beperkte technische verbeteringen bevatten (vb. het opnemen van meer proefpersonen of het vragen naar het mogelijk ervaren van de aanwezigheid van een elektromagnetisch veld).

#### **6.5.4 Conclusie met betrekking tot de stand van zaken in het onderzoek naar GSM straling**

Voortgaande op het hierboven summier weergegeven overzicht van het reeds uitgevoerde wetenschappelijke onderzoek is het duidelijk dat er geen eenduidige uitspraken kunnen gedaan worden over het al dan niet schadelijk zijn van blootstelling aan GSM straling, zeker niet wanneer het gaat om zwakke blootstelling aan de straling van GSM zendmasten. Dit is wellicht de reden waarom velen zich laten leiden door persoonlijke “gevoelens” en waarom wereldwijd discussie blijft bestaan over de houding van nationale en internationale organisaties en werkgroepen, en waarom diverse overheden in de wereld er verschillende meningen op nahouden. Uit een strikt wetenschappelijk oogpunt blijft het waar dat er *onvoldoende* argumenten zijn om tot een besluit te komen. Op basis van de *totaliteit* van de gegevens kan men heden ten dage, ondanks hoogdravende uitspraken, niet besluiten dat GSM straling van zendmasten schadelijk is voor de gezondheid (daarvoor zijn er te veel *negatieve* resultaten)<sup>19</sup>. Het tegendeel kan echter ook niet worden beweerd. Daarom is het hanteren van een bepaalde vorm van voorzichtigheid niet onverstandig.

---

<sup>19</sup> Wat de zaktelefoon betreft is de onzekerheid wel iets groter.

### 6.5.5 Enkele kanttekeningen bij de actuele situatie

Gelet op bovenstaande onderzoeksresultaten en de moeilijke interpretatie lijkt het nodig enkele verdere bedenkingen te maken.

Zoals hoger aangegeven is het onterecht alleen de *negatieve* of alleen de *positieve* onderzoeksresultaten te vermelden in functie van de overtuiging die men wil opdringen aan, o.a., de overheid. In alle domeinen van het onderzoek werden een aantal negatieve en positieve onderzoeksresultaten gerapporteerd (wat trouwens vaak ook het geval is voor onderzoek naar andere milieu-invloeden). Er mag geen *mathematisch gemiddelde* van deze onderzoeksresultaten worden gemaakt. Wanneer negen studies negatieve resultaten opleveren en één enkel een positief resultaat dan mag men niet direct besluiten dat het eindresultaat *negatief* is. Men moet zich eerder bezinnen over het waarom van deze verschillen. De resultaten met betrekking tot mogelijke genetische effecten kunnen dit illustreren. Zoals hoger aangegeven zijn de meeste resultaten negatief maar toch zijn er enkele positieve resultaten. Wanneer de studies worden geëlimineerd die duidelijk thermische effecten reflecteren zowel als de sporadisch positieve effecten, dan moet de huidige conclusie zijn dat er tot dusver onvoldoende argumenten bestaan om tot RF-geïnduceerde genetische effecten te besluiten. Dit neemt niet weg dat er enkele studieresultaten bestaan die verder onderzoek vereisen. Maar strikt wetenschappelijk gezien is elke alarmerende conclusie ten minste voorbarig.

Er wordt soms geargumenteed dat het normaal is dat er verschillende resultaten worden bekomen aangezien ieder individu uniek is en dus anders reageert t.o.v. een blootstelling aan omgevingsfactoren. Dit is ongetwijfeld waar, maar niettemin worden er ook tegenstrijdige resultaten bekomen wanneer bv. *in vitro* onderzoek wordt verricht op identieke cellijnen. Daarvoor kunnen verschillen in de gebruikte methodologie verantwoordelijk zijn, of ander subtiele verschillen op diverse andere gebieden. In overeenstemming met onderzoek naar andere milieu-invloeden moet het duidelijk zijn dat de huidige methoden om effecten op te sporen in de meeste gevallen voldoende gevoelig zijn om deze effecten onveranderlijk op te sporen wanneer die belangrijk zijn. Daarom lijkt het duidelijk dat de controversiële resultaten in de meeste gevallen er eerder op wijzen dat een waarachtig effect ofwel ontbreekt, ofwel zeer zwak is en in de ruis van andere milieu-invloeden verloren gaat. Dit betekent echter niet dat de effecten in dat geval dienen genegeerd te worden, zeker niet wanneer het gaat om een blootstelling van quasi de totale wereldbevolking. Het probleem is echter dat het onmogelijk is het ontbreken van een effect te *bewijzen* (zie eerder). Alleen duidelijke effecten kunnen worden aangetoond (effecten van het roken, asbest, ioniserende stralen, PCB's, ...). Het argument dat deze effecten vroeger ook werden genegeerd terwijl men daar nu wel zekerheid over heeft gekregen lijkt vrij zwak aangezien de huidige technieken geen twijfel meer laten bestaan over de schadelijkheid van hoger geciteerde pollutanten.

Bovenstaand overzicht van het wetenschappelijk onderzoek is uiteraard te summier om in details te treden. Daarom is het wellicht nuttig toch nog aan te halen dat dit onderzoek betrekking heeft op diverse modes van blootstelling. Soms wordt alleen de draaggolf bestudeerd, maar zeker niet uitsluitend de draaggolf. In vele studies worden diverse modes van blootstelling bestudeerd waarvan vele de GSM signalen nabootsen of

met de werkelijke GSM signalen overeenkomen. Het is niet zo dat de, hetzij positieve, hetzij negatieve, resultaten alleen worden bekomen met één of enkele van de blootstellingmodes en niet met andere. Controversiële resultaten hebben betrekking op ieder type van blootstelling.

Onderzoeksresultaten worden heel vaak uit hun context gerukt gewoon door handig om te springen met de veldmetingen. Enkele “positieve” studies worden te pas en te onpas gebruikt om aan te geven hoe *lage RF-veldsterkten* duidelijk (schadelijke) biologische effecten kunnen hebben. De veldsterkten worden bv. uitgedrukt in  $mW/cm^2$  wat voor het ‘algemeen publiek’ weinig zegt maar eerder miniem lijkt. Metingen van velden in de buurt van een GSM zendmast geven over het algemeen vrij lage waarden aan van de grootte orde van fracties van een volt per meter. Nemen we 1 Volt per meter aan als “referentie” dan zien we dat de “zwakke blootstellingen” uit de wetenschappelijke studies vele tot duizenden keren hoger zijn dan wat met de referentiewaarde zou overeenkomen. Een dergelijke berekening werd door Ir. Willy Pirard (ISSeP, Luik) gemaakt en wordt hierna ter illustratie weergegeven (tabel 34).

Tenslotte dient gezegd te worden dat wellicht het belangrijkste onderzoeksdomein op dit ogenblik te maken heeft met de potentiële grotere gevoeligheid van kinderen t.o.v. EM-straling in het algemeen, radiofrequenties in het bijzonder. Alhoewel er geen aanwijzingen zijn dat dit effectief zo is (tenzij onrechtstreekse aanwijzingen uit andere onderzoeksdomeinen) en er evenmin aanwijzingen zijn dat blootstelling aan ‘normale’ EM-velden cumulatief is in termen van gezondheidsrisico, vormt de te verwachten veel belangrijkere “life-time” blootstelling een van de achterliggende redenen hiervoor. Ook van belang zijn het feit dat het centrale zenuwstelsel van kinderen nog in ontwikkeling is en dat RF-absorptie in het hoofd vermoedelijk groter is. Een WHO wetenschappelijke vergadering zal zich specifiek hierover in juni 2004 te Istanbul buigen.

### 6.5.6 Internationale syntheserapporten

Het verband tussen GSM-straling en gezondheidseffecten staat in heel de wereld ter discussie. Daarom is het niet verwonderlijk dat er ook elders dan hier evaluaties van de wetenschappelijke literatuur werden uitgevoerd door *onafhankelijke* commissies, dit wil zeggen commissies waarin mensen zetelen die helemaal geen affiniteit hebben met de operatoren of industrie. De wereldgezondheidsorganisatie (WHO) is een organisatie die beroep doet op de conclusies van wetenschappelijke commissies die *per definitie* dergelijke onafhankelijkheid bezitten. Het officiële standpunt van de WHO is inmiddels voldoende duidelijk bekend. Het gaat uit van de wetenschap dat er tot op heden onvoldoende gegevens zijn om tot de schadelijkheid van GSM-straling te besluiten (zie hoger) maar identificeert wel onderzoeksdomeinen waarin nog te veel onzekerheden bestaan om tot (min of meer) definitieve besluiten te komen (vb. bloed-hersenbarrière, epidemiologisch onderzoek). Rekening houdend met de voor zeker aangenomen

STUDIE	OMSCHRIJVING	RATIO 1V/m
--------	--------------	------------

<b>Kankerstudie</b> Repacholi et al., 1997	Transgene muizen – 900 MHz, 30min/dag gedurende 18 maanden – niet in herhaalexperiment geconfirmeerd. SAR= 0.13-1.4W/kg	2600 – 28.000
<b>Kankerstudie</b> Szmigielski et al. 1982	2450 MHz; Borstkanker neemt toe bij muizen zowel als met benzopyreen geïnduceerde huidkanker S = 5 – 15 mW/cm <sup>2</sup>	19.000 – 58.000
<b>Electroencefalogram</b> Vorobyov et al. 1997	954 MHz perturbeert de elektrische activiteit van rathersenen S = 0.1-0.2 mW/cm <sup>2</sup>	385 – 770
<b>Levensduur</b> Chou et al. 1992	2450 MHz; Chronische in utero blootstelling verhoogt de levensduur bij ratten SAR = 0.4 W/kg	9000
<b>Levensduur</b> Liddle et al. 1994	2450 MHz; Chronische in utero blootstelling verhoogt of verlaagt de levensduur bij ratten (afh. van omstandigheden) S = 10 mW/cm <sup>2</sup>	38.000
<b>Bloed hersen barrière</b> Salford et al. 1994, 1997	Verhoogde permeabiliteit van de Bloed-Hersen barrière S <sub>min</sub> = 1.1 mW/cm <sup>2</sup> SAR = 0.3 W/kg	4200 – 6400

*Tabel 34: Enkele voorbeelden van studies waarbij de experimentele 'dosis' werd gerelateerd aan een blootstelling van 1 V/m elektrische veldsterkte (naar W. Pirard, ISSeP) - Studies die als "athermische" effecten worden omschreven (vb. door Santini)*



wetenschappelijke kennis neemt de WHO wel het standpunt over van ICNIRP (International Committee on Non Ionizing radiation Protection) en onderschrijft ze de door ICNIRP opgestelde richtlijnen. De ICNIRP richtlijnen zijn op *zekerheden* gebaseerd maar dit betekent niet dat ICNIRP, zoals soms wordt beweerd, geen rekening houdt met bv. lange termijn effecten of resultaten van epidemiologisch kankeronderzoek. ICNIRP gaat echter uitsluitend uit van de gekende (en bewezen) biologische effecten (die optreden vanaf ongeveer 4 W/kg) en voert daarnop een veiligheidsmarge in door de blootstellingslimiet een factor 10 lager te stellen voor arbeiders (0.4 W/kg), en een factor 50 (0.08 W/kg) voor de algemene bevolking die *per definitie* ook gevoeliger of zwakkere personen bevat zoals kinderen, zieken en zwangere vrouwen (blootstelling per 6 minuten). De onderliggende redenering voor de voorgestelde richtlijnen worden in een ICNIRP publicatie beschreven (ICNIRP, 1998). Zuiver wetenschappelijk bekeken is dat een correcte benadering die ook door andere commissies en organisaties wordt onderschreven. Aangezien alle nationale en internationale commissies zich baseren op dezelfde wetenschappelijke literatuur en kennis is het niet verwonderlijk dat de meningen hieromtrent weinig verschillen. Hooguit bestaan er een aantal interpretatieverschillen die verklaren waarom er kleine verschillen in de aangenomen standpunten bestaan. Een aan WHO gelijkaardige visie wordt bv. verwoordt door o.a. de volgende instanties (met referentie):

✓ Zweden:

Swedish Radiation Protection Institute (Radiation from Mobile Telephony Base Stations, SSI information brochure, 1997).

✓ Nederland:

-Ministeries van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Verkeer en Waterstaat en Volksgezondheid (Gezondheidsaspecten van et gebruik van mobiele telefoons, brochure, 1998.

-Gezondheidsraad: GSM base stations, publicatie 2000/16E

-Gezondheidsraad: Mobile telephones, publicatie 2002/01E

✓ EEG:

-EC expert group (1996) Possible health effects related to the use of radiotelephones, European Commission expert Group (McKinlay A., Andersen JB, Bernhardt JH, Grandolfo M., Hossmann K.-A., van Leeuwen FE, Mild KH, Swerdlow AJ., Verschaeve L., Veyret B), pp. 140.

--Council 1999; aanbeveling die de warden aanbevolen door WHO/ICNIRP overneemt.

-Commission of the European Communities, Communication of the Precautionary Principle, Brussels 02 february 2000

[http://europa.eu.int/comm/off/com/health\\_consumer/precaution/htm](http://europa.eu.int/comm/off/com/health_consumer/precaution/htm).

✓ Canada: Royal Society of Canada Expert Panel Report (1999) A review of potential health risks of radiofrequency fields from wireless telecommunication devices. An expert panel report prepared at the request of the Royal Society of Canada for Health Canada, Ottawa, Royal Society of Canada, RSC.EPR99-1. (zie ook brochure van *Health Canada*).

✓ Nieuw Zeeland:

-Ministry of Health; “*Environmental Court hearing on RF exposure from Cellsites en “New Zealand Country report 2000.*

-New Zealand Ministry of Environment, Ministry of Health, "Towards national guidelines for managing the effects of radiofrequency transmitter: a discussion document", Wellington, New Zealand: Ministry of the Environment. Zie ook: [http://www.mfe.govt.nz/about/publications/rma/draft\\_rf\\_guidelines.pdf](http://www.mfe.govt.nz/about/publications/rma/draft_rf_guidelines.pdf)

✓ Finland:

Finnish Institute for Radiation Protection (STUK), "STUK-A161".

✓ Verenigd Koninkrijk:

De "National Radiological Protection Board" (NRPB) heeft sinds verschillende jaren eigen richtlijnen uitgevaardigd die iets soepeler (dus minder streng) zijn dan de ICNIRP richtlijnen. Als gevolg van de aanvaarding van de Europese richtlijn voor blootstelling van het publiek aan elektromagnetische velden (1999/519/EC) zal de regering hier op overstappen. Deze Europese richtlijn is, zoals geweten, gebaseerd op de ICNIRP richtlijn, al laat de EC een zekere flexibiliteit toe.

Zie ook IEGMP rapport (2000).

✓ Zwitserland:

Swiss Bundesrat, Decree Concerning Protection from Non-ionising Radiation (NISV).

Zie <http://www.admin.ch/ch/d/as/2000/213.pdf> (in het Duits).

Een strenge norm (4V/m) werd wel voorgesteld voor zogenaamde "gevoelige plaatsen" zoals scholen, hospitalen, e.d. Deze strenge norm heeft alléén betrekking op zendmasten voor mobilofonie en niet voor alle andere RF-bronnen (ook niet voor de mobilfoon zelf). Elders is de ICNIRP norm van kracht.

✓ Italië:

National Institute of Health: Official Journal of the Institute. De Italiaanse regering is wel het enige land dat zich gekant heeft tegen de EC aanbeveling (die de ICNIRP visie deelt).

*Op dit ogenblik is, op basis van de huidige kennis, geen enkele belangrijke commissie in de wereld tot het besluit gekomen dat RF-velden van lage intensiteiten een gezondheidsprobleem vertegenwoordigen!*

### **6.5.7 ALARA, voorzorgsprincipe en "Prudent Avoidance"**

Het probleem waarvoor we staan is er een van de houding die moet aangenomen worden t.o.v. de huidige onzekerheden m.b.t. de GSM gezondheidsaspecten. In dit opzicht dient gezegd te worden dat deze onzekerheid tot op zekere hoogte wellicht altijd zal blijven bestaan, wat trouwens ook in vele andere domeinen vaak het geval is.

In principe kan men drie houdingen aannemen:

a. het aanvaarden van het ALARA principe ("As Low As Reasonably Achievable". Hier zal men de blootstelling steeds zo laag mogelijk houden omdat de risico's gekend zijn (we weten dat elke dosis ioniserende stralen een risico met zich meebrengt, ook lage dosissen). Elke blootstelling wordt niet "verboden" (om diverse redenen; zoals voordelen in welbepaalde gevallen, vb. medische toepassingen, maar ook het feit dat elke blootstelling gewoon niet kan "afgeschaft" worden om redenen van menselijk konfort; vb. autoverkeer, TV, ...).

b. Het aanvaarden van een voorzorgsprincipe. Dit wordt volgens de door WHO gebruikte definitie toegepast wanneer er nog te veel onzekerheden bestaan om een bepaald risico als gekend te aanvaarden maar wanneer er toch voldoende argumenten of bewijsvoering bestaat om te mogen veronderstellen dat er inderdaad een risico kan bestaan. In dat geval moeten ook alle bronnen die tot het risico aanleiding kunnen geven op gelijke manier aangepakt worden (in geval van de GSM betekent dit dat ook radio en TV verbindingen, CB's, radarinstallaties e.a. het onderwerp van de maatregelen moeten uitmaken). Een al te strenge GSM-norm heeft dan ook duidelijke implicaties voor andere toepassingen zoals de communicatiesystemen van de rijkswacht, TV, enz.

Er zijn echter vele definities en interpretaties van het voorzorgsprincipe (cf. Foster et al., 2000). In zijn meest strenge interpretatie zal elke nieuwe technologie verboden worden zolang er geen ontegensprekelijke bewijsvoering bestaat van de absolute veiligheid van deze technologie. Geen enkele technologie voldoet dus aan deze vereiste en zal er ook nooit aan voldoen!

c. Het aanvaarden van "Prudent Avoidance". Concreet komt het er op neer dat er geen drastische maatregelen worden genomen (lees: normen opgesteld die ver beneden de gekende risicovolle "dosissen" gaan) maar dat er toch, op *vrijwillige* basis gestreefd wordt naar verlaging van het *hypothetisch* risico door de blootstelling te verlagen waar mogelijk.

In een brochure ("Electromagnetic Fields and Public Health Cautionary Principle", WHO backgrounder,) stelt WHO duidelijk dat zij er niet op gericht is aanbevelingen te maken naar de diverse nationale overheden om een politiek te voeren die niet met de wetenschappelijke kennis ter zake in overeenstemming is; m.a.w. WHO is geen voorstander van het ALARA of voorzorgsprincipe omdat de wetenschappelijke kennis om die maatregelen te nemen ontoereikend is. Zij stelt dus "Prudent Avoidance" voor, m.a.w. het aanvaarden van de ICNIRP richtlijnen als norm met vrijwillige verlaging van de blootstelling waar mogelijk (vergelijkbaar met wat nieuw Zeeland doet). Hier kan wellicht reeds gezegd worden dat blootstelling van het publiek aan straling van de meeste GSM zendmasten, om niet te zeggen alle masten, zich nu al ver beneden de ICNIRP richtlijnen situeert. Alleen lijkt het gevaarlijk een hierop gebaseerde norm te formuleren aangezien op die manier geen ruimte gelaten wordt voor een internationale normering die in de maak is, en komende, moeilijk te stuiten nieuwe ontwikkelingen (radio, TV, eventueel site sharing, nieuwe UMTS, enz.)<sup>20</sup>. Wellicht is in die optiek de WHO visie de beste. Een vrijwillige tegemoetkoming kan er dan in bestaan de plaatsing van GSM masten waar mogelijk in de toekomst te plannen in overleg met de bevolking, eventueel te opteren voor andere sites die "menschvriendelijker" zijn (vb. het spontaan weren van schoolgebouwen bij de inplantingen van nieuwe zendmasten), "site-sharing" toe te passen waar dit geen "overbelasting" met zich meebrengt, ook al wordt in principe nog

---

<sup>20</sup> Recent werd in Australië een studie verricht naar de herkomst van de elektromagnetische straling in de buurt van basis stations voor mobiele telefonie. 90% van de straling bleek van AM radiosignalen te komen. Het aandeel van het basisstation was zeer laag (cf. Australian Radiation Protection & Nuclear Safety Agency).

aan de ICNIRP richtlijnen tegemoet gekomen, enz. Een strategie hiervoor kan in samenspraak met de operatoren en overheden bepaald worden.

Wellicht is het belangrijk hier ook aan te geven dat de ICNIRP richtlijnen, in tegenstelling tot wat vaak wordt beweerd, ook rekening houden met *lange termijn effecten*. Alleen zijn er tot dusver geen lange termijn effecten met zekerheid vastgesteld zodat de ICNIRP richtlijnen daar niet op kunnen steunen. Men moet zich dus realiseren dat de ICNIRP richtlijnen gebaseerd zijn op wetenschappelijke kennis maar dat dit niet wil zeggen dat er beneden die richtlijnen geen gevaar bestaat! De onzekerheid dient gekend te zijn.

Gelet op voorgaande zijn de belangrijkste te nemen maatregelen wellicht een betere wisselwerking met de bevolking, zowel wat informatieverschaffing betreft als wat de keuze van een site betreft. Een betere informatie en betrokkenheid van de bevolking bij het maken van keuzes lijkt essentieel. Op die manier kunnen hooglopende en nooit eindigende discussies wellicht worden vermeden<sup>21</sup>.

## 6.6. Ultrageluid

Tot op heden zijn er geen aanwijzingen dat ultrageluid schadelijk zou zijn voor het organisme na diagnostische, therapeutische of chirurgische behandelingen en dit ondanks de miljoenen behandelingen die wereldwijd met ultrageluid werden uitgevoerd. Het enige iets of wat gedocumenteerde effect is een lager gewicht bij de geboorte. Op basis van epidemiologische gegevens kan men besluiten dat er geen causaal verband bestaat tussen diagnostisch ultrageluid en effecten op de gezondheid (Ziskin, 1996). Toch blijft voorzichtigheid geboden want experimenteel onderzoek brengt duidelijk aan het licht dat ultrageluid wel degelijk schade kan toebrengen aan biologisch materiaal. Deze schade kan het gevolg zijn van thermische en niet thermische mechanismen. Beide zijn belangrijk en zullen in meer of mindere mate overwegen afhankelijk van de condities van blootstelling.

### 6.6.1 Thermische effecten

Ultrageluid is een vorm van energie. Een groot gedeelte van deze energie wordt door het blootgestelde weefsel geabsorbeerd; ongeveer 20% wordt geabsorbeerd over een afstand van 1 cm. Wanneer deze geabsorbeerde energie niet via thermoregulatiesystemen

---

21 Onlangs werden nabij Haifa (Israël) 18 personen ernstig verwond tijdens ernstige rellen die ontstonden als protest tegen de oprichting van basisstations in het betrokken dorp.

kan afgevoerd worden zal de lokale weefseltemperatuur toenemen. Er kan dus hyperthermie optreden en daarvan is geweten dat het vele schadelijke effecten op een organisme kan hebben (van geringe reversiebele effecten tot een teratogene, genetische en carcinogene werking).

Daarom wordt toch tot voorzichtigheid aangemaand in termen van beperking van aantal blootstellingen en intensiteiten. Dit is ook belangrijk aangezien het zeker niet zo is dat een verhoogde blootstelling de diagnose zal verbeteren (Harris et al., 1989).

De theoretische mogelijkheid dat diagnostisch ultrageluid, i.h.b. bij de foetus, risicovol zou kunnen zijn, heeft tamelijk wat aandacht gekregen. Veel aandacht ging daarbij naar meetgegevens betreffende ontvangen doses en de daarvoor in aanmerking komende eenheden. Tabel 35 geeft een idee van de metingen en gehanteerde eenheden. De tabel toont dus dat er, afhankelijk van het type toestel, een grote variatie bestaat in de niveau's van blootstelling.

Tegenwoordig wordt de blootstelling meer bepaald via een schatting van de temperatuurstoename in "worst case" scenario's. Onderzoek van de foetus tijdens het eerste trimester van de zwangerschap geeft een *thermische index* van 1.5°C. In het 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> trimester zal dat door aanwezigheid van bot oplopen tot >2°C (zelfs 9°C).

	Werking		
Blootstellingsparameter	B-mode	M-mode	Gepulseerd Doppler
W <sub>O</sub> (mW)	/	0.5-360	3.2-500
I <sub>SPTA</sub> (mW/cm <sup>2</sup> )	0.3-166	6.6-340	110-9500
P <sub>c</sub> (MPa)	0.8-8.8	/	0.2-6.3
P <sub>r</sub> (MPa)	0.8-3.9	/	0.2-2.6

Tabel 35: Geschatte blootstelling aan diagnostisch ultrageluid voor drie werkingmodes<sup>22</sup>. MPa = megapascal; p<sub>c</sub> = "positieve" druk; p<sub>r</sub> = "negatieve" druk.

Een aantal conclusies kunnen op basis van wetenschappelijke gegevens getrokken worden (Ziskin, 1996):

- a) op basis van thermische criteria kan men aannemen dat een diagnostische blootstelling waarbij de weefseltemperatuur boven het normale fysiologisch niveau met 1.5°C toeneemt zonder probleem en restricties mag worden toegepast.

<sup>22</sup> P<sub>c</sub> = piek compressie druk; P<sub>r</sub> = piek rarefactie druk; W<sub>O</sub> = tijdsgemiddelde ultrasoon vermogen; I<sub>SPTA</sub> = ruimtelijke piek-intensiteit uitgemiddeld over de gepulseerde repetitietijd; I<sub>SPPA</sub> = duur van de puls

b) *In situ* temperatuurstoename boven 42°C gedurende 15 minuten moet als risicovol beschouwd worden voor het embryo of de foetus. Hoe langer de blootstelling duurt, hoe groter het risico op schade.

c) Blootstelling van proliferatief weefsel van volwassenen aan hitte kan schade veroorzaken zoals datgene dat in het embryo of de foetus wordt aangetroffen maar als de blootstelling aan 42°C beneden de tijdsduur van 2 uur blijft is volledig herstel mogelijk.

Ultrageluidsintensiteiten van  $> 10 \text{ W/cm}^2$  veroorzaken betekenisvolle temperatuurstoename die voldoende zijn om weefsels letterlijk te koken. Therapeutisch ultrageluid geeft *slechts* 0.5 à 2.5  $\text{W/cm}^2$  waarbij de weefsel temperatuur meerdere graden celcius kan oplopen. Hierdoor kan de bloedperfusie toenemen en kunnen zachte weefsel versneld genezen. Tabel 36 geeft veilige geachte waarden van weefseltemperaturen.

Maximale temperatuurstoename	Maximale tijdsduur (minuten)
6°C	1
5°C	4
4°C	16
3°C	64
2°C	$\infty$

Tabel 36: 'Veilige' temperaturen voor biologisch weefsel

### 6.6.2 Effecten van niet thermische werkingsmechanismen

Niet thermische effecten i.h.b. *cavitatie*; d.i. de interactie van ultrageluid met gasbelletjes wat leidt tot een aanzienlijk versterkte mechanische activiteit van partikels in de onmiddellijke nabijheid van de belletjes. Voldoende sterke ultrageluidsignalen kan leiden tot de snelle expansie en het krachtig collapsen van een gasbelletje wat leidt tot de generatie van een schokgolf. Het is dit mechanisme dat wordt toegepast voor de behandeling en afbraak van bv. nierstenen. Vanaf wanneer cavitatie optreedt hangt in grote mate af van de condities van blootstelling en het al dan niet aanwezig zijn van 'geschikte' gasbelletjes (approximatief 1  $\mu\text{m}$  in diameter).

### 6.6.3 Conclusie i.v.m. effecten van ultrageluid

Zoals eerder aangegeven zijn er eigenlijk zo goed als geen aanwijzingen voor schadelijke effecten als gevolg van behandeling of andere "normale" blootstelling aan ultrageluid. Toch zijn er effecten aangetoond in experimentele condities die wijzen op

een *potentieel* gevaar. Daarom moet het gebruik van bronnen van ultrageluid toch steeds doordacht gebeuren. Er wordt bv. afgeraden om ultrageluid te gebruiken alléén om het geslacht van een foetus te kennen. Omdat absolute veiligheid niet kan gegarandeerd worden kan het ALARA principe worden toegepast. Er dient in alle gevallen een kostenbaten analyse te worden uitgevoerd.

# 7. Toetsing van de meetgegevens aan de biologische (gezondheids-) effecten en aanbevelingen

## 7.1. Inleiding

De volgende vragen dienen beantwoord te worden:

- a) Zijn er voldoende meetgegevens m.b.t. de blootstelling van de (Vlaamse) bevolking aan de diverse bronnen van niet ioniserende stralen (binnen de hier bekeken frequentiegebieden)?
- b) Zijn er omstandigheden waarbij de blootstelling van de bevolking boven de normen of internationale richtlijnen uitstijgt?
- c) Duiden deze gegevens op een blootstelling die tot een mogelijk gezondheidsrisico kan leiden (m.a.w. situeert de blootstelling zich boven een niveau waarvoor biologische effecten werden aangetroffen)?

De inventaris van bronnen en meetgegevens betreffende de blootstelling van de bevolking aan niet ioniserende stralen laat toe na te gaan waar de blootstelling kan gesitueerd worden t.o.v. de normen en/of richtlijnen en de aangetoonde biologische effecten.

De volgende conclusies dringen zich op:

## 7.2. Statische velden

Statische velden lijken voor de bevolking geen groot probleem te vertegenwoordigen ware het niet dat een “modern fenomeen”, m.n. *Lipoatrophia semicircularis* (L.s.) of (ribbeldijen) mogelijkwijze aan elektrostatische ontladingen (ESD = electrostatic discharge) zou te wijten kunnen zijn. Het verband tussen ESD en L.s. is echter nog hypothetisch en het belang van L.s. in termen van een gezondheidsrisico is zeker nog niet voldoende achterhaald. Er zijn nog geen uitspraken mogelijk i.v.m. hoger gestelde vragen (7.1).

### *AANBEVELINGEN:*

*Opvolging van het L.s. probleem lijkt nodig. Wat dat betreft kan ook verwezen worden naar aanbevelingen voor opvolging en onderzoek die door de Hoge Gezondheidsraad*



*werden geformuleerd* (Brief aan de Minister, 2002-2003). Een informatiefolder werd eind 2003 door de HGR gemaakt maar is nog steeds niet consulteerbaar op de HGR website.

*Vlaams onderzoek naar de oorzaken van L.s. is zeker belangrijk aangezien de meeste gevallen in de wereld in Vlaanderen werden gerapporteerd.*

### **7.3. Extreem lage frequenties**

a) Blootstelling aan  $>0.3-0.4\mu\text{T}$  magnetische velden als gevolg van het wonen in de buurt van hoogspanningslijnen leidt tot een verdubbeling van het risico op leukemie bij kinderen. Alhoewel er nog steeds geen causaal verband is aangetoond tussen de blootstelling en de leukemie zijn de gevonden associaties te belangrijk om ze te negeren. Dit betekent dat er in Vlaanderen inderdaad gezinnen met een verhoogd risico op kinderleukemie te maken hebben aangezien metingen hebben uitgewezen dat de magnetische velden wel degelijk in reële situaties tot ver boven de  $0.4\mu\text{T}$  kunnen uitstijgen. Berekeningen hebben uitgewezen dat er in Vlaanderen om de twee jaar één extra geval van kinderleukemie kan optreden. Deze gegevens komen overeen met wat bv. ook in Nederland werd berekend (0.2-1 extra gevallen op het totaal van 110 nieuwe leukemie's bij kinderen per jaar; cf. van der Plas et al., 2001).

Er zijn nog situaties mogelijk waarbij blootstelling van de bevolking boven deze  $0.4\mu\text{T}$  kan uitstijgen (cf. openbaar vervoer) maar deze blootstelling is occasioneel en doorgaans van beperkte duur. Er zijn geen aanwijzingen dat er daarvan een gevaar uitgaat.

b) Een categorie van mensen waar wellicht toch aandacht aan besteed moet worden zijn leerlingen van het beroepsonderwijs die gedurende toch vrij lange tijd via een lasactiviteit aan behoorlijk hoge magnetische velden worden blootgesteld ( $>40\mu\text{T}$ ). Er zijn geen studies op deze groep van personen uitgevoerd.

#### *AANBEVELINGEN:*

*Aangezien de blootstelling van de bevolking in de buurt van hoogspanningslijnen in belangrijke mate boven  $0.4\mu\text{T}$  kan uitstijgen lijkt het duidelijk dat er bij de aanleg van nieuwe lijnen voorbereidend onderzoek nodig is teneinde de blootstelling in de toekomst zoveel mogelijk te beperken. Zo zal er in de eerste plaats over gewaakt moeten worden dat het traject van nieuwe lijnen niet boven bestaande woningen loopt.*

*Wegens het volledig ontbreken van enige studie over mogelijke risico's verbonden aan het lassen tijdens schoolse activiteiten lijkt het ons nuttig op dit domein een onderzoeksactiviteit te initiëren. De graad en duur van de blootstelling is niet gering en in het licht van de epidemiologische gegevens kan een dergelijke studie zeker verantwoordt worden.*

c) De bevolking kan dus hinder (en gezondheidseffecten) ondervinden bij blootstellingen die zich ver beneden de door ICNIRP aanbevolen blootstellingslimiet van  $100\mu\text{T}$  situeert. België (Vlaanderen heeft hier geen specifieke norm voor uitgevaardigd). Op het eerste gezicht lijkt het dus dat de ICNIRP richtlijn (o.a. aanvaard door WHO) ver

van voldoende streng is en zou moeten aangepast worden. Dit wordt echter door ICNIRP en de meeste onderzoekers en officiële instanties niet als dusdanig gezien omwille van redenen die later zullen worden uiteengezet (cf.8).

## 7.4. Intermediaire frequenties

Kinderen van 5 en 10 jaar oud zouden via elektronische bewakingssystemen wel een blootstelling kunnen ondergaan die de ICNIRP richtlijnen overstijgt. Daarom wordt tot enige voorzichtigheid aangespoord al is een risico eigenlijk zo goed als uitgesloten omwille van de zeer beperkte blootstellingsduur.

### *AANBEVELINGEN:*

*Tot op heden zijn er geen problemen te verwachten en kan het zeker niet de bedoeling zijn om de bevolking voor deze problematiek zodanig te sensibiliseren dat er “artificieel” ongerustheid wordt opgewekt daar waar ongerustheid tegenwoordig maar heel sporadisch opduikt. Toch lijkt het nodig de evolutie en ontwikkeling van EAS en RFID systemen op de voet te volgen en in het bijzonder deze systemen waar blootstelling gedurende lange tijd mogelijk is.*

## 7.5. Radiofrequenties

Er bestaat veel discussie over de mogelijke effecten op de gezondheid vanwege de mobilfoon of zijn basisstation. Tot op heden zijn er geen aanwijzingen voor een gevaar, op welk niveau ook. Straling van zowel de GSM handset als van het basisstation geeft een blootstelling van de bevolking beneden de ICNIRP richtlijnen en de Belgische wetgeving. Betreffende basisstations is de blootstelling doorgaans bijzonder laag (zelfs lager dan wat fervente tegenstanders van de huidige norm als gewijzigde nieuwe norm zouden willen voorstellen – 3V/m).

### *AANBEVELINGEN:*

*Blootstelling van de bevolking aan radiofrequenties gebeurt steeds aan veldintensiteiten beneden de richtlijnen of normen (behoudens ongevallen) en beneden de aanvaarde risiconiveau's. Omwille van de steeds uitbreidende technologische ontwikkelingen blijft waakzaamheid geboden. Ook laten de resultaten van wetenschappelijk onderzoek niet (altijd) toe van effectief de risico's van blootstelling aan “normale” veldintensiteiten in te schatten. Daarom wordt wereldwijd (en zeker op Europees niveau) aangedrongen op het verder zetten van wetenschappelijk onderzoek maar wel op een ‘andere’ manier dan tot dusver werd uitgevoerd. De Europese COST281 actie “Potential Health Implications from Mobile Communication Systems” (cf. <http://www.cost281.org/>) erkent bv. het probleem dat zich stelt door kleinschalige onderzoeken die onvoldoende robuust zijn om statistisch betekenisvol te zijn en waarbij vaak een hele reeks tekortkomingen te bespeuren vallen. Om daaraan het hoofd te bieden*

*beveelt COST281 aan om meer uitgebreide, internationale studies uit te voeren door een groep van experts die voldoende kritische massa bieden om resultaten te leveren die “onaanvechtbaar” zijn. Dit is bv. het geval voor studies naar de genetische effecten van mobiele telefoon frequenties. Een dergelijke studie kan er alleen komen mits voldoende financiële inbreng van (o.a.) de betrokken overheden (cf. . “Recommendation on an Internationally Co-ordinated Research on Genotoxic Effects of Electromagnetic Radiation from Mobile Communication Systems” - COST 281 Newsflash, 11 maart, 2004 – consulteerbaar op COST281 website).*

*Het is ook wachten op de resultaten van aflopende internationale studies, zoals de epidemiologische INTERPHONE studie en de conclusies van het WHO-EMF project en de op stapel lopende IARC monografie die een evaluatie zal maken over het carcinogeen vermogen van radiofrequente straling (voorzien tegen eind 2006 maar enig uitstel is zeker niet uitgesloten). Verdere aanbevelingen kunnen van deze conclusies afhangen.*

*Er zijn nog niet zo heel veel metingen gebeurd die betrekking hebben op de blootstelling van de bevolking aan straling vanwege microcellen voor mobiele telefonie. Aangezien de blootstelling hier in sommige gevallen toch vrij hoog kan zijn is een betere inschatting van de blootstelling via een meetcampagne aangewezen.*

## **7.6. Ultrageluid**

Er zijn geen aanwijzingen voor ongewenste effecten bij de algemene bevolking. Blootstellingen kunnen soms vrij hoog zijn maar zijn in dat geval gewild hoog omwille van de therapeutische of chirurgische waarde. Een toetsing aan de normen of via experimenteel onderzoek waargenomen biologische effecten is hier dan ook niet op zijn plaats.

### *AANBEVELINGEN:*

*Er zijn op dit ogenblik geen specifieke aanbevelingen aangezien de bevolking, behalve via medische toepassingen, zo goed als niet aan ultrageluid wordt blootgesteld. Misschien kunnen toch twee aanbevelingen geformuleerd worden:*

*Aanbevelingen naar de behandelende arts toe: maak geen gebruik van ultrageluid voor overbodig of niet aangewezen onderzoek (vb. enkel voor het bepalen van het geslacht van de foetus wanneer dit verder geen enkel medisch belang heeft).*

*Aangezien er stilaan blijkbaar toch ook ultrageluidbronnen hun weg vinden in het huishouden kan het belangrijk zijn deze evolutie op de voet te volgen en in het bijzonder de aldaar (mogelijk) opgelopen blootstelling te onderzoeken en te toetsen aan gegevens van wetenschappelijk onderzoek.*

## **7.7. Algemene aanbeveling**

*De blootstelling van de bevolking vandaag is ongetwijfeld anders dan deze van morgen. Met betrekking tot intermediaire frequenties en radiofrequenties zijn er voor talrijke toepassingen draadloze sensor systemen in de maak om in het menselijk lichaam te worden ingeplant. Dit zal ongetwijfeld een supplementaire, maar weliswaar ander soort van blootstelling met zich mee brengen. Daar waar in 1990 België (Vlaanderen) nagenoeg geen mobiele telefoongebruikers kende (1<sup>e</sup> generatie) is er de laatste 10 jaar een enorme groei te merken. In 1995 waren er in België minder dan 200.000 GSM klanten (2<sup>e</sup> generatie); in 1996 steeg dit aantal tot boven de 400.000 terwijl dit in 1997 meer dan 900.000 was en 3.200.000 in 1999. De toename van het aantal basisstations is daarmee in overeenstemming (van minder dan 500 in 1995 tot meer dan 2200 in 1997 (Decat et al., 2001). Uitgaande van recente gegevens van het BIPT (Belgisch Instituut voor Post en Telecommunicatie) zijn er (tot 4 mei 2004) 5371 sites waarvoor dossiers in behandeling zijn (waarvan 3798 of ongeveer 70% van reeds bestaande sites) (Van den Bossche, 2004). Het is heel waarschijnlijk dat de blootstelling aan mobiele telefoonfrequenties via de draagbare telefoon zal afnemen maar nieuwe toepassingen van NIS zullen dan weer voor nieuwe blootstellingen en mogelijke risico's leiden.*

*Onze maatschappij evolueert constant zoals ook de toepassingen van niet ioniserende stralen steeds veranderen. Daarom zal waakzaamheid steeds geboden blijven.*

*Alhoewel de huidige situatie zo is dat elektrische apparatuur of GSM toestellen en andere apparatuur voor draadloze communicatie niet direct met duidelijke gezondheidsrisico's zijn geassocieerd heeft de gebruiker recht op een correcte informatie in verband met de stralingsbelasting die hij bij gebruik ervan kan oplopen. Het vermelden van de uitgezonden vermogens of gegenereerde elektrische of magnetische veldwaarden in de technische documentatie kan zonder veel moeite vanwege de fabrikant aan deze lacune tegemoet komen.*

*Algemeen kan bovenstaand 'geruststellend' besluit doorgetrokken worden voor alle bronnen van NIS (voor zover het de algemene bevolking betreft). Niettemin is het duidelijk dat er nog heel weinig geweten is over de gecumuleerde "stralingsbelasting" van de Vlaamse burger en mogelijke effecten op de gezondheid van dergelijke cocktails van stralingen. Tot op heden kan slechts gewerkt worden met grove middelen (zoals het aantal aangekochte elektrische apparaten) of resultaten van vaak sporadische meetcampagnes. Kortom, er is weinig geweten over de totale NIS-belasting van de burger en er zijn op dit ogenblik onvoldoende middelen om de stralingsbelasting duidelijk te kwantificeren. Er is ook weinig geweten over de verdeling van de blootstelling aan NIS onder de bevolking, met name naar sociale stratificatie of woonplaats, leeftijd enz. Wellicht is het toch nodig daarom verder onderzoek te stimuleren dat daarop inspeelt. Dit kan o.a. meetcampagnes omvatten met betrekking tot de blootstelling aan straling vanwege microcellen in bv. grootwarenhuizen, zelfscan-apparaten (voor het persoonlijk inlezen van prijzen), scantoeestellen aan de kassa's, straling vanwege antidiefstal-apparatuur enz.*

*Ook metingen in het openbaar vervoer zouden interessante gegevens opleveren i.v.m.:*

- *statische (0 Hz) en ELF velden (met frequentie-analyse in het lager frequentiegebied van 5 Hz tot 1000Hz). Dit kan belangrijk zijn gelet de schaarste van gegevens en de soms tegenstrijdige resultaten (van verwaarloosbaar tot > 200 $\mu$ T stralingsbelasting).*

- *dual GSM-frequenties (900, 1800 en ingeval van tri-band 1900 MHz) op piekmomenten door gebruik van GSM in bus, trein, tram, metro. [Volgens bepaalde modelbenaderingen zou de veiligheidsdrempel voor EMC in bussen liggen bij een elektrische veldsterkte van ongeveer 720 V/m].*

*Aldus zou de evaluatie van de RF-frequentie in de bussen een dubbel doel hebben:*

*- evalueren van RF-straling in functie van de blootstelling en eventuele gevolgen voor de mens*

*- evalueren van RF-straling in functie van eventuele EMC-problemen (interferentie met de elektronica van bv. de bus die zou kunnen optreden indien aangehaalde drempel van 720 V/m zou overschreden worden)*

*In het RF-gebied van het openbaar vervoer zouden zowel breed- als smalbandige metingen moeten uitgevoerd worden.*

## 8. Is aanpassing van sommige van de richtlijnen of normen nodig?

België heeft geen wetgeving inzake de blootstelling aan het ELF *magnetische* veld. Voor wat het ELF elektrisch veld betreft legt het “Algemene Reglement op Elektrische Installaties” dezelfde referentiewaarden en aanbevelen op dan ICNIRP (1998) en de “Raad van de Europese Unie” (1999). In tabel 37 worden de maximale referentiewaarden samengevat waaraan het algemene publiek gedurende 24 uur per dag mag blootgesteld worden.

Magnetisch veld ( $\mu\text{T}$ )	Elektrisch veld (kV/m)
100	5 (in bewoonde zones) 7 (boven de wegen) 10 (op andere plaatsen)

*Tabel 37: Referentiewaarden voor het ELF elektrisch en magnetisch veld*

Aan nieuwe elektrische ELF-installaties wordt in het Ministerieel Besluit van 20-04-1988 een limietwaarde voor een ongestoord elektrisch veld opgewekt in een ongestoord regime opgelegd. De elektrische veldsterkte mag maximaal 5 kV/m in de woonzones of daartoe bestemde zones bedragen en 7 kV/m boven de wegen en 10 kV/m op andere plaatsen. Ditzelfde besluit stelt ook voorwaarden voor de aarding van geïsoleerd opgestelde geleidende delen in aanwezigheid van een elektrisch veld (ontladingstroom van 1 mA in permanent regime).

Voor vaste RF-antennes heeft België een norm ontwikkeld (KB 29-4-2001) die verder gaat dan de internationale ICNIRP aanbevelingen maar veel minder ver dan bv. de Italiaanse norm. Tabel 33 geeft een summier overzicht van de normen zoals zij in diverse landen van kracht zijn voor GSM straling (frequentie 900 MHz en 1800 MHz).

Zijn deze normen en/of richtlijnen in het licht van de huidige kennis van biologische effecten en de blootstelling die de bevolking kan ontvangen voldoende streng? Hierna worden enkele kanttekeningen gemaakt die daarop een antwoord pogen te geven.

Omdat er soms problemen van perceptie bestaan wanneer men weet dat diverse landen er andere normen op nahouden (cf. tabel 38) streeft de wereldgezondheidsorganisatie (WHO) naar de ontwikkeling van ‘universele’ normen die gericht zijn op het beperken van de blootstelling aan niet ioniserende stralen. Dit kan echter niet zo maar gebeuren; daartoe zijn vele intermediaire stappen nodig. Als een internationaal agentschap is het trouwens niet de taak van de WHO om individuele landen normen op te leggen. WHO kan alleen adviseren en gaat daarbij alleen uit van de gekende weenschappelijke gegevens (wat ook ICNIRP doet). WHO werd echter tijdens de 3<sup>e</sup> ministeriële conferentie over Milieu en Gezondheid te Londen (1999) aangespoord

om het voorzorgsprincipe toe te passen in hun risico-evaluatie en derhalve een meer preventieve, pro-actieve benadering toe te passen (cf. 6.5.7). Nochtans, in de afwezigheid van elke wetenschappelijke consensus dat er gezondheidsrisico's zouden bestaan bij RF-blootstellingen beneden de ICNIRP/WHO limieten vindt WHO dat het voorzorgsprincipe niet kan worden toegepast (zie 6.5.7).

Vanuit de visie van de WHO zijn (bv.) de ICNIRP richtlijnen voor radiofrequenties nog steeds toepasbaar.

	W/kg	V/m	A/m	W/m <sup>2</sup>	Commentaar
<b>ICNIRP, 1998</b>	0.08	41.25* 58.33**	0.111 0.156	4.5 9	
<b>Italië, decreto 381, quality goals</b>		20 6	0.05 0.016	1 0.1	Voor vaste antennes
<b>Duitsland, 26<sup>e</sup> BImSchV</b>		41.25* 58.33**	0.111* 0.156**		Op ICNIRP richtlijn gebaseerd. Voor vaste installaties.
<b>België, KB 29-4-2001</b>		20.6* 29**		1.12* 2.25**	Op ICNIRP richtlijn gebaseerd + voorzorgsprincipe. Voor vaste installaties.
<b>EUROPA, EMF recommendations</b>	0.08	41.25* 58.33**	0.111* 0.156**	6* 9**	De aanbeveling vormt de wettelijke basis in vele lidstaten.
<b>USA, FCC report en order 96-326</b>	0.08			6* 10**	ANSI/IEEE C95.1-1992, NCRP rapport 1986
<b>CANADA, safety code 6</b>	0.08	47.55* 61.4**	0.126* 0.163**	* 10**	Rationale EHC 137, ICNIRP, ANSI/IEEE C95.1-1992, Candian expert group. Bevat siting en installatie richtlijnen, veiligheidsprocedures voor operatoren en onderhoudspersoneel, waarschuwingstekens

(bron: Verschaeve 2001)

\* voor 900 MHz antennes

\*\* voor 1800 MHz antennes

*tabel 38: normen voor RF in diverse landen*

Hiervoor kan men wellicht begrip opbrengen, en ook voor de Belgische norm die verder durft te gaan zonder dat dit buitensporige moeilijkheden kosten met zich

meebrengt. Maar hoe staat het met extreem lage frequenties waarvan we gezien hebben dat de norm voor het magnetische inductieveld  $100\mu\text{T}$  bedraagt terwijl er blijkbaar toch een duidelijk risico schijnt te bestaan voor kinderen vanaf  $0.4\mu\text{T}$ .

Onderstaand document is van de hand van dr. Maurits De Ridder (Universiteit Gent) en geeft weer hoe normen worden opgesteld. Het geeft tevens een antwoord op de hier geformuleerde vraag.

-----

## Maken van normen in het kader van bescherming van de gezondheid.

### I. Het gezondheidseffect is gekend en zeker.

#### *Stap 1 Health based norm*

Men kijkt naar de verschillende gezondheidseffecten. Voor elk effect bepaalt men de NOAEL<sup>23</sup>. Men neemt vervolgens de laagste waarde. Hier wordt er nog een bijkomende veiligheidsfactor aan toegevoegd voor de meest gevoelige groep. Aldus bekomt men een waarde.

Voor ELF zijn alleen de directe effecten zeker en komt men aldus tot  $100\mu\text{T}$ .

#### *Stap 2 Socioeconomische norm*

Men neemt de “health based” norm en gaat hiermee een kosten-baten analyse maken. Hoeveel gezondheidsschade (verloren levensjaren) wordt hiermee vermeden en hoeveel kost dit. Deze berekening wordt vergeleken met ander normen en maatregelen (vaccinaties, borstkankerscreening, uitrusting ambulances, terugbetaling medicaties etc.). Wanneer je meer dan 2,5 miljoen euro moet uitgeven voor één mensenleven kun je je geld beter aan iets anders spenderen want daar is het rendement veel groter. Een euro kan maar éénmaal uitgegeven worden. Er is geen vastgelegde grens voor de kosten-baten verhouding. De risicoperceptie van de bevolking en de politiciërs spelen hier een grote rol in.

Als de kosten-baten analyse slecht uitvalt zal men niet de “health based” norm gebruiken maar zal men een hogere waarde nemen waardoor de kosten een stuk zullen dalen en de gezondheidseffecten toch nog beperkt worden. Men spreekt dan soms van een aanvaard risico.

Voor ELF zijn er met de norm  $100\mu\text{T}$  weinig kosten en men is zeker dat de directe effecten vermeden zijn. Dus blijft men bij de “health based” waarde.

### II Het gezondheidseffect is onzeker.

---

23 NOAEL: no observed adverse effect level



Men valt dan in het systeem van de “precautionary framework”.

Stap 1 blijft gelijk.

Voor de ELF moet men hier het effect kinderleukemie in rekening brengen. De NOAEL hiervoor is 0,15 tot 0,2  $\mu\text{T}$  en niet 0,4  $\mu\text{T}$  zoals altijd gezegd wordt. Dit is te zien in de dosis-respons curve van Greenland (zie verder). Het effect begint vanaf 0,15 en is statistisch significant vanaf 0,3 (Greenland) en 0,4 (Ahlbom). De dip rond 0,1  $\mu\text{T}$  heeft te maken met misclassificatie in de Deense studie. Dit zorgt voor onzekerheid over de 0,15 drempel.

In stap 2 maakt men weer een kosten-baten analyse doch het berekenen van de baten is moeilijk omdat we niet zeker zijn van de effecten. Je kunt dan met verschillende scenario's werken. Worst case moet zeker berekend worden. Een andere optie is de baten te delen door een factor die de mate van onzekerheid weergeeft (we zijn ongeveer 50 % zeker dat het effect er is, dus we delen de baten door 2). Het zou natuurlijk ook kunnen dat je baten nul zijn als het effect niet bestaande is.

Voor ELF is de kosten baten analyse niet kost-efficiënt. Om in België 1 leukemie om de 3 à 4 jaar te vermijden (met een genezing van 75% is dit 1 dode om de 10 jaar, een effect dat onmogelijk in de leukemiestatistieken is waar te nemen) moet je ongeveer 5 à 10.000 huizen gaan behandelen (hoogspanningslijn verplaatsen, interne bekabeling aanpassen, huis onteigenen). Dit is dan nog de worst case optie. Dit zal zoiets van een miljard euro kosten. Met dit geld kun je veel meer kinderlevens redden door meer en betere vaccinatie, verkeersveiligheid rond scholen, gezondheidspromotieprogramma's, astmaopsporing etc.

Dus een norm 0,15 of 0,4  $\mu\text{T}$  is maatschappelijk een foute norm omdat men veel geld uitgeeft om weinig te krijgen.

Dit systeem van opstellen van normen wordt zowel voor arbeidsgezondheid als volksgezondheid toegepast. Het probleem is dat men aan de mensen laat uitschijnen dat alle normen “health based” zijn. In realiteit is dat niet zo. Sommige arbeidsnormen komen overeen met 10 % van de werknemers zullen ziek worden (trillingen) of 1 % van de werknemers zal kanker krijgen (asbest). Artsen zijn daar uiteraard niet gelukkig mee maar de economische aspecten primeren vaak.

---

***Er is op dit ogenblik op basis van deze redenering geen reden om de NIS normen aan te passen. Een verdere beperking van de ICNIRP richtlijnen voor vaste RF-antennes (BTS), zoals in België werd gedaan, valt te rechtvaardigen aangezien er geen bijzondere extra kost mee gepaard gaat.***

---

## 9. Referenties

AGNIR (2001) Possible health effects from terrestrial trunked radio (TETRA). Documents of NRPB, vol. 12, n° 2. Chilton, UK, National Radiological Protection Board.

Bassett C.A. (1993) Beneficial effects of electromagnetic fields. *J Cell Biochem.* 51, 387-393.

Bernhardt J.H., McKinlay A.F., Matthes R. (2002) Possible health risk to the general public from the use of security and similar devices. ICNIRP publication, ISBN 3-934994-01-6.

Blask D.E., Sauer L.A., Dauchy R., Holowachuk E.W., Ruhoff M.S. (1999) New actions of melatonin on tumor metabolism and growth. *Biol Signals Recept.* 8, 49-55.

Bly S.H.P., Harris G.R. (1992) Ultrasound sources and human exposure. In: Greene M.W., ed., *Non-ionizing radiation*. UBC Press, Vancouver, ISBN 0-969-59580-8, pp. 173-188.

Boice J.D and McLaughlin J.K. (2002) *Epidemiologic Studies of Cellular Telephones and Cancer Risk, – A Review*. SSI report ::16 september 2002, ISSN 0282-4434.

Bosisio A.V. and Wiart J. (1999). Preliminary analysis of the influence of system parameters on RF exposure with GSM mobile phones. In: *Proceedings 21th Annual Meeting of BEMS*, Long Beach, USA.

Brusick D. (1998<sub>a</sub>) Genotoxicity of radiofrequency radiation. In: Carlo G.L., ed., *Wireless Phones and Health*, Kluwer academic Publishers, p. 91-98.

Brusick D. Albertini R., McRee D., Peterson D., Williams G., Hanawalt P., Preston J. (1998<sub>b</sub>) Genotoxicity of radiofrequency radiation. *Environ. Molec. Mutagen.* 32, 1-16.

Cini G., Coronello M., Mini E., Neri B. (1998) Melatonin's growth-inhibitory effect on hepatoma AH 130 in the rat. *Cancer Lett.*, 125, 51-59.

Christensen H.C., Schüz J., Kosteljanetz M., Poulsen H.S., Thomsen J., and Johansen C. (2004) Cellular telephone use and risk of acoustic neuroma. *Am J. Epidemiol.* 159, 277–283.

COST 244 bis (1998): *Biomedical Effects of Electromagnetic Fields; Proceedings Fourth MCM and Third Workshop on Intermediate frequency range E.M.F.: 3 kHz - 3MHz*, Paris, april 25-26.

Decat G., Wouters G. and Kretzschmar J.G., (1993) Survey on Microwave Ovens: A Modelling Approach on Radiation Leakage. 28th International Microwave Symposium, Montréal, Canada, 170-175, 1993.

Decat G., Wouters, G. and Kretzschmar J.G. (1993) Quantification of the Radiation Leakage of Domestic Microwave Ovens. 3rd International Symposium Hygiene and Health Management in the Working Environment. Ghent, 41-45, 1993.

Decat, G. en Kerckhofs, R. (1995) Evaluatie van elektrische en magnetische velden afkomstig van Belgische hoogspanningslijnen bij normale exploitatie. Tijdschrift Energie & Milieu 3 mei/juni, 118-122.

Decat, G. and Van Tichelen, P. (1995) Electric and Magnetic Fields of Domestic Microwave Ovens Quantified under Different Conditions. The Journal of Microwave Power & Electromagnetic Energy, 30, 102-108.

Decat, G. and Van Tichelen, P. (1995) Magnetic Field Monitoring of a Microwave Oven Operating With and Without Metal Housing: A New Approach. Microwave World. Vol. 16, N0. 2, 15-19.

Decat, G. (1997) Evaluatie van elektromagnetische velden in de werkomgeving van het hoofd- en enkele bijkantoren van de Kredietbank. Vito-rapport TAP.RV97035.

Decat G. and Van Tongerloo J. (1998) Magnetic field monitored in houses under 50 Hz high- voltage transmission lines of 70, 150, 220 & 380 kV. Air Pollution VI, Editors: C.A. Brebbia, C.F. Ratto, H.Power, TM WITPress Computational Mechanics Publications Ed, 237 – 246.

Decat, G. and Van Tongerloo, J. (1998) Monitoring of the Magnetic Fields in Houses under High- Voltage Overhead Transmission Lines of 150, 220 and 380 kV. Int. J. of Environ. Pollution. 9, 341-350.

Decat, G. en Van Tongerloo, J. (1998) Monitoring van het magnetisch veld in woningen onder de Belgische hoogspanningslijnen met bedrijfsspanning van 70, 150, 220 & 380 kV. Energie & Milieu nr. 2 - maart/april.

Decat, G., Lambert, B. and De Rijck K., (2000) Static and alternating 50 Hz Magnetic Fields in our Living and Working Environments. Vito Conference Proceedings on 'Safety in living and working environments: promotion of a network for the study of risk factors'. Organized by: Italian Embassy in Belgium, Vito, ISPESL, IST. pp. 31-33, December 15<sup>th</sup>, 2000.

Decat, G. (2000), Controlemetingen van het 50 Hz elektrisch veld bij testopstellingen van KBC. Vito-rapport 2000.

Decat G., Verschaeve L., De Ridder M. (2001) Niet-ioniserende straling. MIRA:Achtergrond document , 2001

Decat, G., (2001) Relative exposure index for the relation between the personal and the stationary home magnetic field exposure close to and far away from power lines. EBEA-2001 Proceedings, pp. 136-139, September 2001.

Decat,G., De Smet, J., Deckx, L., Lambert, B. (2001) Evaluatie van het persoonsgebonden 50 Hz magnetisch veld tijdens het AC elektrode- en het AC TIG-lassen in de industrie en het onderwijs. Proceedings, BIL-Research, Veiligheid en gezondheid bij het lassen. Studiedag Belgisch Instituut voor Lastechniek, pp. 1-9, november, 2001

Decat, G., De Ridder, M. en Verschaeve L. (2001) Niet-ionsierende straling: achtergronddocument van het MIRA-rapport: [http://www.vmm.be/pdf/ag\\_2.22.pdf](http://www.vmm.be/pdf/ag_2.22.pdf), Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), december 2001.

Decat, G., (2002) Representativeness of 24 h and 48 h measurements of the magnetic field exposure for epidemiological purposes and the ratio between the dynamic and static exposure for people living below high voltage transmission lines. Piers 2002 Proceedings, Progress in Electromagnetic Research Symposium, July 1-5, 2002, Cambridge, Massachusetts, USA, Electromagnetic Academy, Cambridge USA, p. 691.

Decat G., Peeters E., Smolders R., Bossuyt M. (2003a) Tijdsreeks en GIS-model om de blootstelling van de bevolking aan het 50 Hz magnetisch veld gegenereerd door bovengrondse hoogspanningslijnen in Vlaanderen in kaart te brengen. Vito-rapport, 2003/IMS/R/117, p. 1-59.

Decat, G., Martens, L; Olivier, C., Bossuyt, M. (2003b) Achtergronddocument Niet-ioniserende straling. MIRA (2003) Milieu- en natuurrapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2003, Vlaamse Milieumaatschappij, <http://www.milieurapport.be>

Decat, G., Crasson, M., Peeters, E., Van Loock, W.,(2003c) Optimal sampling time for the exposure assessment of the magnetic field for epidemiological purposes. Proceedings of 6th Int. Congress of the EBEA, 13-15 November 2003, Budapest Hungary.

Decat, G. (2004a) Elektromagnetische velden in de werkomgeving. Milieutechnologie, Kluwer uitgevers, nr 5, mei 2004 p. 6 – 8.

Decat, G., Peeters, E., Smolders, R. and Bossuyt M., (2004b) GIS modelling for the estimating the proportion of children exposed to the ELF magnetic field of overhead power lines in Flanders (Belgium). Proceedings of the Asia-Pacific EMF Conference. Electromagnetic Fields, Research, Health Effects and Standard Harmonization. p. 63; January 26-30, 2004, Bangkok, Thailand.

De Pomerai D., Daniells C., David H., Allan J., Duce J., Mutwakil M., Thomas D., Sewell P., Tattersall J., Jones D., Candido P. (2000) Non-thermal heatshock response to microwaves. *Nature* 405, 417-418.

Davis R.L. and Mostofi F.K. (1993) Cluster of testicular cancer in police officers exposed to hand held radar. *Am. J. Ind. Med.* 24, 231-233.

EC expert group (1996) Possible health effects related to the use of radiotelephones, European Commission expert Group (McKinlay A., Andersen JB, Bernhardt JH, Grandolfo M., Hossmann K.-A., van Leeuwen FE, Mild KH, Swerdlow AJ., Verschaeve L., Veyret B), pp. 140.

Fews A.P., Henshaw D.L., Keitch P.A., Close J.J., Wilding R.J. (1999) Increased exposure to pollutant aerosols under high voltage power lines. *Int J Radiat Biol.* 76, 1685-1691.

Foster K.R., Vecchia P., Repacholi M.H. (2000) Science and the precautionary principle. *Science* 288, 979-980.

Gandhi O.P., Kang G. (2001) Calculation of induced current densities for humans by magnetic fields from electronic article surveillance devices. *Phys. Med. Biol.* 46, 2759-2771.

Geoffrey, G. (1998), *Statistical Methods for Engineers*. Duxbury Press, Brooks/Cole, Publishing Company.

Gezondheidsraad. *TNO onderzoek naar effecten van GSM- en UMTS-signalen op welbevinden en cognitie*. Den Haag: Gezondheidsraad, 2004; publicatie nr. 2004/13.

ICNIRP (1998) – International Commission on Non-ionising Radiation Protection (1998) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz), *Health Physics*, 74, 494-522.

Harris G.R., Stewart H.F., Leo F.P., Sanders R.C. (1989) Relationship between image quality and ultrasound exposure level in diagnostic US devices. *Radiology* 173, 313-317.

Hermans, V., Hautekiet, M., Haex, B., Spaepen, A.J, Van der Perre, G. (1999) Lipoatrophia semicircularis and the relation with office work. *Appl. Ergonomics* 30, 319-324.

Hietanen M., Hämäläinen A.M., Nendelstadh P. (2002) *Electromagnetic fields in the work environment*. Helsinki, Finnish Institute of Occupational Health.

Hinsenkamp M. (1994) *Stimulation électromagnétique de l'ostéogénèse et de la consolidation des fractures*. Académie Royale de Belgique, ISBN 2-8031-0115-7.

IARC (2002) IARC Monographs on Static and Extremely Low-Frequency Electric and Magnetic Fields, Vol. 80, pp. 429. ISBN 92 832 1280 0.

ICNIRP (1997) Non-thermal effects of RF electromagnetic fields. ICNIRP 3/97, ISBN 3-9804789-2-0.

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.

ICNIRP (2001) Biological effects, health consequences and standards for pulsed radiofrequency fields. ICNIRP 11/2001, ISBN 3-934994-00-8.

ICNIRP (2003) Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100 kHz), ICNIRP 13/2003, ISBN 3-934994-03-2.

IEASMA (2000) Submission of the International Electronic Article Surveillance Manufacturers Association, document 293183.8, September 2000.

IEGMP (2000): Independent Expert Group on Mobile Phones Mobile phones and health, UK Ministry of Health. Volledig rapport consulteerbaar op het web: <http://www.iegmp.org.uk/IEGMPtxt.htm>

ITU (1995) *Final Acts of the World Administrative Radio Conference (WARC-95)*, Geneva.

Jeffers D. (1999) Effects of wind and electric fields on <sup>218</sup>Po deposition from the atmosphere. *Int J Radiat. Biol.*, 75(12): 1533-9.

Karasek M., Lerchl A. (2002) Review: Melatonin And Magnetic Fields. *Neuroendocrinol Lett.* 23 Suppl 1, 84-7.

Koiviso M., Revonsuo A., Krause C.M., Haarala C., Sillanmäki L., Laine M., Hämäläinen H. (2000) Effects of 902 MHz electromagnetic fields emitted by cellular phones on response times in humans. *NeuroReport* 11, 413-422.

Lai H., Singh N.P. (1995) Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 16, 207-210.

Lai H., Singh N.P. (1996) Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *Int. J. Radit. Biol.* 69, 513-521.

Leonforte J.F. (1983)  
Lipoatrophia semicircularis associated with an osteous cyst.  
*Cutis* 428, 430-435.

Maes A., Collier M., Slaets D., Verschaeve L. (1996) 954 MHz microwaves enhance the mutagenic properties of mitomycin C. *Environ. Molec. Mutagen.*, 28, 26-30.

Maes A., Verschaeve L. (2000)  
Lipoatrophia semicircularis  
*Vito Rapport 2000/TOX/R/002.*

Maes A., Collier M., Verschaeve L. (2001) Cytogenetic effects of 900 MHz microwaves in human lymphocytes. *Bioelectromagnetics*, 22, 91-96.

Maes A., Curvers B., Verschaeve L. (2003)  
Lipoatrophia semicircularis: an electromagnetic hypothesis.  
*Electromagnetic Biol. Med.* 22, 183-193.

Malyapa R.S., Ahern, E.W., Straube W.L., Moros E.G., Pickard, W.F., Roti-Roti J.L. (1997<sub>a</sub>) Measurement of DNA damage after exposure to electromagnetic radiation in the cellular phone communication band. *Radiat. Res.* 148, 618-627.

Malyapa R.S., Ahern, E.W., Bi C., Straube W.L., LaRegina M., Pickard W.F., Roti-Roti J.L. (1997<sub>b</sub>) DNA damage in rat brain cells after *in vivo* exposure to 2450 MHz electromagnetic radiation and various methods of euthanasia. *Radiat. Res.* 149, 637-645.

Matthes R. et al. (2001) (2003) cf. ICNIRP (2001) (2003)

Matthes R., McKinley A.F., Bernhardt J.H., Vecchia P., Veyret B. (2003) Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0-100 kHz). ICNIRP publication, ISBN 3-934994-03-2.

Moulder J.E., Erdreich L.S., Mayapa R.S., Merritt J., Pickard W.F., Vijayalaxmi (1999) Cell phones and cancer: what is the evidence for a connection? *Radiation Res.* 151, 513-531.

NRPB (2003) Health effects of radiofrequency electromagnetic fields. NRPB document, vol. 14(2).

O'Brien W.D. (1992) Introduction to ultrasound. In: Greene M.W., ed., *Non-ionizing radiation*. UBC Press, Vancouver, ISBN 0-969-59580-8, pp.127-150.

Pirard W. (2000) Champs électromagnétiques à proximité des antennes-relais de mobilophonie, rapport final. IssEp, Liège.

Preece A., Iwi G., Davies-Smith A., Wesnes K., Butler S., Lim E., Varey A. (1999) Effect of a 915 MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *Int. J. Radiat. Biol.*, 75, 447-456.

Repacholi M.H., Basten A., Gebiski V., Noonan D., Finnie J., Harris A.W. (1997) Lymphomas in E $\mu$ -Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields, *Radiation Res.*, 147, 631-640.

Rossi P., Falsaperla R., Brugaletta V., Betti P., Gaggelli A. (2003), Proceedings of 6th Int. Congress of the EBEA, 13-15 November 2003, Budapest Hungary.

Royal Society of Canada Expert Panel Report (1999) A review of potential health risks of radiofrequency fields from wireless telecommunication devices. An expert panel report prepared at the request of the Royal Society of Canada for Health Canada, Ottawa, Royal Society of Canada, RSC.EPR99-1.

Salford L.G., Brun A., Stureson K., Eberhardt J.L., Persson B.R. (1994) Permeability of the blood-brain barrier by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50 and 200 Hz. *Microsc. Res. Tech.* 27, 535-542.

Scarfi M.R., Lioi M.B., d'Ambrosio G., Massa R., Zeni O., De Pietro R., De Berardino D. (1996) Genotoxic effects of mitomycin-C and microwave radiation on bovine lymphocytes. *Electro-Magnetobiol.* 15, 99-102.

Shupak N., Thomas A.W., Prato F.S. (2004) Therapeutic use of pulsed magnetic field exposure. Proceedings International NIR Workshop & Symposium, Sevilla, 20-22 May, Spain.

Swanson J., Jeffers D. (1999) Possible mechanisms by which electric fields from power lines might affect airborne particles harmful to health. *J Radiol Protect*, 19(3): 213-29.

Utteridge T.D., Tammy D., Gebiski V.; Finnie J.W., Vernon-R., B., Kuchel T.R (2002) Long-term exposure of E micro-Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence. *Radiation Res.* 158, 357-364.

Van den Bossche S. (2004) Evaluatie van de blootstelling van de bevolking aan niet-ioniserende straling uitgezonden door basisstations van netwerken voor mobiele telefonie. Thesis Gespecialiseerde Studies van Milieudeskundige, VUB, Brussel.

van der Plas, D.J.M. Houthuijs, A. Dusseldorp, R.M.J. Pennders en M.J.M. Pruppers (2001) Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen. RIVM rapport 610050 007.

Vecchia P. (2004) Electromagnetic fields: sources and exposure. Proceedings International NIR Workshop & Symposium, Sevilla, 20-22 May, Spain.

Vecchia P. (2004<sub>bis</sub>) Electromagnetic fields: sources and exposure. Lezing tijdens het "International NIR Workshop & Symposium", Sevilla, Spanje, 20-22 Mei.

Verschaeve L. (1995) Can non-ionizing radiation induce cancer? *Cancer J.* 8, 237-249.



Verschaeve L., Maes A. (1998) Genetic, carcinogenic and teratogenic effects of radiofrequency fields. *Mutation Res.* 410, 141-165.

Verschaeve L. (2001) Biological effects and potential hazards of GSM-radiation. *Ann.Assoc. belge Radioprot.* 26, 251-264.

Wertheimer N and Leeper E. (1979) Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 109, 273-284.

Ziskin M.C. (1996) Ultrasound: epidemiology, guidelines, standards, protective measures. In: Matthes R., ed., *Non ionizing radiation*. ICNIRP publication, ISBN 3-9804789-1-2, pp. 338-344.

Zwamborn A.P.M., Vossen S.H.J.A., Leersum B.V. e.a. (2003) Effects of global communication system radiofrequency fields on the well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. The Hague: TNO Physics and Electronics Laboratory, FEL-03-C148.

---