



## 36. ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN EN GEZONDHEID

### 1. Inleiding

#### 1.1. Definitie van elektromagnetische velden en golven

Rond elektrische geleiders die onder spanning staan heerst een elektrisch veld. Indien er ook stroom door de geleider loopt, wordt bijkomend een magnetisch veld opgewekt. Bij een wisselstroom en van zodra de wisselfrequentie een bepaalde waarde bereikt, zendt de geleider een elektromagnetische (EM)-golf of EM-straling uit. De geleider wordt op dat ogenblik als het ware een zendantenne. Een EM-golf is de combinatie van elektrische en magnetische velden waarvan het afwisselen in de tijd de wederzijdse inductie en voortplanting van beide velden in de ruimte verzekert.

#### 1.2. Gevolgde methodologie voor de aanmaak van dit dossier

Zoals voor elk dossier dat objectieve medische en wetenschappelijke informatie brengt, werd ook hier bij voorkeur gebruik gemaakt van 'tertiaire' wetenschappelijke literatuur, namelijk: kritische reviews en indien beschikbaar meta-analyses van wetenschappelijke studies. Zulke literatuur laat toe een objectieve stand van zaken te geven over de vraagstelling in kwestie. Studies waarvan de resultaten niet voldoende en op onafhankelijke wijze reproduceerbaar zijn, werden niet aangewend voor de aanmaak van dit dossier. Uiteindelijk en zoals voor elk ander domein binnen het biomedische onderzoek, werd ook sceptisch omgegaan met wetenschappelijke publicaties waarover het vermoeden bestond van een mogelijke belangenvermenging (wetenschappelijk onderzoek gefinancierd door de industrie, enz, ...).

#### 1.3. Inleiding tot de gezondheidseffecten van EM-velden

##### 1.3.1. Onduidelijkheid over de interactiemechanismen

Als men de maximale intensiteit van de EM-velden in acht neemt waaraan het grote publiek dagelijks of occasioneel wordt blootgesteld, moet men voor ogen houden dat er -afgezien van bepaalde bronnen van blootstelling binnen de zogenaamde "intermediaire" of middenfrequenties- tot op heden geen interactiemechanisme met de humane gezondheid/fysiologie werd vastgesteld (1,2). Door de alomtegenwoordigheid van EM-velden en het blijvend bestaan van bepaalde onzekerheden, trachten wetenschappelijke studies continu de mogelijke impact van EM-velden, met een zwakke intensiteit, op de gezondheid of het welzijn aan te tonen. Deze gedocumenteerde fiche geeft een overzicht van de actuele wetenschappelijke kennis en bevindingen, waarbij specifiek aandacht wordt geschonken aan de nog bestaande vragen en onzekerheden.

##### 1.3.2. Niet-ioniserend karakter van EM-velden

Vaak worden EM-golven of EM-straling verward met ioniserende straling, welke behoort tot de hoogste frequentiewaarden van het elektromagnetisch spectrum (UVstraling met een hoge frequentie, X- en gammastralen). Kenmerkend voor dit type van straling is de hoge intrinsieke energie waaraan ze haar ioniserend karakter ontleent. De schadelijke effecten en gevolgen (meer bepaald kankerverwekkende) van de ionisatie van atomen en moleculen treden al op bij de laagste intensiteit van ioniserende straling. De effecten gaan zich bovendien in de tijd opstapelen, zodat een langdurige blootstelling aan heel lage doses dezelfde gevolgen kan hebben als een korte blootstelling aan veel hogere doses. Omdat hun frequentie lager is dan deze van infrarood stralen, en ze bijgevolg een te lage intrinsieke energie bezitten om ook maar de minste ionisatie te veroorzaken, geldt bovenstaande niet voor EM-velden. Voor zulke velden bestaat er in principe voor ieder onderzocht effecttype een intensiteitdrempel. Bij blootstelling aan een hele lage intensiteit, bijvoorbeeld de gemiddelde intensiteit waaraan men dagelijks wordt blootgesteld in een moderne stedelijke omgeving, treedt er in de tijd geen cumulatieve impact op (1,2).

### 2. Statische EM-velden

#### 2.1. Definitie

Velden die in de tijd niet variëren worden "statisch" genoemd en treden op in de omgeving van iedere installatie die op gelijkstroom werkt. Een statisch elektrisch veld dringt niet of nauwelijks in het



organisme door. Bovendien wordt het statisch veld sterk afgezwakt door alle materiaal dat zich tussen de bron en de beschouwde plaats van blootstelling bevindt. Statische elektrische golven verspreiden zich niet homogeen doorheen de ruimte, zodat het kwantificeren van de gemiddelde blootstelling eraan een bijzonder moeilijke oefening is.

In tegenstelling tot het elektrisch veld, dringt het magnetisch veld vlot het organisme binnen en wordt hierbij niet verstoord of tegengehouden door aanwezige materialen. Zijn verdeling in de ruimte rondomheen een bron is voldoende homogeen en voorspelbaar. Het is omwille van deze redenen dat er wetenschappelijke aandacht gaat naar het magnetisch veld en dat zij het onderwerp vormt van studies naar de impact van statische magnetische velden op de gezondheid.

## 2.2. Statische velden in onze omgeving

De voornaamste bronnen van blootstelling aan statische magnetische velden zijn bovengrondse leidingen voor elektrisch aangedreven voertuigen (treinen, trams en metro's). In de onmiddellijke omgeving, bv in een wagon, varieert de intensiteit van de blootstelling doorgaans tussen de 10 en 100 microtesla ( $\mu\text{T}$ , eenheid van de magnetische fluxdichtheid). Deze waarden zijn vergelijkbaar met de intensiteit van het aardmagnetisch veld, dat op onze breedtegraad ongeveer 50  $\mu\text{T}$  bedraagt. Die intensiteit daalt vrij snel naarmate de afstand tot de bovenleidingen toeneemt. Een ander goed gekend voorbeeld voor de algemene bevolking is de elektromagneet in toestellen van nucleaire magnetische resonantie (NMR) die voor medische beeldvorming worden gebruikt. Het magneetveld van zulke magneet bereikt vaak een intensiteit van 1,5 tot 3 T, wat 20.000 keer hoger is dan deze van het aardmagnetisch veld (3).

## 2.3. Gekende effecten op het organisme

Diverse effecten van statische magneetvelden op de materie zijn gekend. Echter, de intensiteitwaarden van de magnetische velden die voor ons van belang zijn ( $\leq 100 \mu\text{T}$ ) kunnen slechts één effect hebben en dat is dat ze enkel door dieren (waaronder bepaalde zoogdieren), die over een zintuig beschikken dat magnetische stralen "voelt", worden waargenomen.

## 2.4. Gevolgen voor de gezondheid

De studies naar de gevolgen van statische magnetische velden op de gezondheid concentreerden zich tot dusver enkel op de effecten op korte termijn. In dit verband bestaan er aanwijzingen voor diverse effecten: in eerste instantie heeft men de effecten van het neurosensorische type, in tweede instantie deze van het genetische type. Genetische effecten treden enkel op vanaf typische intensiteitswaarden gebruikt binnen de NMR-sfeer en dus binnen de medische wereld (3). We benadrukken dat de blootstelling aan het magnetisch veld van een NMR-toestel steeds kortstondig is en berust op een medische beslissing, waarbij de voor- en nadelen van de hele onderzoeksprocedure ten opzichte van elkaar zijn afgewogen. Doordat de NMR-techniek frequent de taak van de scanner overneemt, kan de blootstelling aan X-stralen en daarmee ook het relatieve risico op kanker dat hiermee samengaat drastisch worden verminderd.

# 3. EM-velden met extreem lage frequenties

## 3.1. Definities

De frequenties tussen 3 en 300 hertz (Hz) worden ingedeeld als "extreem laag". Veruit dominant zijn de 50 Hz-velden, waaraan dit onderdeel gewijd is. De 50 Hz-velden worden opgewekt door iedere elektrische geleider of ieder elektrisch toestel in werking. Zoals voor statische velden en omwille van dezelfde redenen wordt het magnetisch veld tot dusver als enige in rekening genomen om de eventuele impact van EM-velden met een frequentie van 50 Hz op de gezondheid te bepalen.

Andere frequenties die binnen het gamma van de extreem lage frequentie het sterkst zijn vertegenwoordigd, zijn in het bijzonder de 16,7 Hz frequenties van de spoorwegen. Over de blootstelling aan deze extreem lage frequenties zijn echter onvoldoende gegevens beschikbaar en ook hun eventuele impact op de gezondheid werd tot op heden onvoldoende onderzocht.

## 3.2. 50 Hz-velden in onze omgeving

In de buurt van iedere leiding voor het transport of de distributie van elektriciteit, rond transformatiestations en in de omgeving van elektrische toestellen in werking, treffen we 50 Hz-



magnetische velden aan. De intensiteit hiervan neemt zeer snel af naarmate de afstand tot de bron toeneemt, doorgaans gebeurt dit omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand R tot de bron ( $1/R^2$ ).

Hieronder worden een paar voorbeelden aangehaald, met vermelding van de benaderde gemiddelde intensiteit van 50 Hz-magnetische velden, zoals we die in het Brussels Gewest aantreffen (de elektrische spanning wordt uitgedrukt in kilovolt of kV) (4-10):

- Achtergrondruis in de woonomgeving (waar er zich elektrische toestellen in werking bevinden):  $\leq 0,1 \mu\text{T}$
- Nabijheid (30 cm) van diverse elektrische toestellen in werking: 0,1 tot  $10 \mu\text{T}$
- Transformatiecabine 10-15kV/220-400V: 0,4-2,5  $\mu\text{T}$  op 2 m; 0,2-2  $\mu\text{T}$  op 4 m
- Transformatiestations  $\geq 30\text{kV}/10-15\text{kV}$ :  $> 1 \mu\text{T}$  op 4m; 0,5  $\mu\text{T}$  op 6 m
- Ondergrondse hoogspanningsleidingen (150 kV): 1 tot 3,5  $\mu\text{T}$  op de loodrechte lijn; 0,2  $\mu\text{T}$  op 10 m
- Bovengrondse hoogspanningsleidingen (150 kV): 1  $\mu\text{T}$  op de loodrechte lijn; 0,5  $\mu\text{T}$  op 30 m

### 3.3. Gekende effecten op het organisme

#### 3.3.1. Rechtstreekse effecten en inductie van elektromagnetisme

Bij een frequentie van 50 Hz oefent een magnetisch veld eenzelfde werking uit op het organisme als een statisch veld. Binnen de intensiteitswaarden die ons aanbelangen (zie hoger) is de enige mogelijke werking van dit magnetisch veld de impact op de magnetoreceptie, een zintuig waarover, tot bewijs van het tegendeel, alleen dieren (waaronder verschillende zoogdieren) lijken te beschikken.

Daarentegen, van zodra we te maken krijgen met een wisselend magnetisch veld treedt het fenomeen van elektromagnetische inductie op. De industrie gebruikt elektromagnetische inductie voor het laten werken van transformatoren, alternatoren en elektrische motoren. Wanneer een elektrisch geleidend lichaam aan zulk magnetisch veld wordt blootgesteld, zullen hierin elektrische stromen worden geïnduceerd met een intensiteit evenredig aan de frequentie van het magnetisch veld. Gebaseerd op dit effect, en na het in rekening brengen van een veiligheidsfactor, beveelt de Europese Commissie een maximale blootstellingintensiteit voor de algemene bevolking aan van  $100 \mu\text{T}$  bij 50 Hz (11). Binnen het gamma aan bestaande intensiteiten in onze leefomgeving, zijn geïnduceerde stromen in het menselijk lichaam volledig te verwaarlozen. De intensiteit hiervan ligt immers veel lager dan deze van de endogene stroom opgewekt door de diverse celactiviteiten in onze weefsels (1,11).

#### 3.3.2. Indirecte effecten en contactstromen

Een lichaam dat in contact komt met een metalen geleider kan effecten van het 50 Hz-veld, ditmaal hoofdzakelijk van het elektrisch veld, waarnemen (de zogenaamde "indirecte effecten"). Zo treedt er in een persoon die een niet-geaarde metalen massa (vb. een omheining) in de buurt van een hoogspanningsleiding aanraakt een ontladestroom op. Afhankelijk van de intensiteit, veroorzaakt deze stroom al dan niet een ontladagevoel (de perceptiedrempel bedraagt ongeveer 0,5 milliampère (mA)). Let wel, men weet niet wat de eventuele gezondheidsgevolgen zijn in geval van een gelijkaardig veelvuldig contact vanaf 0,1 mA ontladestroom, dus onder de perceptiedrempel (12).

#### 3.3.3. Interferentie met medische implantaten

Het 50 Hz-magnetisch veld kan een stroom induceren in de detectielus van een pacemaker. Onder de gemiddelde waarde van ongeveer  $100 \mu\text{T}$  is die interferentie volstrekt onschadelijk (13). In dit verband merken we op dat de moderne medische implantaten steeds beter, ongeacht de frequentie, tegen interferentie van EM-velden zijn beschermd.

### 3.4. Gevolgen voor de gezondheid

Zoals hierboven aangegeven verwacht men voor de blootstelling aan 50 Hz-velden geen impact op de gezondheid. Wel is het zo dat men tot op heden een onverklaarbaar verhoogde prevalentie waarneemt van leukemie bij kinderen die in de buurt van hoogspanningsleidingen wonen. Onder andere omwille hiervan werden verschillende studies verricht naar de prevalentie van gezondheidsproblemen die met de blootstelling aan deze velden verband houden.



### 3.4.1. Observatiestudies:

*Kanker:* er is een aangetoond verband tussen een verlengde blootstelling aan een magnetisch veld  $\geq 0,4 \mu\text{T}$  in de woonomgeving en een verdubbeld risico op leukemie bij kinderen jonger dan 15 jaar (1,14). Voornamelijk de nachtelijke blootstelling van het kind wordt als voornaamste oorzaak aangeduid (15). Echter, tot hiertoe werd hiervoor geen enkele associatie bewezen. Hetzelfde geldt voor hersentumoren bij kinderen en andere vormen van kanker bij volwassenen (1,14,16).

*Neurodegeneratieve aandoeningen:* er bestaan aanwijzingen voor een verdubbeld risico op overlijden door de ziekte van Alzheimer als gevolg van een verlengde blootstelling ( $\geq 15$  jaar) in de woonomgeving aan een magnetische veldintensiteit  $\geq 0,5 \mu\text{T}$ . Het beperkt aantal waargenomen gevallen laat momenteel echter nog niet toe om hier definitieve conclusies uit te trekken (17).

*Reproductie en ontwikkeling, zenuwzinking, hart- en vaataandoeningen, aandoeningen van het immuunstelsel en bloedziekten:* uit de studies die tot dusver werden uitgevoerd, lijkt er geen impact uit te gaan van de intensiteitswaarden waaraan de algemene bevolking mag worden blootgesteld. Toch kan men niet uitsluiten dat zwangere vrouwen die worden blootgesteld aan waarden met een maximum tot  $2 \mu\text{T}$ , een verhoogd risico lopen op een miskraam (1).

### 3.4.2. Experimentele studies

*Kanker en genetische effecten:* studies op celniveau (*in vitro*) en op dieren (*in vivo*) hebben tot dusver geen resultaten opgeleverd. Er bestaan enkel aanwijzingen voor een cocarcinogeen effect bij een intensiteit  $\geq 100 \mu\text{T}$  (16). We merken echter op dat er nog steeds geen geldig diersysteem bestaat dat onderzoek toelaat naar leukemie bij kinderen (1).

*Neurologische en neuro-endocriene effecten:* Bij een intensiteit van  $\geq 100 \mu\text{T}$  worden er bepaalde effecten waargenomen op het centraal zenuwstelsel (antioxidantstatus, Elektro-encefalogram) (16). Zonder dat men een exact blootstellingsniveau kan bepalen, blijkt er zich bij ratten die langdurig worden blootgesteld een matig inhiberend effect voor te doen op de nachtelijke afscheiding van melatonine (1,18).

### 3.4.3. Conclusie

Ondanks het ontbreken van een mechanisme dat de oorzaak verklaart, moeten we onthouden dat het risico op leukemie bij kinderen en misschien ook het overlijdensrisico door de ziekte van Alzheimer dubbel zo hoog ligt bij een langdurige blootstelling in de woonomgeving aan 50 Hz-magnetische velden (gelimiteerde doorgang) met een intensiteit van  $\geq 0,4 \mu\text{T}$ .

Rekening houdend met het aantal kinderen dat waarschijnlijk aan  $\geq 0,4 \mu\text{T}$  wordt blootgesteld en met de jaarlijkse incidentie van leukemie bij kinderen in ons land, kunnen we veronderstellen dat de 50 Hz-velden in het Brussels Gewest hooguit "verantwoordelijk" zijn voor minder dan één geval van kinderleukemie om de 10 jaar (5,19,20).

Aangezien er tot dusver geen enkel werkingsmechanisme kon worden geïdentificeerd, bestaat er vandaag de grootste onzekerheid wat betreft enerzijds de daadwerkelijke verantwoordelijkheid van 50 Hz-magnetische velden voor de inductie van leukemie bij kinderen, en anderzijds de mogelijke rol van deze velden bij de ontwikkeling van de ziekte van Alzheimer. Overigens, in de veronderstelling dat het oorzakelijk verband tussen deze velden en leukemie bij kinderen wordt aangetoond, kunnen er eventueel nog andere gevolgen zijn voor de gezondheid die vooralsnog niet werden bestudeerd. Tot slot, en nog steeds binnen diezelfde veronderstelling, zouden ook magnetische velden van extreem lage frequentie in rekening kunnen worden gebracht, met inbegrip van de 16,7 Hz frequenties die uitgaan van de bovenleidingen van spoorwegen (21).

## 3.5. Aanbevelingen

Rekening houdend met de aanhoudende onzekerheid over de gevolgen van 50 Hz-magnetische velden op de gezondheid en om de intensiteit van blootstelling, vooral dan 's nachts, te beperken, raden we volgende maatregelen aan:

- Vermijd regelmatig gebruik van elektrische dekens of elektrische vloerverwarming in de slaapkamer.



- Respecteer de volgende afstanden tussen het bed en bepaalde continu werkende elektrische apparaten: 50 cm voor een elektrische wekker, 1 meter voor een elektrisch schakelpaneel of een energiemeter met draaischijf.
- Richt geen slaapkamers in binnen een straal waarbij er gezondheidseffecten verondersteld worden, dus waarbij de intensiteit kan oplopen tot 0,4  $\mu\text{T}$  of hoger. D.w.z. minimum:
  - 5,5 m afstand van een elektriciteitscabine (10-15 kV/220-400V)
  - 8 m afstand van een elektriciteitspost (> 30 kV/10-15 kV)
  - 43 m afstand van een hoogspanningslijn van 150 kV
  - 3,75 m afstand van een ondergrondse kabel van 150 kV
- Vermijd in huis installatieconfiguraties waarbij de fase en de nulleider van eenzelfde circuit van elkaar zijn gescheiden.

Bovenstaande maatregelen hebben vooral betrekking op **kinderen jonger dan 15 jaar en zwangere vrouwen** (8, 15).

## 4. EM-velden van de middenfrequentie

Frequenties tussen 300 Hz en 100 kilohertz (kHz) worden ook "middenfrequenties" genoemd. Net als bij 50 Hz gaat de aandacht hier uit naar het magnetisch veld.

### 4.1. De middenfrequenties in onze omgeving

Hieronder volgt een overzicht van de meest courante bronnen van zogenaamde "middenfrequenties" in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest met, voor iedere bron, een orde van grootte aangaande de blootstellingintensiteit (16,22,23):

- Antidiefstalpoortjes in winkels en metaaldetectoren (afhankelijk van de frequentie bij werking): tot > 300  $\mu\text{T}$  (220 - 530 Hz) en tot > 20  $\mu\text{T}$  (58-132 kHz).
- Kathodeschermen van televisies en computers (1 tot 150 kHz): < 0,05  $\mu\text{T}$  op 30 cm afstand.
- Inductiekookplaten (20 tot 50 kHz): 2  $\mu\text{T}$  op 5 cm en 0,2  $\mu\text{T}$  op 30 cm afstand (intensiteit x 3 tot 20 cm afstand voor een recipiënt met een kleinere diameter dan de diameter van de kookplaat en/of wanneer het recipiënt niet volledig centraal op de plaat is geplaatst).
- Energiespaarlampen (tussen 30 en 60 kHz): < 0,03  $\mu\text{T}$  op 30 cm afstand.

### 4.2. Gevolgen voor de gezondheid

Momenteel is de hoeveelheid gegevens over de effecten van magnetische velden van de middenfrequentie op de gezondheid heel erg beperkt. We kennen enkel het effect van geïnduceerde stroom (zie 50 Hz-magnetische velden), wat vooral voor het centraal zenuwstelsel schadelijk kan zijn. Dit heeft er toe geleid dat de Europese Commissie grensniveaus aanbeveelt voor de bescherming van het grote publiek (11). Deze grensniveaus variëren volgens de frequentie en houden rekening met een veiligheidsfactor. Voor frequenties tussen 800 Hz en 150 kHz bedragen deze 6,25  $\mu\text{T}$ . In de buurt van antidiefstalpoortjes, metaaldetectoren of inductiekookplaten kan die grenswaarde worden overschreden (zie hierboven). Merk op dat er zich in de buurt van deze apparaten interferenties kunnen voordoen met medische implantaten (pacemakers of defibrillators) (24,25).

### 4.3. Aanbevelingen

De aanbevelingen die we vandaag kunnen formuleren, zijn enerzijds vooral van belang voor **kinderen**, omwille van hun beperkte lengte. De afstand tussen hun hoofd en de betreffende bronnen is immers kleiner dan bij volwassenen. Het hoofd is immers het meest gevoelige lichaamsdeel voor eventuele effecten. Anderzijds zijn deze aanbevelingen ook belangrijk voor **draggers van pacemakers of defibrillators en dit** omwille van een mogelijke interferentie (24, 25).

- Antidiefstalpoortjes of metaaldetectoren: loop langs deze toestellen zonder halt te houden of ze aan te raken.
- Inductiekookplaten: kies een geschikt recipiënt en plaats dat centraal op de kookplaat. Bewaar een veilige afstand (< 30 cm) tijdens het koken.



## 5. EM-velden en –golven binnen het radiofrequentiespectrum

### 5.1. Definities en eenheden van radiofrequentie

Het overgrote deel van de radio- en telecommunicatiesystemen, maar ook tal van andere systemen, werken via EM-velden van het radiofrequentiebereik (RF-bereik). Deze variëren van 100 kHz tot 300 gigahertz (GHz). Dit gamma omvat het spectrum van de "microgolven" (300 megahertz (MHz) tot 300 GHz). Bij dergelijke frequenties combineren de velden zich tot elektromagnetische stralingen met een golflengte die omgekeerd evenredig is aan de frequentie.

Deze bedraagt bijvoorbeeld 300 m bij een frequentie van 1 MHz en 30 cm bij een frequentie van 1 GHz. De intensiteit van de blootstelling aan EM-straling wordt uitgedrukt in de waarde van het elektrisch veld E (Volt/meter), of beter nog, in de dichtheid van het toegevoerde vermogen (Watt/m<sup>2</sup>) dat proportioneel is aan E<sup>2</sup>. Terwijl E daalt met 1/R bij een toenemende afstand tussen de bron en de betrokken persoon, neemt de waarde van het toegevoerde vermogen af met 1/R<sup>2</sup>. De opgenomen stralingsdosis wordt uitgedrukt in 'de debietwaarde van de geabsorbeerde dosis' (voor een weefselvolume van 10 cm<sup>3</sup>) of 'specific absorption rate (SAR)', met een eenheid gelijk aan watt per kilo lichaamsgewicht (W/kg).

### 5.2. Radiofrequenties in onze omgeving

Hieronder volgt een overzicht van de in onze omgeving sterkst vertegenwoordigde RF-bronnen, met hun werkingsfrequentie. In geval van bronnen op afstand en/of meervoudige bronnen worden typische corresponderende blootstellingsintensiteiten weergegeven. Wat betreft gsm-frequenties en hoger, dient de blootstellingintensiteit te worden gedeeld door:  $\geq 2$  wanneer de bron en de betrokken persoon gescheiden zijn door een muur,  $\geq 8$  in geval van een betonnen wand en  $\geq 10$  in geval van een wand bekleed met metaalplaat. In het geval dat de emissiebron zich in de nabijheid van het organisme bevindt, zijn het de typische intensiteiten van de geabsorbeerde dosis (SAR) die zijn aangegeven. De absorptie gebeurt door het weefsel dat zich in de onmiddellijke omgeving van de bron bevindt (16,23,26,27,28). SAR varieert zowel volgens de intensiteit als volgens de frequentie van blootstelling. 1 W/m<sup>2</sup> (wat overeenstemt met een elektrisch veld van ongeveer 20 V/m) veroorzaakt een SAR van om en bij de 40 mW/kg bij FM-radiofrequenties (100 MHz) en van  $\pm 10$  mW/kg bij een frequentie van een 1800 GSM (1,8 GHz). Voor kinderen moeten deze waarden met ongeveer 40% worden verhoogd (29).

In volgend overzicht wordt getracht een vergelijking te maken tussen continue emissiebronnen (diverse antennes, Wifi,...) en intermitterende of pulserende emissiebronnen (gsm-toestellen, draadloze telefoon,...). Om deze vergelijking mogelijk te maken worden de gebruikte SARwaarden en de waarden van het toegevoerd vermogen uitgemiddeld in functie van de tijd.

#### **Bronnen op afstand en/of meervoudige bronnen:**

- AM- en kortegolfradio-emissies (525 kHz tot 26 MHz), FM-radio-emissies (87,5-108 MHz), en digitale radio en televisie (respectievelijk 175-230 MHz en 470-860 MHz):  $\leq 1$  mW/m<sup>2</sup>, alle frequenties bij elkaar opgeteld.
- Babyfoon (440 en 860 MHz):  $\leq 50$  mW/m<sup>2</sup> op 50 cm afstand.
- Radiozendapparatuur (tussen 2 en 430 MHz) en zendmasten van het TETRA-systeem (415-430 MHz): Hierover zijn weinig gegevens beschikbaar, maar dit kan in de onmiddellijke omgeving oplopen tot  $\geq 100$  mW/m<sup>2</sup>.
- Typische gsm-paneelantenne van 16 watt (om en bij de 900 en 950 MHz; om en bij de 1.750 en 1.850 Mhz) op een afstand van 20 m:  $\leq 100$  mW/m<sup>2</sup> strikt aan de voorzijde;  $\leq 50$  mW/m<sup>2</sup> aan de zijkant ( $\geq 45^\circ$  ten opzichte van de richting van het paneel);  $< 10$  mW/m<sup>2</sup> op de loodrechte lijn. Op een dubbel zo grote afstand bedraagt de intensiteit nog 25%. Bij twee gelijkgerichte antennes of als het vermogen van de antenne verdubbelt, verdubbelen ook deze waarden.
- Draadloze huistelefoon (DECT, 1.900 MHz):  $\leq 1$  mW/m<sup>2</sup> op 1 m.
- UMTS-antenne (rond 1.950 en 2.150 MHz): de intensiteit bedraagt ongeveer een achtste van de intensiteit veroorzaakt door de hiervoor beschreven gsm-antenne.
- Draadloze router in de woonomgeving (Wifi, 2,4 GHz):  $\leq 3$  mW/m<sup>2</sup> op 1 m.
- Diverse systemen met korte reikwijdte (draadloze intercom of microfoons, alarmsystemen en bewegingsmelders): verwaarloosbare intensiteit.



### **Bronnen in de nabijheid:**

- Antidiefstalpoortjes met RF: 0,4 tot 10 mW/kg (10 MHz); 0,5 tot 20 mW/kg (1 GHz).
- Walkietalkie (tussen 30 en 900 MHz, waaronder de TETRA-frequenties):  $\geq 2$  W/kg.
- Gsm-toestel tegen het oor: 10 tot 100 mW/kg en maximum 0,2 tot 1,5 W/kg (bij slechte ontvangst en afhankelijk van het model).
- DECT-toestel (draadloze huistelefoon): 10 tot 30 mW/kg.
- Draagbare computer met Wifi-kaart: 50 tot 400 mW/kg.
- Bluetooth systeem (2,4 GHz): 1 tot 3 mW/kg (oortje); 10 tot 500 mW/kg (USB-stick)
- Microgolfoven (2,45 GHz): 5 mW/kg op 30 cm.

Een recente campagne die de blootstelling van personen in het stedelijke milieu in verschillende Europese steden onderzocht, maakt melding van de volgende gemiddelde intensiteitswaarden:  $\leq 0,1$  mW/m<sup>2</sup> binnen in de woonomgeving,  $\leq 0,5$  mW/m<sup>2</sup> in openlucht, 0,5-1,5 mW/m<sup>2</sup> in een auto of autobus en tot 1 mW/m<sup>2</sup> in een treinwagon. De frequentie van gsm's en draadloze telefoons is het sterkst vertegenwoordigd (30). Merk op dat het aantal RF-bronnen gestaag toeneemt. Enkele voorbeelden van bronnen die recent hun opmars maken zijn: de aangeboden internetverbindingen via golven (Wimax:  $\geq 2,5$  GHz), bepaalde draadloze communicatie- of detectietechnologieën (UWB), systemen voor de RF-gestuurde identificatie van goederen en personen (RFID: tussen 13,5 MHz en 2,45 GHz), de Hiperlan draadloos gestuurde internetverbinding (5,2 GHz), enz. Bepaalde specifieke bronnen die nauwelijks of niet relevant zijn voor het Brussels Gewest (meer bepaald militaire toepassingen, waaronder radars), worden niet in rekening gebracht.

## **5.3. Gekende effecten op het organisme**

### **5.3.1. Thermische effecten**

In tegenstelling tot magnetische velden die zonder onderscheid in het weefsel binnendringen, worden EM-golven beïnvloed door de aanwezigheid van het menselijk lichaam. Bij contact met de huid wordt een gedeelte van de EM-golf afgebogen en een overig gedeelte opgenomen tot op een diepte die omgekeerd evenredig varieert met de frequentie. Bij bijvoorbeeld FM-frequenties (100 MHz) absorbeert het weefsel de energie van de indringende golf slechts matig, zodat er op een diepte van 10 cm nog 10% van de energie overblijft. Echter, bij GSM 1800 frequenties (1,8 GHz) neemt het weefsel de energie uit de EM-golf veel sterker op. De volledige energie wordt door de eerste 2 cm van het weefsel opgenomen. De absorptie waarvan hier sprake is, is het resultaat van de omzetting van de EM-energie van de golf in thermische energie. Vanaf een bepaalde intensiteitsdrempel gaat er zich dus lokaal warmte ontwikkelen. De microgolfoven is een toepassing van dit principe. Verder dient dit principe ook als basis voor de berekening van de SAR-niveaus die de Europese Commissie voor de blootstelling van personen aanbeveelt. Rekening houdend met een veiligheidsfactor, bedraagt de blootstellingsdrempel voor het volledige lichaam 80 mW/kg en voor de lokale blootstelling van het hoofd of de romp 2 W/kg (11). Rekening houdend met de beschikbare literatuur en met de blootstelling van het volledige lichaam legde de Belgische Regering de wettelijke grens in 2005 vast op 20 mW/kg (31). Volgens diezelfde criteria legde het Brusselse Gewest de grens op 3 V/m, wat bij de frequentie van 900 MHz overeenstemt met 0,4 mW/kg (32).

### **5.3.2. Niet-thermische effecten**

Afgezien van de zogenaamde "thermische" effecten (die verband houden met de omzetting in warmte) werden er tal van mechanismen, voor de interactie van RF met levend weefsel geopperd, om bepaalde effecten te kunnen verklaren. Deze effecten lagen op een SAR  $< 4$  W/kg, de waarde waaronder er geen significante opwarming wordt waargenomen. Twee van deze mechanismen worden vandaag nog verder onderzocht. Het eerste, dat we als microthermisch kunnen omschrijven, houdt verband met de bijzondere warmteproductie bij blootstelling aan RF. Dit mechanisme kan een verklaring aanreiken voor bepaalde effecten die optreden bij SAR-waarden die licht onder de thermische drempel blijven (33). Het tweede hangt samen met de hypothese van zogenaamde "athermische" mechanismen en is dus niet gelinkt aan de omzetting van EM-energie in warmte. Dit veronderstelt eerder een zogenaamd "resonantieverschijnsel" tussen bepaalde lage frequenties die aanwezig zijn in het "signaal" van de EM-golf en bepaalde biologische frequenties. Mocht dit mechanisme bewezen worden, dan zou het de effecten kunnen verklaren veroorzaakt door SAR-waarden die ver beneden de thermische drempel liggen. Tal van theoretische beschouwingen trekken het bestaan van dit mechanisme echter sterk in



twijfel (2). De mogelijkheid van het bestaan van effecten die verband houden met lage frequenties, en hiermee spreekt men niet over de emissie van het gsm-toestel, maar wel over het ontladen van de batterij van zulk toestel, bestaat wel degelijk. Hierbij worden magnetische velden gegenereerd die op hun beurt toegevoerde stromen creëren waarvan de intensiteit voor het hoofd niet verwaarloosbaar is (34). Het betreft hier dus geen resonantiefenomeen. Dit effect werd tot dusver nog niet voldoende onderzocht.

### 5.3.3. Interferentie met medische implantaten

Sommige bronnen kunnen een RF-intensiteit produceren die interferentie kan veroorzaken met medische implantaten (pacemaker, defibrillator), maar dan enkel in de onmiddellijke nabijheid ervan. Het betreft gsm-toestellen, sommige basisstations van draadloze DECT-telefoons of detectiesystemen die met radiofrequenties werken (antidiefstalpoortjes, RFID) (23,25,28). Wat de gsm-toestellen betreft, werden tot dusver enkel onschadelijke interferentie-incidenten vastgesteld (35).

## 5.4. Gevolgen voor de gezondheid

Ondanks de afwezigheid van een voor de handliggend mechanisme voor de interferentie tussen radiofrequenties en levend weefsel, bij een intensiteit waaraan iedereen kan worden blootgesteld, besteden talrijke studies aandacht aan de mogelijke gezondheidseffecten van dergelijke intensiteitswaarden.

### 5.4.1. Observatiestudies:

- *Kanker*: twee studies onderzochten de prevalentie van kinderleukemie in de nabijheid van AM- en FM-radiozenders, maar toonden geen verhoogd risico aan (16). In heel veel andere studies werd het risico van (goed- of kwaadaardige) hersen- of speekselkliertumoren onderzocht in relatie tot het gebruik van draagbare telefoons, inclusief gsm's. Tot op vandaag en ondanks veel onnauwkeurigheden in de methodologie, gebruikt om de effectieve blootstelling van het subject te evalueren, is men het erover eens dat er geen verhoogd risico bestaat op dergelijke tumoren voor een gebruiksduur van iets meer dan 10 jaar (beschikbare gegevens bij de aanmaak van deze fiche). Enkel een lichte risicotoename op gliomen of een akoestisch neuroomblijkt niet te kunnen worden uitgesloten wanneer men gedurende meer dan 10 jaar intensief gebruik maakt van een gsm-toestel ( $\geq 30$  minuten/dag). Tot op heden zijn het merendeel van de bestudeerde gevallen gebruikers van een analoge "NMT" telefoon. Tot voor kort waren deze toestellen vooral in Scandinavische landen in gebruik. Zulk toestel stelt de gebruiker bloot aan SAR-waarden die 10-20 keer hoger liggen dan deze van de moderne gsm. Aangezien er tussen de inductie en de diagnose van dergelijke hersentumoren een periode van 20 jaar kan verstrijken en we in 2011 dat punt nog niet hebben bereikt (zulke telefoons zijn nog geen 20 jaar op de markt), luidt de conclusie dat we de tendens van de prevalentie van dergelijke tumoren binnen de populatie moeten blijven opvolgen (16,36,37,38).

### 5.4.2. Experimentele studies

- *Kanker*: tal van *in vivo* studies gingen de effecten na van een chronische blootstelling van ratten (gedurende een periode die vaak het equivalent was van een volledige levensduur) aan SAR-waarden tot 4 W/kg (blootstelling van het volledige lichaam). De resultaten waren doorgaans negatief, inclusief de meer algemene mortaliteit (16,39). Het uitblijven van effecten bij dergelijke SAR-waarden tijdens de volledige levensduur is eerder geruststellend. Niettemin blijft er onzekerheid bestaan over de mogelijkheid om deze resultaten te extrapoleren naar de mens, meer bepaald omdat er tot op heden geen gepaste diermodellen voorhanden zijn (16,39).
- *Diverse genetische en cellulaire effecten*: tal van *in vivo* en *in vitro* studies onderzochten de mogelijkheid van genetische letsels, wijzigingen in de expressie van verschillende genen of eiwitten, verstoorde celcycli of enzymactiviteiten. Via dergelijke studies kan het eventueel toxische karakter van ieder fysisch of chemisch agens met een hogere gevoeligheid worden nagegaan. De gebruikte SAR-waarden liepen op tot  $\geq 4$  W/kg. Rekeninghoudend met tal van onnauwkeurigheden en methodologische fouten, moeten we besluiten dat er geen gezondheidseffecten bestaan voor de intensiteitswaarden waaraan de algemene bevolking is blootgesteld, m.a.w. voor een intensiteit die geen significante opwarming van het weefsel veroorzaakt (16, 33, 40).
- *Andere effecten*: heel wat studies bogen zich over de mogelijke neurofysiologische effecten en de RF-perceptie. Die studies worden behandeld in de fiche "*Elektrogevoeligheid of intolerantie*





voor *elektromagnetische velden*". Tot de andere effecten die voldoende werden onderzocht, werd bij blootstelling aan radiofrequenties een verhoogde doordringbaarheid van de bloed-hersenbarrière aangehaald en dus een risico op hersentoxiciteit. Tal van studies gingen ook de mogelijke impact van radiofrequenties op de vruchtbaarheid en ontwikkeling na. Dergelijke effecten zouden uiteindelijk pas mogelijk zijn mits significante opwarming van het weefsel (16,41). Tenslotte maakt een recente studie melding van een verhoogde hersenactiviteit door langdurige blootstelling aan EM-velden van gsm-toestellen. De betekenis van dit fenomeen in termen van gezondheid is tot op heden onduidelijk (42).

### 5.4.3. Besluiten

Experimentele studies toonden geen gezondheidsrisico aan voor de maximale intensiteit waaraan de algemene bevolking bij gebruik van een gsm-toestel, dat tegen het oor wordt gehouden, mag worden blootgesteld. Dit geldt *a fortiori* ook voor gsm-masten in de buurt, aangezien de blootstellingsintensiteit er > 100 tot 1.000 keer lager is (zie hoger).

Echter, tot op vandaag blijven de lange termijneffecten, van het regelmatig en intens gebruik van een RF-zender die dicht bij het lichaam wordt gehouden (walkietalkie, gsm, Wifi-kaart, bluetooth USB-stick, DECT-telefoon) onduidelijk. Een verhoogd risico op kanker is niet uitgesloten onder zulke condities. Wat wel vaststaat is het verhoogde risico op ongevallen, veroorzaakt door gsm-gebruik achter het stuur, met of zonder handenvrije carkit (43).

## 5.5. Aanbevelingen

### 5.5.1. Gebruik van de gsm achter het stuur

Omwille van het verhoogde risico op ongevallen geldt voor **alle voertuigbestuurders** de aanbeveling om geen gsm te gebruiken achter het stuur, met of zonder "handenvrije" carkit (43).

### 5.5.2. Gebruik van de gsm en van iedere andere RF-bron

Omwille van de aanhoudende onzekerheid over de eventuele effecten van een langdurige blootstelling aan radiofrequenties boven een bepaalde intensiteit (die tot op vandaag nog niet is gedefinieerd), volgen hier enkele aanbevelingen die betrekking hebben **op iedereen**, en meer specifiek op **kinderen en adolescenten** van wie de hersenen, maar ook de andere organen, nog niet volgroeid zijn en die bijgevolg gevoeliger zijn voor schadelijke invloeden (44):

- Gsm: vermijd intens en langdurig gebruik; verander regelmatig van oorzijde tijdens het bellen; gebruik bij voorkeur het bluetooth-systeem of een oortje en dit op voorwaarde dat u het gsm-toestel op een afstand houdt van uw lichaam ( $\geq 15-20$  cm); geef de voorkeur aan sms-berichten; vermijd het gsm-gebruik bij snelle verplaatsingen (auto); vermijd het gebruik van het gsm-toestel in omstandigheden met gebrekkige ontvangst (kelderverdieping van een gebouw opgetrokken in beton, cabine van de auto, aanduiding van een zwak signaal, enz.).
- Draadloze huistelefoon: vermijd intens gebruik, wissel regelmatig van oorzijde tijdens het bellen.
- Walkietalkie: vermijd regelmatig gebruik.
- Draadloze router; bluetooth USB-stick met groot bereik (categorie 1, > 40 m); Wifi-kaart voor de computer: tracht de waarde van 3V/m niet te overschrijden en respecteer dus bijvoorbeeld een afstand van  $\geq 25$  cm ten opzichte van deze bronnen.
- Microgolfoven: bewaar een afstand van  $\geq 50$  cm tijdens de werking.

### 5.5.3. Baby's en jonge kinderen

Omwille van de eerder aangehaalde onzekerheid geven we hierbij enkele specifieke aanbevelingen voor **baby's en jonge kinderen** (jonger dan 2 jaar) omdat hun hersenen nog niet volledig zijn ontwikkeld en ze dus bijzonder gevoelig zijn voor schadelijke invloeden:

- GSM en draadloze telefoon: vermijd zoveel mogelijk het gebruik ervan.
- Babyfoon: tracht de waarde van 3V/m niet te overschrijden, respecteer bijvoorbeeld een afstand van minstens één meter.



#### 5.5.4. Draggers van medische implantaten

Omwille van mogelijke interferenties, volgen hier tot slot nog enkele aanbevelingen voor **mensen met een pacemaker of defibrillator** (25, 35):

- Gsm en draadloze telefoon: gebruik de oorzijde aan de andere kant van deze waar het implantaat is aangebracht (afstand van  $\geq 15$  tot 20 cm tussen de telefoon en het implantaat).
- Antidiefstalpoortjes of metaaldetectoren: er langs lopen zonder halt te houden of het toestel aan te raken. Niet met het toestel over de borstkas wrijven. Hetzelfde geldt voor elke andere detector die gebruik maakt van RF.

## 6. Hulpmiddelen en enkele nuttige adressen

### 6.1. Inleiding tot de gezondheidseffecten van EM-velden

#### 6.1.1. Pedagogisch instrument voor het publiek:

- Brochure van de FOD Volksgezondheid: Elektromagnetische velden en gezondheid (2009). [www.health.belgium.be/eportal/Environment/Electromagneticfields/index.htm?fodnlang=nl](http://www.health.belgium.be/eportal/Environment/Electromagneticfields/index.htm?fodnlang=nl)

#### 6.1.2. Adviezen voor het publiek en voor professionals uit de gezondheidszorg:

- Centre International pour la Recherche contre le Cancer :
  - Champs électrique et magnétiques statiques et d'extrêmement basse fréquence (2002). [monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/volume80.pdf](http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/volume80.pdf)
  - Publication de l'étude Interphone sur l'utilisation des téléphones portables et le risque de cancer du cerveau (2010). [www.iarc.fr/fr/media-centre/pr/2010/pdfs/pr200\\_F.pdf](http://www.iarc.fr/fr/media-centre/pr/2010/pdfs/pr200_F.pdf)
- Advies van het Europees wetenschappelijk comité voor nieuwe gezondheidsrisico's (SCENIHR): Health Effects of Exposure to EMF (2009). [ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihr/docs/scenihr\\_o\\_022.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_022.pdf)
- Advies van de Hoge Gezondheidsraad [www.health.belgium.be/eportal/Aboutus/relatedinstitutions/SuperiorHealthCouncil/?fodnlang=fr](http://www.health.belgium.be/eportal/Aboutus/relatedinstitutions/SuperiorHealthCouncil/?fodnlang=fr) :
  - Aanbeveling over de problematiek van de blootstelling van de bevolking aan magnetische velden van elektrische installaties. Publicatie nr. 8081 (2008).
  - Aanbeveling met betrekking tot het gebruik van mobiele telefoontoestellen (gsm) door de algemene bevolking (HGR 6.605/5, 2004)

#### 6.1.3. Advies voor dragers van pacemakers:

- American Heart Association: Devices that may interfere with pacemakers (2010). [www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Arrhythmia/PreventionTreatmentofArrhythmia/Devices-that-may-Interfere-with-Pacemakers\\_UCM\\_302013\\_Article.jsp](http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Arrhythmia/PreventionTreatmentofArrhythmia/Devices-that-may-Interfere-with-Pacemakers_UCM_302013_Article.jsp)

### 6.2. Informatie rond blootstelling aan EM-velden

#### 6.2.1. Blootstelling aan huishoudtoestellen:

- Belgian Bioelectromagnetic Group: Valeur du champ électrique (V/m) et de l'induction magnétique ( $\mu$ T) générés par les appareils électrodomestiques à fréquence industrielle (50 Hz). [www.bbemg.ulg.ac.be/FR/cecmmaison.html](http://www.bbemg.ulg.ac.be/FR/cecmmaison.html)
- Office fédéral de la santé publique, Confédération Suisse: Fiche d'information CEM (toutes fréquences). [www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/index.html?lang=fr](http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/index.html?lang=fr)

#### 6.2.2. Blootstelling aan gsm-masten:

- Leefmilieu Brussel - BIM: Informatiebrochure over zendmasten, ook verkrijgbaar bij de gemeentebesturen.
- Leefmilieu Brussel - BIM: Informatie over bestaande masten en evaluatie van de blootstelling aan EM-velden die daardoor worden gegenereerd. [www.leefmilieubrussel.be](http://www.leefmilieubrussel.be) > Particulieren > Elektromagnetische golven.



### 6.2.3. Frequently asked questions:

- Leefmilieu Brussel – BIM. [www.leefmilieubrussel.be](http://www.leefmilieubrussel.be) > Particulieren > Elektromagnetische golven > FAQs.

## 6.3. Diensten voor de meting van de blootstelling aan EM-velden

### 6.3.1. Openbare dienst (gratis):

- Leefmilieu Brussel – BIM. Tel :02/775 75 11, [www.leefmilieubrussel.be](http://www.leefmilieubrussel.be)
- GD-EMF-Consulting, Tel: 011/27 26 87, [www.gd-emf-consulting.be](http://www.gd-emf-consulting.be)
- IBBT – WiCa (Universiteit Gent), Tel.: 09/331 49 18 [www.wica.intec.ugent.be](http://www.wica.intec.ugent.be)

## Bronnen

1. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2007. «Extremely low frequency fields». Environmental Health Criteria 238. <http://www.who.int/peh-emf/publications/Comple DEC 2007.pdf>
2. SHEPPARD A.R., SWICORD M.L., BALZANO Q., 2008. «Quantitative evaluations of mechanisms of radiofrequency interactions with biological molecules and processes». Health Phys, 95(4):365-96.
3. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006. «Static fields». Environmental Health Criteria 232. <http://www.who.int/peh-emf/publications/EHC 232 Static Fields full document.pdf>
4. BELGIAN BIOELECTROMAGNETIC GROUP, «Valeur du champ électrique (V/m) et de l'induction magnétique (µT) générés par les appareils électrodomestiques à fréquence industrielle (50 Hz)». [www.bbemg.ulg.ac.be/FR/cecmmaison.html](http://www.bbemg.ulg.ac.be/FR/cecmmaison.html)
5. DECAT G., VAN DEN HEUVEL I., Mulpas L., 2005. «Monitoring survey of the 50 Hz magnetic field for the estimation of the proportion of Belgian children exposed to the epidemiological cut-off points of 0.2, 0.3, and 0.4 microtesla». Final report of the BBEMG research contract (July 2001 – June 2005).
6. DECAT G., 2007. «Basisdocument ELF-project Hoge gezondheidsraad: Blootstelling van het publiek aan 50 Hz elektromagnetische velden van Belgische hoogspanningslijnen: een overzicht en aanbevelingen». Vlaamse Instelling voor Technologisch onderzoek.
7. DECAT G., MEYEN G., PEETERS E., VAN ESCH L., DECKX L., MARIS U., 2007. «Modellering en GIS-toepassing voor het bepalen van de blootstelling en het epidemiologisch risico van het 50 Hz magnetisch veld gegenereerd door de ondergrondse hoogspanningskabels in Vlaanderen». Eindrapport van een studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij. Vlaamse Instelling voor Technologisch onderzoek, 2007/IMS/R/426.
8. JOSEPH W., VERLOOCK L., MARTENS L., 2006. «analyse van de blootstelling van de mens aan elektromagnetische velden in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest». Studieopdracht, B.I.M/2006531.01.01.999/EM.
9. JOSEPH W., VERLOOCK L., MARTENS L., 2008. «Measurements of ELF electromagnetic exposure of the general public from Belgian power distribution substations». Health Phys, 94(1):57-66.
10. SALINAS E., 2003. «Field mitigation from secondary substations». In: Round table on magnetic field mitigation techniques. Congrès International des Réseaux Électriques de Distribution. [www.cired.be/CIREDO3/data/session2\\_beta/RT2-A.doc](http://www.cired.be/CIREDO3/data/session2_beta/RT2-A.doc)
11. EUROPEAN COUNCIL, «Council recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)». 1999/519/EC. [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/files/lv/rec519\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/files/lv/rec519_en.pdf)
12. LILien J.L., DULAR P., SABARIEGO R.V., BEAUVOIS V., BARBIER P.P., LORPHEVRE R., 2008. «Effects of extremely low frequency electromagnetic fields (ELF) on human beings. An electrical engineer viewpoint». Rev E Tijdschrift, 124(3):34-50.



13. TRIGANO A., BLANDEAU O., SOUQUES M., GERNEZ J.P., MAGNE I., 2005. «clinical study of interference with cardiac pacemakers by a magnetic field at power line frequencies». J Am Coll Cardiol, 45(6):896-900.
14. INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2002. Non-ionizing radiation, part1: «static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields». IARC Monograph 80 on the evaluation of the carcinogenic risks to humans. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/mono80.pdf>
15. CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA SANTÉ, 2008. «Recommandations concernant l'exposition de la population aux champs magnétiques émanant des installations électriques». Publication n° 8081. [http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/15954532\\_fr.pdf](http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/15954532_fr.pdf)
16. SCIENTIFIC COMMITTEE ON EMERGING AND NEWLY IDENTIFIED HEALTH RISKS, 2009. «Health Effects of Exposure to EMF». European Commission. Health & Consumer Protection. Directorate general. [http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihr/docs/scenihr\\_o\\_022.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_022.pdf)
17. HUSS A., SPOERRI A., EGGER M., RÖÖSLI M., SWISS NATIONAL COHORT STUDY, 2009. «Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population». Am J Epidemiol, 169(2):167-175.
18. INDEPENDENT ADVISORY GROUP ON NON-IONISING RADIATION, 2006. «Power Frequency Electromagnetic Fields, Melatonin and the Risk of Breast Cancer». Documents of the Health Protection Agency. Series B: Radiation, Chemical and Environmental Hazards. [http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1204286180274](http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1204286180274)
19. DECAT G., MEYEN G., PEETERS E., VAN ESCH L., DECKX L., MARIS U., 2007. «Resultaten van het gemeten magnetisch veld. In Modelling en GIS-toepassing voor het bepalen van de blootstelling en het epidemiologisch risico van het 50 Hz magnetisch veld gegenereerd door de ondergrondse hoogspanningskabels in Vlaanderen». Onderzoeksopdracht van Vlaamse Milieumaatschappij. Eindrapport 2007/IMS/R/426.
20. VAN OYEN H., HAELTERMAN M., TAFFOREAU J., 1994. «Secular trends in childhood leukaemia in Belgium», 1984-1990. Arch Public Health, 52:499-510.
21. SCHÜZ J., GRIGAT J.P., BRINKMANN K., MICHAELIS J., 2001. «Childhood acute leukaemia and residential 16.7 Hz magnetic fields in Germany». Br J Cancer, 84(5):697-699.
22. VIELLARD C., ROMANN A., LOTT U., KUSTER N., 2007. «B-field exposure from induction cooking appliance». Foundation for Research on Information Technologies. Zurich.
23. HARRIS C., BOIVIN W., BOYD S., COLETTA J., KERR L., KEMPA K., ARONOW S., 2000. «Electromagnetic field strength levels surrounding electronic article surveillance (EAS) systems». Health Phys, 78(1):21-27.
24. IRNICH W., BERNSTEIN A.D., 2006. «Do induction cooktops interfere with cardiac pacemakers? » Europace, 8(5):377-384.
25. AMERICAN HEART ASSOCIATION, 2010. «Devices that may interfere with pacemakers». [www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Arrhythmia/PreventionTreatmentofArrhythmia/Devices-that-may-Interfere-with-Pacemakers\\_UCM\\_302013\\_Article.jsp](http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Arrhythmia/PreventionTreatmentofArrhythmia/Devices-that-may-Interfere-with-Pacemakers_UCM_302013_Article.jsp)
26. JOSEPH W., VERMEEREN G., VERLOOCK L., HEREDIA L., MARTENS L., 2008. «Characterization of personal RF electromagnetic field exposure and actual absorption of the general public». Health Phys, 95(3):317-330.
27. WIART J., DALE C., BOSISIO A.V., LE CORNEC A., 2000. «Analysis of the influence of the power control and discontinuous transmission on RF exposure with GSM mobile phones». IEEE Trans Electromagn Compat, 42(4):376-84.
28. OFFICE FÉDÉRAL DE LA SANTÉ PUBLIQUE, CONFÉDÉRATION SUISSE, «Fiche d'information CEM». [www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/index.html?lang=fr](http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/index.html?lang=fr)
29. INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION, «Dosimetry of high frequency electromagnetic fields». In: Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz). ICNIRP 16/2009.



30. JOSEPH W., FREI P., ROÖSLI M. , THURO´CZY G., GAJSEK P., TRCEK T., BOLTE J., VERMEEREN G., MOHLER E., JUHA´SZ P., FINTA V., MARTEN L., 2010. «Comparison of personal radio frequency electromagnetic field exposure in different urban areas across Europe». Environ Res, 110(7):658-663.
31. SERVICE PUBLIC FEDERAL SANTE PUBLIQUE, SECURITE DE LA CHAINE ALIMENTAIRE ET ENVIRONNEMENT, 2005. «Arrêté royal fixant la norme pour les antennes émettant des ondes électromagnétiques entre 10 MHz et 10 GHz». [C – 2005/22777] F. 2005 — 2394. <http://www.milieugezondheid.be/dossiers/gsm/KBGSM2005.pdf>
32. MINISTÈRE DE LA RÉGION DE BRUXELLES CAPITAL, 2007. «Ordonnance relative à la protection de l’environnement contre les éventuels effets nocifs et nuisances provoqués par les radiations non ionisantes». [S – C – 2007/31104] F. 2007 — 1165. <http://reflex.raadvst-consetat.be/reflex/pdf/Mbbs/2007/03/14/103579.pdf>
33. VANDERSTRAETEN J., VERSCHAEVE L., 2008. «Gene and protein expression following exposure to radiofrequency fields from mobile phones». Environ Health Perspect, 116(9):1131-1135.
34. JOKELA K., PURANEN L., SIHVONEN A., 2004. «Assessment of the magnetic field exposure due to the battery current of digital mobile phones». Health Phys, 86(1):56-66.
35. FRANCIS J., NIEHAUS M., 2006. «Interference between cellular telephones and implantable rhythm devices: a review on recent papers». Ind Pacing Electrophysiol J, 6(4):226-33.
36. AHLBOM A., FEYCHTING M., GREEN A., KHEIFETS L., SAVITZ D.A., SWERDLOW A.J., INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION, 2009. «Epidemiologic evidence on mobile phones and tumor risk. A review». Epidemiology, 20(5):639-52.
37. KUNDI M., 2009. «The controversy about a possible relationship between mobile phone use and cancer». Environ Health Perspect, 117(3):316-24.
38. THE INTERPHONE STUDY GROUP, 2010. «Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE case-control study». Int J Epidemiol, 39(3):675-94.
39. JUUTILAINEN J., HEIKKINEN P., LAGROYE I., MIYAKOSHI J., VAN RONGEN E., SAUNDERS R., DE SEZE R., TENFORDE T., VERSCHAEVE L., VEYRET B., XU Z., 2010. «Experimental studies on carcinogenicity of radiofrequency radiation in animals». Crit Rev Environ Sci Technol, In press.
40. VERSCHAEVE L, JUUTILAINEN J, LAGROYE I., MIYAKOSHI J., SAUNDERS R., DE SEZE R., TENFORDE T., VAN RONGEN E., VEYRET B., XU Z., 2010. «In vitro and in vivo genotoxicity of radiofrequency fields». Mut Res, 705(3):252-68.
41. STAM R., 2010. «Electromagnetic fields and the blood-brain barrier». Brain Res Rev 65(1):80-97.
42. VOLKOW N.D., TOMASI D., WANG G.J. , VASKA P., FOWLER J.S., TELANG F., ALEXOFF D., LOGAN J., WONG C., 2011. «Effects of cell phone radiofrequency signal exposure on brain glucose metabolism». JAMA, 305(8):808-13.
43. COLLET C., GUILLOT A., PETIT C., 2010. «Phoning while driving I: a review of epidemiological, psychological, behavioral and physiological studies». Ergonomics, 53(5):589-601.
44. CONSEIL SUPÉRIEUR D’HYGIÈNE, «Recommandation du 12 mars 2004 concernant l’usage du téléphone mobile (GSM) par la population générale» (CSH 6.605/5). [https://portal.health.fgov.be/pls/portal/docs/PAGE/INTERNET\\_PG/HOMEPAGE\\_MENU/ABOUTU\\_S1\\_MENU/INSTITUTIONSAPPARENTEES1\\_MENU/HOGEGEZONDHEIDSRaad1\\_MENU/ADVIEZENENAANBEVELINGEN1\\_MENU/ADVIEZENENAANBEVELINGEN1\\_DOCS/6605-5%20GSM%20ET%20POPUL%20G%C3%89N%C3%89R\\_FR2004.PDF](https://portal.health.fgov.be/pls/portal/docs/PAGE/INTERNET_PG/HOMEPAGE_MENU/ABOUTU_S1_MENU/INSTITUTIONSAPPARENTEES1_MENU/HOGEGEZONDHEIDSRaad1_MENU/ADVIEZENENAANBEVELINGEN1_MENU/ADVIEZENENAANBEVELINGEN1_DOCS/6605-5%20GSM%20ET%20POPUL%20G%C3%89N%C3%89R_FR2004.PDF)

## Andere fiches in verband hiermee

Thematiek “Verbanden tussen Gezondheid en Leefmilieu”

- 34. Leukemie



- 37. Elektrogevoeligheid of intolerantie voor elektromagnetische velden
- Methodologie voor het meten van elektromagnetische velden (publicatie verwacht in juni 2012)
- Wetgeving inzake blootstelling aan elektromagnetische velden (publicatie verwacht in juni 2012)

## **Auteur van de fiche**

VANDERSTRAETEN Jacques

Revisoren

DECLERCK Priscilla (BIM), DE BRAECKELEER Ludwig (BIM), KNECHIAK Cécile (BIM), BOULAND Catherine (ULB)

Productiedatum: april 2011