



ADVIES VAN DE HOGE GEZONDHEIDSRAAD nr. 8927

Mobiele telefonie en gezondheid met speciale aandacht voor 4G

In this scientific advice on public health, the Superior Health Council of Belgium provides a risk assessment of radiofrequency electromagnetic fields for the Belgian population with a special focus on 4g technology innovation

01 oktober 2014

1. INLEIDING EN VRAAGSTELLING

De voorbereidingen van weer een nieuwe fase in de draadloze communicatie is in volle gang, in België en elders. Overheden, telecombedrijven en elektronicafabrikanten zijn druk doende communicatie via mobiele-telefonienetwerken van de vierde generatie (4G) mogelijk te maken. Daardoor worden de mogelijkheden voor internetgebruik via de mobiele telefoon ('smartphone') uitgebreid en kunnen laptops en tablets ook steeds gemakkelijker en locatie-onafhankelijk via het internet communiceren.

Voor de Hoge Gezondheidsraad vormde deze ontwikkeling aanleiding om zich opnieuw te buigen over de mogelijke gezondheidsgevolgen van de blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (RF EMV) van het mobiele netwerk en de mobiele telefoon. De Raad beantwoordt in dit advies eigener beweging de volgende vragen:

- Wat valt te leren uit het onderzoek van de afgelopen jaren naar de invloed van radiofrequente straling op de gezondheid en plaatsen de recente bevindingen de eerdere adviezen van de Raad in een ander daglicht?
- Heeft de 4G-technologie bijzondere kenmerken die van invloed zouden kunnen zijn op de gezondheid van de gebruikers en omwonenden van basisstations?

2. ADVIES

Het eerste advies van de Raad met aanbevelingen voor de beperking van de blootstelling aan RF EMV in het kader van de mobiele telefonie dateert van 2000. Sindsdien zijn duizenden wetenschappelijke publicaties verschenen over een mogelijke invloed van RF EMV op de gezondheid. Ondanks dat kan de vraag 'Is blootstelling aan RF EMV van draadloze-communicatiesystemen schadelijk voor de gezondheid?' niet met een eenduidig 'ja' of 'nee' worden beantwoord. Dat is aan de ene kant geruststellend, daar ook na jaren gebruik geen duidelijke aanwijzingen zijn gevonden voor gezondheidsschade bij het in acht nemen van door nationale en internationale instanties voorgestelde gezondheidkundige advieswaarden. Maar aan de andere kant weten we onvoldoende over de consequenties van de huidige 'levenslange, bevolkingsbrede' blootstelling aan RF EMV van draadloze-communicatiesystemen om een definitieve uitspraak te kunnen doen.

De HGR meent dan ook dat zijn eerdere aanbevelingen, waaronder de aanbevolen gezondheidkundige blootstellingslimieten, nog steeds geldig zijn. Hij ziet de toepassing van het voorzorgsbeginsel daarbij als een middel om onherstelbare schade aan de volksgezondheid te voorkomen. De vraag of 4G-systemen bijzondere kenmerken hebben waarmee in eerdere beschouwingen niet of onvoldoende rekening is gehouden, beantwoordt de Raad negatief. Aanpassing van de eerdere aanbevelingen gegeven de huidige technologische ontwikkeling acht hij daarom niet nodig. Wel constateert de Raad dat het gebruik van draadloze communicatie in termen van de hoeveelheid uitgewisselde informatie sterk groeit—thans is sprake van een verdubbeling binnen elke twee jaar. Die groei, aannemende dat ze doorzet, kan alleen zonder beduidende toename van de niveaus van RF EMV in de leefomgeving worden opgevangen door vervanging van oudere draadloze-communicatietechnologieën door nieuwere, zoals 4G-systemen. Uit het oogpunt van blootstellingsbeperking is het bij blijvende groei dan wel wenselijk oudere technologieën snel uit te faseren.

De conclusie over de geldigheid van de eerdere aanbevelingen slaat ook op praktische maatregelen om uit het oogpunt van voorzorg de blootstelling aan RF EMV van draadloze-communicatiesystemen te beperken. Daarbij verwijst de HGR ook naar aanwijzingen in de brochure 'Elektromagnetische velden en gezondheid' van de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.

Verder plaatst de Raad de relatie tussen draadloze communicatie en volksgezondheid in een breder perspectief. De sterke toename van het gebruik van het internet en onderlinge communicatie 'altijd en overal' leidt tot andere sociale patronen en veranderd gedrag. Die ontwikkeling kan de volksgezondheid zowel positief als negatief beïnvloeden, maar het wetenschappelijk onderzoek daarnaar is nog beperkt. Speciale aandacht verdient de verschuiving van het gebruik naar steeds jongere leeftijden. De HGR beveelt aan dat onderzoek naar deze aspecten van draadloze-communicatietechnologieën wordt gestimuleerd.

Sleutelwoorden

Keywords	Mesh terms *	Sleutelwoorden	Mots clés	Stichworte
GSM	Cellular Phone	GSM	GSM	GSM
Non-Ionizing Radiation	Radiation, Nonionizing	Niet ioniseerdestraling	Radiation non-ionisante	nicht ioniserende Strahlung
Wi-Fi		Wi-Fi	Wi-Fi	Wi-Fi
Specific absorption rate		specifiek absorptietempo	Débit d'absorption spécifique	spezifische Absorptionsrate
electromagnetic field	electromagnetic field	Elektromagnetische velden	Champs électromagnétique	elektromagnetisches Feld
radio frequency	Radio Waves	Radiofrequente	Radio fréquence	Radiofrequenz
extremely low frequency		Extreem lage frequentie	Extrêmement basse fréquence	extrem niedrige Frequenz

* MeSH (Medical Subject Headings) is the NLM controlled vocabulary thesaurus used for indexing articles for PubMed.

3. UITWERKING EN ARGUMENTATIE

AFKORTINGEN EN SYMBOLEN

ANFR	Agence National de Fréquences (Frankrijk)
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Frankrijk)
BIPT	Belgisch Instituut voor Postdiensten en Telecommunicatie
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CMDA	Code Division Multiple Access
CSS	Conseil Supérieur de la Santé
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EEG	Elektro-encefalogram
EHS	Electromagnetic hypersensitivity of Elektrische hypergevoeligheid
ELF EMV	Extreem laagfrequente elektromagnetische velden
EMV	Elektromagnetische velden
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division duplex
G	Generatie in de ontwikkeling van mobiele-technologie (1G, 2G, 3G,4G, 5G)
GPRS	General Packet Radio Services
GSM	Global System for Mobile Communications (2G-technologie)
HGR	Hoge Gezondheidsraad
HPA	Health Protection Agency
HSPA(=)	High-Speed Packet Access (Evolved High-Speed Packet Access)
IARC	International Agency for Research on Cancer (WHO)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IEI-EMF	Idiopathic environmental intolerance with attribution to EMF (idiopathische omgevingsintolerantie toegeschreven aan EMV)
IF EMV	Intermediairfrequente elektromagnetische velden
ISSeP	Institut scientifique de service public (Wallonië)
LTE	Long Term Evolution
NMT	Nordic Mobile Telephone
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
RF EMV	Radiofrequente elektromagnetische velden
RTT	Regie van Telegrafie en Telefonie
SAR	Specific absorption rate (SI-eenheid $W \cdot kg^{-1}$)
SMS	Short Message Service
TDD	Time Division duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
UHF	Ultra high frequency
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WCDMA	Wideband Code Division Multiple
WHO	World Health Organization (Wereldgezondheidsorganisatie)
WiFi	aanduiding voor draadloos ethernet
WiMax	Worldwide Interoperability for Microwave Access

3.1 Methodologie

Na analyse van de vraag hebben het College en de voorzitter van de werkgroep de nodige expertises bepaald. De werkgroepleden vertegenwoordigden de volgende disciplines: toxicologie, stralingshygiëne, elektrotechniek, oncologie en gezondheidsrisico-analyse. De experts van de werkgroep hebben een algemene en een *ad hoc* belangenverklaring ingevuld en de Commissie voor Deontologie heeft het potentieel risico op belangenconflicten beoordeeld.

Het advies berust op een overzicht van de wetenschappelijke literatuur, de grijze literatuur en het oordeel van de experts. De werkgroep heeft zich daarbij vergewist van de kwaliteit van het gepubliceerde onderzoek (aard van het onderzoek, financieringsbron, ...).

Na goedkeuring van het advies door de werkgroep werd het advies gevalideerd door het College.

3.2 Inleiding

3.2.1 Mobiele telefonie

Draadloze communicatie met behulp van radiofrequente straling vervult niet meer weg te denken functies in de huidige samenleving. Naast al lang bekende toepassingen als radio en televisie heeft in de laatste decennia draadloze of mobiele telefonie een grote vlucht genomen. België telde anno 2013 ongeveer 120 mobiele-telefoonabonnements per 100 inwoners (World Bank 2013). Niet alleen is het aantal 'mobieltjes' sterk toegenomen, ook het gebruik ervan is sterk veranderd: ging het oorspronkelijk vooral om spraak, het uitwisselen van gegevens is bij de huidige generatie gebruikers een van de belangrijkste functies.

De sterke vlucht van de mobiele-telefoontechnologie wijst op een brede acceptatie van de technologie onder de bevolking. Maar, mogelijk mede door die sterke vlucht, zijn er bij gebruikers, belangengroepen en overheden vragen gerezen over de gezondheidsrisico's van telefoongebruik. Deze vragen gaan vrijwel uitsluitend over de mogelijke invloed van de blootstelling aan de radiofrequente straling op de gezondheid van de bellers en van de omwonenden van basisstations. De zorgen betreffen vooral het veroorzaken of bevorderen van kanker, invloed op de ontwikkeling van het kind en overgevoeligheid voor radiofrequente straling.

3.2.2 Vraagstelling

De Hoge Gezondheidsraad (HGR) heeft eerder op basis van de gepubliceerde resultaten van wetenschappelijk onderzoek uitspraken gedaan over de mogelijke invloed van radiofrequente straling op de gezondheid (meest recent: (Hoge Gezondheidsraad 2009, 2010, 2011)). Globaal genomen kwam de Raad tot de conclusie dat het onderzoek geen overtuigende aanwijzingen oplevert die vrees voor gezondheidseffecten rechtvaardigen. Maar de Raad heeft ook lacunes in kennis en onzekerheden geïdentificeerd die volgens hem uit het oogpunt van de volksgezondheid dienden te leiden tot voorzichtigheid bij gebruik en ontwikkeling van de mobiele telefonie. In zijn adviezen gaf de Raad zogeheten gezondheidskundige advieswaarden aan die volgens hem behulpzaam konden zijn bij het vaststellen van wettelijke normen¹.

¹ In zijn eerdere adviezen gebruikte de Raad voor zijn aanbevelingen de term 'norm'. Aangezien de Raad zich echter baseert op de gezondheidskundige wetenschappelijke literatuur acht ze de term gezondheidskundige advieswaarde

De ontwikkeling van de mobiele-telefoontechnologie gaat in hoog tempo door. Op dit ogenblik doen zogeheten vierde-generatiesystemen (4G) hun intrede. Die systemen worden gekenmerkt door hogere snelheden voor datatransport, waardoor het gebruik voor gegevensuitwisseling vermoedelijk ook zal toenemen. Deze ontwikkeling en de vragen die ze ongetwijfeld zal oproepen, vormen aanleiding voor de Raad om opnieuw te adviseren over de invloed op de gezondheid van radiofrequente straling, zoals gebruikt bij de mobiele telefonie. Daarbij zal hij de volgende vragen beantwoorden:

- Wat valt te leren uit het onderzoek van de afgelopen jaren naar de invloed van radiofrequente straling op de gezondheid en plaatsen de recente bevindingen de eerdere adviezen van de Raad in een ander daglicht?
- Heeft de 4G-technologie bijzondere kenmerken die van invloed zouden kunnen zijn op de gezondheid van de gebruikers en omwonenden van basisstations?

Bij het beantwoorden van deze vragen beperkt de Raad zich tot het beschrijven van de kennis over de invloed van blootstelling aan radiofrequente straling op de gezondheid en tot de onzekerheden in die kennis. Het advies kan zo bruikbaar zijn bij het beoordelen van vigerende normen.

3.2.3 Opbouw van het advies

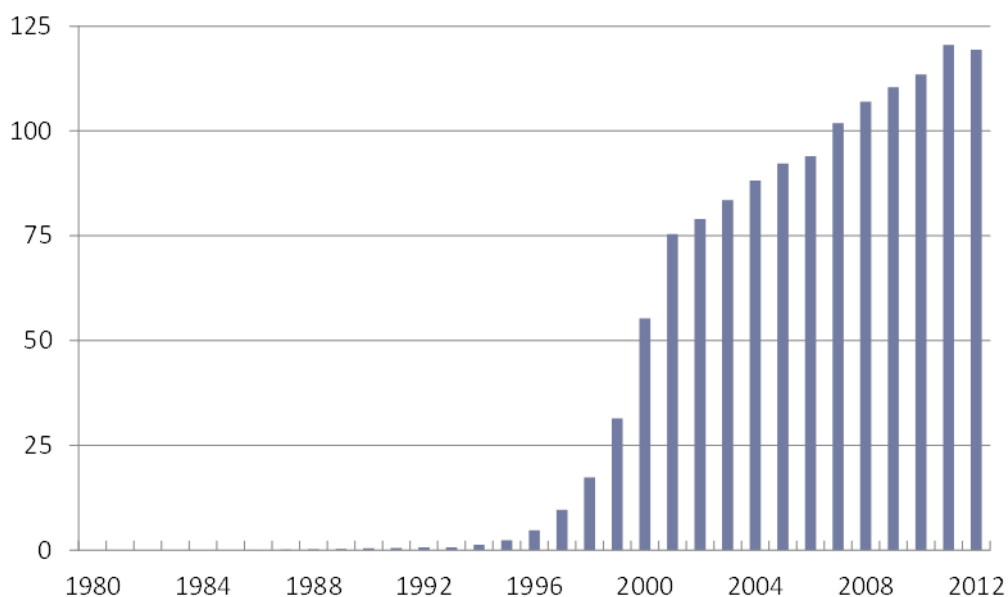
In paragraaf 3.3 besteedt de Raad kort aandacht aan de ontwikkeling van de mobiele telefonie en de kenmerken van, in het bijzonder, 4G-technologieën. Bijlage A bij het advies geeft meer informatie. Vervolgens komt in 3.4 de kennis over de invloed van radiofrequente straling op de gezondheid aan bod, waarbij de aandacht in het bijzonder uitgaat naar gezondheidseffecten die in wetenschappelijke en maatschappelijke discussies veel genoemd worden. In 3.5 worden de vragen beantwoord en wordt kort ingegaan op het meten van stralingsintensiteiten. Na daar verwezen te hebben naar eerdere praktische maatregelen om de blootstelling te beperken, plaatst de Raad in de slotparagraaf (3.6) het gebruik van mobiele telefonie in een breder maatschappelijk kader en bepleit hij de aandacht voor gezondheidsvoordelen en -nadelen niet te beperken tot een mogelijk effect van blootstelling aan radiofrequente straling.

beter, ter onderscheiding van een wettelijke norm waarin ook niet-gezondheidskundige overwegingen kunnen zijn begrepen. In Hoofdstuk 3 wordt dit punt nader toegelicht.

3.3 Ontwikkeling van draadloze-communicatietechnologie

3.3.1 Van mobiele telefonie naar draadloze communicatie

De grote vlucht die draadloze communicatie heeft genomen laat zich goed illustreren door de ontwikkeling van het aantal mobiele-telefonieabbonementen per inwoner (*Figuur 1*). Rond 1980 werd het mogelijk in België mobiel te bellen. Het duurde 15 jaar voordat mobiele telefonie echt in zwang kwam. Daarna ging het razendsnel, zoals blijkt uit de figuur. Rond 2000 was de mobiele telefonie gemeengoed en thans overstijgt het aantal abonnementen het aantal inwoners. Een andere belangrijke vorm van draadloze communicatie zijn de WiFi-netwerken voor communicatie met draagbare computers en zogeheten smartphones.



Figuur 1 Aantal mobiele-telefonieabbonementen per 100 inwoners in België van 1980 tot 2012. Ontleend aan (World Bank 2013).

Met deze stijging ging een technologische ontwikkeling gepaard. Bijlage A geeft daarvan een overzicht vanaf de introductie van de analoge telefoons van de eerste generatie (1G) naar het digitale tijdperk via GSM (2G) en UMTS (3G) tot de voorgenomen uitrol van 4G-systemen. Tevens wordt vermeld welke licenties de Belgische overheid aan welke telecomoperator voor welke frequentieband heeft uitgegeven.

Oorspronkelijk was de mobiele telefoon (1G) net als de 'vaste' telefoon gericht op spraakcommunicatie ('bellen'). Met de komst van de 'GSM' raakte het verzenden van korte boodschappen (SMS-berichten) in zwang. Bij 3G en de komende generaties draadloze-communicatietechnologieën verschuift het accent steeds meer naar gegevensuitwisseling.

Mobiele telefoons worden nog steeds gebruikt voor spraaktelefonie en vermoedelijk in toenemende mate. Maar het uitwisselen en raadplegen van gegevens is, zoals reeds genoemd,

een belangrijke toepassing geworden, in elk geval door de gebruikers van een zogeheten smartphone (Smith 2011, van der Giessen et al 2011, Duggan 2013, van Rooij and Schoenmakers 2013). Sociale netwerken, 'chatten', muziek luisteren via internet, filmpjes uitwisselen en het gebruik van 'apps' bepalen in sterke mate het gebruik van de huidige generaties mobiele telefoons ('smartphone'), in het bijzonder onder jongeren. Volgens onderzoek in opdracht van telecomoperator Mobistar bezat in het najaar van 2012 één op de drie Belgen een smartphone, meestal met een privé-abonnement (Mobistar, 2013).

3.3.2 Blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische straling

Draadloze communicatie (radio, televisie, mobiele telefonie, WiFi) is mogelijk door het transport van informatie via radiofrequente (RF) elektromagnetische velden (EMV), dat wil zeggen EMV in het frequentiegebied van 300 kHz^{1,2} tot 300 GHz³. RF EMV voor mobiele telefonie bevinden zich in het frequentiegebied van 300 MHz⁴ tot 3 GHz, het zogeheten UHF-gebied (UHF staat voor ultra high frequency); zie Bijlage A. RF EMV worden ook wel aangeduid als radiofrequente straling; in het volgende wordt steeds RF EMV gebruikt.

Naast de mobiele telefonie zijn er verscheidene andere toepassingen van RF EMV voor draadloze communicatie. Recent zijn in België, Nederland en Zweden op uiteenlopende locaties de waarden van de stralingsintensiteit gemeten van diverse draadloze-communicatietechnologieën (Joseph et al 2012); zie Tabel 1⁵. De stralingsintensiteit is weergegeven in termen van de elektrische veldsterkte ($V \cdot m^{-1}$). Voor RF EMV, in elk geval voor die van de mobiele telefonie, kan vrijwel altijd de elektrische veldsterkte worden omgerekend in de magnetische veldsterkte en in de vermogensdichtheid ($W \cdot m^{-2}$)⁶. Uit het overzicht blijkt dat, zoals te verwachten was, draadloze telefonie een belangrijke bijdrage levert aan de stralingsniveaus in de leefomgeving. Eind jaren 1980 was die bijdrage nog praktisch nihil. De stijging van de stralingsniveaus wordt dan ook in meetwaarden teruggevonden (Tomitsch and Dechant 2012, Urbinello et al, 2014).

Tabel 1 Elektrische veldsterkte veroorzaakt door draadloze-communicatietechnologieën. Ontleend aan (Joseph et al 2012). E_{min} , E_{max} en E_{avg} zijn respectievelijk de minimale, maximale en gemiddelde elektrische veldsterkte, zoals gemeten op 311 locaties in België, Nederland en

¹ Hz is de afkorting van hertz, de eenheid van frequentie; $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$; kHz is afkorting van kilohertz, $1 \text{ kHz} = 10^3 \text{ Hz}$

² De ondergrens van het bereik van de radiofrequenties is niet eenduidig omschreven. Men treft ook waarden van 3 en 30 kHz; zie bv. <http://en.wikipedia.org>

³ GHz is de afkorting van Gigahertz; $1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$

⁴ MHz is de afkorting van Megahertz; $1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$

⁵ Bij het kiezen van de meetlocaties beoogden de onderzoekers een beeld te krijgen van de blootstelling in diverse soorten omgevingen (bijvoorbeeld woonwijk, platteland, in gebouwen). Het zijn geen locaties gekozen vanwege de nabijheid van een bepaalde bron.

⁶ $1,0 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ komt overeen met $2,7 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ (mW is de afkorting van milliwatt). Deze omrekening geldt in de vrije ruimte op afstanden van enkele golflengten (bv. 33 cm bij 900 MHz) van de antenne.

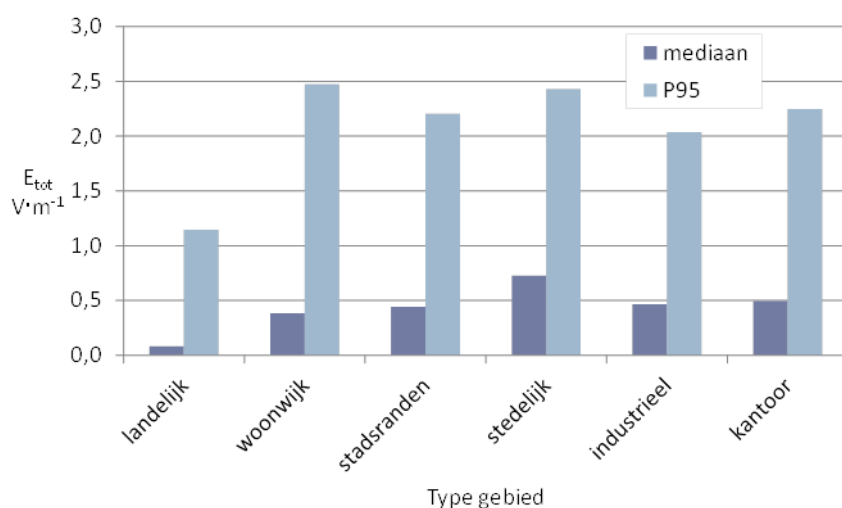
Zweden. Aangezien de frequentie en signaalvorm van de diverse bijdragen verschillen, is het totaal van alle bronnen niet simpelweg de som van de afzonderlijke bijdragen.

Bron RF EMV	Frequentie-band (MHz)	Variatie over 311 meetlocaties		E_{avg} ($V \cdot m^{-1}$)
		E_{min} ($V \cdot m^{-1}$)	E_{max} ($V \cdot m^{-1}$)	
FM	100	0,005	1,44	0,15
T-DAB	220	0,011	0,28	0,04
TETRA	390	0,002	0,45	0,04
PMR	146–174	0,002	0,29	0,03
	406–470			
Analoge TV— DVB-T	174–223	0,003	1,65	0,09
	470–830			
GSM900	900	0,013	3,85	0,49
GSM1800	1800	0,007	2,15	0,24
DECT	1880	0,008	2,67	0,15
UMTS-HSPA	2100	0,011	1,41	0,16
WiFi	2400	0,000	0,54	0,03
LTE	2600	0,024	0,76	0,19
WiMAX	3500	0,014	0,28	0,07
Totaal bronnen	alle —	0,023	3,90	0,71

FM = frequency modulation, T-DAB = Terrestrial—Digital Audio Broadcasting, TETRA = Terrestrial Trunked Radio, PMR = Private Mobile Radio, DVB-T = Digital Video Broadcasting—Terrestrial, GSM = Global System for Mobile Communications, UMTS = Universal Mobile Telecommunications System, DECT = Digital Enhanced Cordless Telecommunications, HSPA = High Speed Packet Access, WiFi = draadloos ethernet (code 802.11), LTE = Long Term Evolution, WiMAX = Worldwide Interoperability for Microwave Access.

Zoals ook uit *Tabel 1* valt af te lezen verschillen de stralingsintensiteiten van plaats tot plaats; daarnaast zullen ze ook in de tijd variëren. De waarden die aan de tabel ten grondslag liggen, zijn

door de onderzoekers ook geordend naar locatietype: landelijke gebied, stedelijk gebied, woonwijk, ... In Figuur 2 is daarvan een overzicht gegeven in termen van de totale elektrische veldsterkte, dat wil zeggen de veldsterkte van alle bronnen tezamen. Voor alle gebiedstypen geldt dat de helft van de meetwaarden (de mediane waarde) van de elektrische veldsterkte kleiner is dan $1 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ en 95% van de meetwaarden kleiner dan $3 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ (voor de onzekerheid in deze waarden zij verwezen naar de originele publicatie). Deze resultaten sporen met de metingen van het ISSeP¹ in het Waalse Gewest (zie Bijlage B).



Figuur 2 Waarden van de totale elektrische veldsterkte op de locaties van Tabel 1 geordend naar het gebiedstype van de meetlocatie. De mediane waarde is de waarde die niet werd overschreden door 50% van de meetwaarden, P95 werd niet overschreden door 95% van de meetwaarden. Ontleend aan (Joseph et al 2012). Voor de onzekerheid in deze gegevens zij verwezen naar het oorspronkelijke artikel.

De mate waarin mensen zijn blootgesteld aan RF EMV zal afhangen van hoe lang zij op welke locatie vertoeven: binnen of buiten, in stedelijke of landelijk gebied, in de auto, de trein, ... (Joseph et al 2010). Niveaus binnenshuis komen in grootteorde overeen met de zojuist vermelde (zie ook Decat, 2008), en zijn veelal lager dan op andere locaties (Joseph et al 2010). Voor de blootstelling aan RF EMV van mobiele telefonie is daarbij ook van belang of men wel of niet 'belt', de duur van de communicatie en ook de wijze waarop gebeld wordt (hoofdtelefoons, Bluetooth oortelefoons, enz.).

De grootheden om de blootstelling te karakteriseren met het oog op gezondheidsbescherming hangen af van het inzicht in de wijze waarop die blootstelling mogelijk de gezondheid schaadt. Dat inzicht is er alleen voor zover het opwarming van delen van het lichaam betreft (zie hierna). De relevante grootheid is dan de op een bepaalde locatie in het lichaam geabsorbeerde energie, uitgedrukt als de specifieke absorptiesnelheid of SAR² met de eenheid $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ (WHO 1993). Al

¹ ISSeP: Institut scientifique de service public

² SAR – specific absorption rate

vele jaren geleden zijn verbanden gepubliceerd tussen de blootstelling aan RF EMV en de SAR in het lichaam (WHO 1993). Voor de waarden van de elektrische veldsterkte die zijn vermeld in *Tabel 1*, is de gemiddelde SAR in het lichaam beduidend kleiner dan $1 \text{ mW}\cdot\text{kg}^{-1}$. Bij het gebruik van een mobiele telefoon 'aan het oor' kunnen lokale SAR-waarden anders zijn. Uit modelstudies blijkt dat SAR-waarden bij het hoofd ten hoogste enkele tienden $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ (gemiddeld over volumes van 1 cm^3) zijn, waarbij de hoogste waarden aan de buitenzijde van het hoofd worden gevonden (van Leeuwen *et al* 1999a, van Leeuwen *et al* 1999b, Cardis *et al* 2011).

De aandacht in de adviezen van de Raad en in de wetenschappelijke literatuur over draadloze communicatie en gezondheid ging en gaat vooral uit naar blootstelling aan *radiofrequente* EMV. Voor blootstelling in het leefmilieu, zoals veroorzaakt door zendmasten voor mobiele telefonie, is dat ook verantwoord. Bij bellen met de telefoon aan het oor is er ook sprake van blootstelling aan EMV in het gebied van 10 Hz tot 300 kHz, het bereik van de extreem laagfrequente (ELF) en intermediairfrequente (IF) EMV; de Raad wees daar al eerder op (Hoge Gezondheidsraad 2008, Gosselin *et al* 2013). Blootstelling aan deze EMV blijkt echter bij een gezondheidskundige evaluatie niet limiterend te zijn (Jokela *et al* 2004, Ilvonen and Sarvas 2007) en blijft daarom hier verder buiten beschouwing. Een andere mogelijke bron van blootstelling aan ELF EMV bij draadloze-communicatiesystemen, te weten demodulatie van radiofrequente communicatiesignalen, besprak de HGR in 2008 (Hoge Gezondheidsraad 2008). Gezien de toen geconstateerde geringe waarschijnlijkheid van gezondheidskundig belangwekkende blootstelling van dit fenomeen (Sheppard *et al* 2008), blijft het hier eveneens buiten beschouwing.

Ten behoeve van de bescherming van de gezondheid zijn door internationale (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 1998, Raad van de Europese Gemeenschappen 1999) en nationale instanties, waaronder de HGR (Hoge Gezondheidsraad 2009), grenswaarden voorgesteld voor de veldsterkte van RF EMV. Volgens deze instanties zou het niet overschrijden van deze waarden nadelige effecten op de gezondheid van blootstelling aan EMV voorkómen. Door verschillen in beoordeling van de wetenschappelijke kennis over de relatie tussen RF EMV en gezondheid en de onzekerheden in die kennis zijn niet alle waarden gelijklopend. Verderop (3.4.1) staat daar meer over. Alle in het leefmilieu gemeten waarden zijn veel lager dan de waarden voorgesteld door de *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 1998). Aan de ICNIRP-aanbevelingen wordt ook in de Europese regelgeving gerefereerd (Richtlijn 2013/35/EU).

3.4 Elektromagnetische velden en gezondheid

3.4.1 Normen en gezondheidskundige advieswaarden

De HGR maakt in dit advies een onderscheid tussen het begrip 'gezondheidskundige advieswaarde' en het begrip 'norm'. Een gezondheidskundige advieswaarde wordt afgeleid uit de

wetenschappelijke gegevens over de gevolgen van blootstelling aan een bepaald agens. Bij een blootstelling gelijk aan of kleiner dan de gezondheidkundige advieswaarde is de kans op optreden van een voor de gezondheid schadelijk effect naar redelijke verwachting nihil (Gezondheidsraad: Commissie Afleiding gezondheidkundige advieswaarden 1996). Het afleiden van gezondheidkundige advieswaarden is een taak voor wetenschappelijke panels, zoals de HGR. Die panels moeten ook oordelen over het verwerken van onzekerheden en lacunes in de wetenschappelijke kennis. Dat verklaart waarom verschillende panels soms tot verschillende advieswaarden komen (Schütz and Wiedemann 2005, Wiedemann *et al* 2005).

Gezondheidskundige advieswaarden zijn in het algemeen aanbevelingen aan de overheid en kunnen worden gebruikt als grondslag voor wettelijke grenswaarden of normen. Die laatste worden vastgesteld door deze overheden of andere instanties met een regelgevende rol, veelal na consultatie van maatschappelijke partijen. Naast gezondheidkundige overwegingen kunnen ook andere overwegingen, zoals economische, daarbij aan de orde zijn. Een wettelijke grenswaarde of norm kan dus overeenkomen met de gezondheidkundige advieswaarde maar ook daarvan naar boven of naar beneden afwijken.

De HGR bespreekt in dit advies de wetenschappelijke basis van gezondheidkundige advieswaarden voor blootstelling aan RF EMV verbonden met draadloze communicatie.

3.4.2 Eerdere adviezen van de Hoge Gezondheidsraad

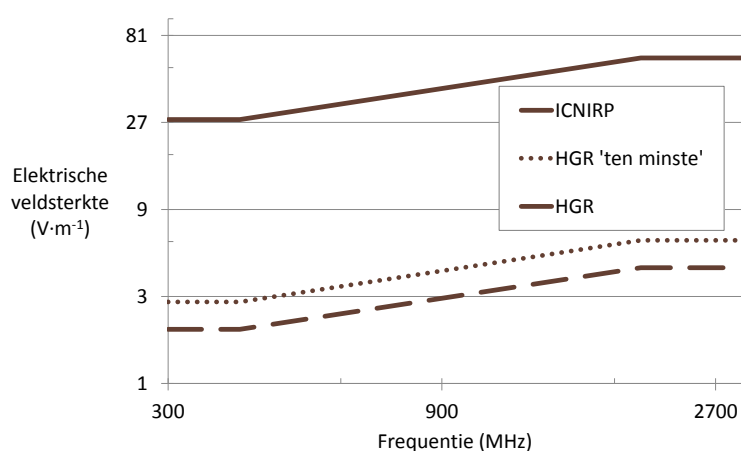
De HGR boog zich al eerder over de invloed van RF EMV op de gezondheid in relatie tot mobiele telefonie (Hoge Gezondheidsraad 2000, 2001, 2002, 2004, 2005). In 2009 beantwoordde de Raad commentaar vanuit de telecomsector op zijn eerdere adviezen (Hoge Gezondheidsraad 2009). Ook besprak de Raad de betekenis van de IARC-classificatie van RF EMV als 'mogelijk kankerverwekkend voor de mens' (Hoge Gezondheidsraad 2011b). Verder vatte de HGR in een brief aan de federale minister van volksgezondheid de onderbouwing van de eerder voorgestelde advieswaarden samen (Hoge Gezondheidsraad 2010).

In zijn adviezen ging de HGR uit van de gebruikelijke tweedeling van mogelijke effecten van de interactie tussen RF EMV en biologische weefsels en organismen, te weten effecten ten gevolge van opwarming—thermische effecten—en effecten door andere mechanismen—meestal aangeduid als niet-thermische of athermische effecten. De thermische effecten zijn goed gekend en bieden een basis voor het afleiden van gezondheidkundige advieswaarden ter voorkoming ervan. Bij de mogelijke niet-thermische effecten bij blootstellingsniveaus lager dan waar opwarming een rol speelt, ontbreekt voldoende kennis om met vertrouwen advieswaarden af te leiden. Hier is onzekerheid troef, reden waarom de HGR een beroep heeft gedaan op het voorzorgbeginsel¹ om tot advieswaarden te kunnen komen (Hoge Gezondheidsraad 2010).

In zijn advies van 2000 en in de vervolgadvisen van 2001 en 2005 heeft de Raad zich aangesloten bij de samenvatting van de stand der wetenschap als verwoord door de ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 1998), maar wel voorgesteld grotere veiligheidsfactoren in acht te nemen. De HGR beval aan in termen van de vermogensdichtheid een extra factor 200 in acht te nemen, maar 'ten minste' factor 100 (Hoge Gezondheidsraad 2000). Op die manier wenste hij niet zozeer met een grotere mate van

¹ Voor toepassing van het voorzorgbeginsel zie Gezondheidsraad (2008) en van Dijk *et al* (2011)

zekerheid bescherming te bieden tegen de thermische effecten van blootstelling aan RF EMV, maar ook een marge in te bouwen in verband met mogelijke langetermijnschade. De Raad erkende dat die schade niet was aangetoond, maar dat kon gezien de beperkte periode van grootschalige toepassing van draadloze-communicatietechnologieën ook niet worden verwacht (Hoge Gezondheidsraad 2010). Voor blootstelling aan RF EMV in de veel gebruikte frequentieband van 900 MHz kwam de HGR tot een advieswaarde van $3 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ voor blootstelling in het algemene leefmilieu. Voor het voor mobiele telefonie van belang zijnde frequentiegebied zijn de advieswaarden voor de elektrische veldsterkte weergegeven in *Figuur 3*. Hierbij zij aangetekend dat de advieswaarden van de ICNIRP uitsluitend zijn gebaseerd op de thermische effecten van de blootstelling. Mogelijke niet-thermische effecten zijn niet goed te kwantificeren, wat, zoals hierboven vermeld, een reden was voor de HGR het voorzorgsbeginsel aan te roepen bij het voorstellen van een additionele veiligheidsfactor.



Figuur 3 Gezondheidskundige advieswaarden voor de elektrische veldsterkte van radiofrequente elektromagnetische velden voorgesteld door de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection 1998) en door de Hoge Gezondheidsraad (HGR) (Hoge Gezondheidsraad 2000). Voor de betekenis van “HGR ‘ten minste’” zie de tekst.

3.4.3 Overwegingen

In 3,4,4 vat de HGR de kennis over de invloed van blootstelling aan RF EMV op de gezondheid samen. Hier geeft hij eerst enkele overwegingen die van belang zijn voor de interpretatie van de onderzoeksgegevens.

Allereerst is zowel de bepaling van de blootstelling aan RF EMV, als de wisselwerking van RF EMV met biologische systemen, als het mogelijk ontstaan van ziekten en aandoeningen ingewikkeld en per definitie een multidisciplinaire materie. Voor de beoordeling van de resultaten van wetenschappelijk onderzoek hiernaar zijn uiteenlopende specialismen vereist. Alleen het samenbrengen van de kennis uit verschillende domeinen kan leiden tot verantwoorde conclusies.

Voldoend hoge blootstelling aan RF EMV kan leiden tot opwarming. De processen die hiertoe leiden en de mate van opwarming bepalen, zijn goed gekend. Veel van de in de

wetenschappelijke literatuur gerapporteerde gezondheidseffecten laten zich door dit opwarmingsmechanisme verklaren, waaronder effecten op het nageslacht en ook kanker. Bij normaal gebruik van de huidige systemen voor draadloze communicatie zijn thermische effecten echter niet te verwachten. Zo blijft tijdens het bellen met de telefoon aan het oor de temperatuurstijging beperkt tot minder dan enkele tienden graad celsius, met een hoogste waarde ter plaatse van de huid (van Leeuwen *et al* 1999).

Laboratoriumonderzoek met cellen en proefdieren naar de mogelijke effecten van blootstelling aan RF EMV is lastig uit te voeren, vooral op het punt van het beheersen van de blootstelling. In veel ouder onderzoek bleken als niet-thermisch aangemerkte effecten bij nader inzien aan opwarming te moeten worden toegeschreven (voor voorbeelden zie (Verschaeve and Maes 1998)).

Bij maatschappelijke discussies over de mogelijke invloed van RF EMV op de gezondheid worden vaak ten onrechte resultaten van onderzoek aan andere vormen van (niet-ioniserende) elektromagnetische velden betrokken. In het bijzonder de bevindingen over de mogelijke invloed van de velden verbonden met de elektriciteitsvoorziening, zogeheten ELF (extreem laagfrequente) EMV, kunnen namelijk niet worden geëxtrapoleerd naar blootstelling aan RF EMV. De eigenschappen en mogelijke biologische effecten van de velden in de verschillende frequentiedomeinen kunnen zeer verschillend zijn.

De resultaten van een enkel onderzoeksproject kunnen nooit leiden tot een definitieve uitspraak over de schadelijkheid (of onschadelijkheid) van blootstelling aan RF EMV. Onderzoeken op verschillende niveaus moeten worden herhaald en daarnaast kritisch, in onderlinge samenhang, worden beoordeeld. De verschillende niveaus van onderzoek zijn laboratoriumonderzoek met cellen en weefsels (*in vitro*-onderzoek), laboratoriumonderzoek met proefdieren (*in vivo*-onderzoek), onderzoek met vrijwilligers en epidemiologisch onderzoek naar een verband tussen blootstelling aan RF EMV en bepaalde ziekten. Zo kan *in vitro*-onderzoek helpen om een werkingsmechanisme te ontrafelen, om eerder waargenomen effecten te bevestigen of de resultaten van eerder onderzoek te ondersteunen, maar kan het nooit op zich een bewijs van een gezondheidseffect van blootstelling aan RF EMV (of het ontbreken ervan) geven. Hetzelfde geldt voor de andere niveaus van onderzoek.

De bedoelde kritische evaluatie van de onderzoeksresultaten moet onder meer aandacht hebben voor de methodologie, de correctheid van metingen, de steekproefgrootte en de relevantie van de gevonden effecten. Dat betekent dat het eindoordeel nooit een rekenkundig gemiddelde kan zijn van het aantal 'positieve' en 'negatieve' bevindingen (meer negatieve bevindingen dan positieve betekent niet zonder meer dan de eindconclusie 'negatief' moet zijn en omgekeerd). In het bijzonder resultaten die niet aan de verwachting voldoen of afwijken van de uitkomsten van gelijkaardig ander onderzoek vereisen extra aandacht.

Rekening houden met deze overwegingen kan volgens de HGR bijdragen aan het verkleinen van misverstanden in maatschappelijke en beleidsmatige discussies over de mogelijke invloed van RF EMV op de gezondheid.

3.4.4 Overzicht van wetenschappelijke kennis over de mogelijke effecten van RF EMV van draadloze-communicatiesystemen op de gezondheid

Nationale en internationale expertgroepen hebben de zojuist besproken kritische beoordeling van de resultaten van wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd. In de periode 2009-2011 werden ruim 30 evaluatierapporten gepubliceerd (cf. (Verschaeve and Brits 2011, Verschaeve 2012)). Vrijwel elk rapport komt tot de slotsom dat er wetenschappelijk gezien geen doorslaggevende argumenten zijn voor een schadelijke invloed van RF EMV van draadloze-communicatiesystemen op de gezondheid. Voor mobiele telefonie geldt dat zowel voor blootstelling tijdens het telefoongebruik als voor blootstelling aan de RF EMV van antennes. Wel wijst elke expertgroep op onzekerheden die de interpretatie van de uitkomsten van onderzoek bemoeilijken, in het bijzonder voor de mogelijke invloed op de lange termijn. Dat leidt tot aandachtspunten voor het beleid en voor verder onderzoek. Dat laatste telt te meer omdat hier sprake is van een technologie waarmee vrijwel iedereen in aanraking komt en die in een hoog tempo evolueert. Dat verklaart ook dat ondanks het vele onderzoek dat in de afgelopen tien jaar is uitgevoerd, de gevolgtrekkingen op grond van de beschikbare kennis niet wezenlijk verschillen.

Zowel in de genoemde rapporten als in het maatschappelijk debat wordt veel aandacht besteed aan de mogelijke effecten van RF EMV op het genetisch materiaal (DNA), op de bloed-hersenbarrière, op zenuwstelsel en hersenfuncties (neurologische aandoeningen) en op het bloedvormende en immuunsysteem. Ook de mogelijke invloed op kinderen en overgevoeligheid voor EMV van sommige mensen komen herhaaldelijk aan de orde. Bij de genetische effecten is het mogelijk optreden van kanker een belangrijk aandachtspunt. Er is ook onderzoek naar andersoortige effecten verricht. De Raad laat dat echter hier buiten beschouwing, mede omdat uit dat onderzoek niet direct belangwekkende argumenten kunnen worden aangereikt voor een invloed van RF EMV op de volksgezondheid. Hieronder volgt een bondige beschrijving van de bevindingen over de genoemde onderwerpen.

3.4.4.1 Genetische effecten

Genetische effecten zijn veranderingen in het erfelijk materiaal van onze cellen, het DNA. Ze kunnen verantwoordelijk zijn voor overerfbare aandoeningen, maar ook voor het initiëren van kanker en het verloop van het carcinogenese-proces. Vrijwel alle expertgroepen kwamen tot de conclusie dat RF EMV, althans onder niet-thermische blootstellingcondities, het erfelijk materiaal niet aantast en ook effecten veroorzaakt door andere genotoxische agentia vermoedelijk niet versterkt (Vijayalaxmi and Prihoda 2008, Verschaeve *et al* 2010, Vijayalaxmi and Prihoda 2012). De resultaten van sommige onderzoeken waarin genetische schade in bloed of wangslimcellen van aan RF EMV blootgestelde personen is bepaald, leken reden tot zorg te geven. Een kritische beoordeling leerde echter dat deze onderzoeken ernstige tekortkomingen vertonen waardoor aan de uitkomsten geen conclusie kan worden verbonden (Verschaeve 2009). Een recent overzichtsartikel vat naar de mening van de HGR de huidige stand van kennis goed samen (Miyakoshi 2013):

1. De energie van RF EMV is onvoldoende om breuken in intracellulair DNA te veroorzaken. 2. Het merendeel van de resultaten van genotoxiciteitsonderzoek is negatief, met uitzondering van blootstelling aan sterke RF EMV resulterend in thermische effecten. 3. Veranderingen in genexpressie door blootstelling aan RF EMV in relatie tot de productie van 'heat shock'-eiwitten

zijn een opmerkelijk fenomeen. De uitkomsten van onderzoek naar dit effect zijn echter tegenstrijdig, vermoedelijk door verschillen in de bestudeerde cellijnen en de RF EMV-blootstellingscondities. Herhaling van de experimenten in verschillende laboratoria is van belang. 4. Geavanceerde onderzoekstechnieken ('microarray-analyse') hebben geen sluitende aanwijzingen geleverd voor een invloed van RF EMV op celfuncties, waaronder celdood, immuunfuncties en de productie van zuurstofradicalen.¹

3.4.4.2 Effecten op de bloed-hersenbarrière

De zogeheten bloed-hersenbarrière zorgt ervoor dat grote moleculen zoals eiwitten niet vanuit het bloed in het hersenweefsel terecht kunnen komen. Was dit wel het geval, dan zou dat van invloed kunnen zijn op het functioneren van de hersenen en op de gezondheid. Onderzoek naar invloed van blootstelling aan RF EMV op het functioneren van de bloed-hersenbarrière is daarom van belang. Een Zweedse onderzoeksgroep rapporteerde dat RF EMV bij gebruikelijke mobiele-telefoniefrequenties de bloed-hersenbarrière verstoort (Salford *et al* 1994, Salford *et al* 2003, Nittby *et al* 2009). De resultaten van deze onderzoeken zijn tezamen met een 90-tal andere onderwerp van uitgebreide wetenschappelijke discussie geweest (Forschungsgemeinschaft Funk, 2005). Daarbij zijn ook tekortkomingen in de onderzoeksopzet, in het bijzonder de wijze van blootstelling van de proefdieren, onder loep genomen. Vaststaat dat RF EMV de bloed-hersenbarrière kan verstoren, maar dan via het opwarmingsmechanisme, dat wil zeggen bij blootstellingen die in de leefomgeving in het algemeen niet voorkomen (Elder 2010, Perrin *et al* 2010, Stam 2010).

De HGR deelt de conclusie dat blootstelling aan RF EMV bij niet-thermische niveaus geen vrees voor verstoring van de bloed-hersenbarrière rechtvaardigt.

3.4.4.3 Neurologische aandoeningen

RF EMV met GSM-frequenties kan EEG²-patronen en de hersenactiviteit beïnvloeden. De resultaten van de diverse onderzoeken zijn echter niet gelijklopend en hebben vermoedelijk geen functionele betekenis (van Rongen *et al* 2009). Dit geldt zowel voor kinderen als voor volwassenen. Onderzoek naar mogelijke cognitieve effecten leverde geen overtuigende aanwijzingen voor een schadelijk effect van blootstelling van RF EMV met mobiele-telefoniefrequenties (Juutilainen *et al* 2009, van Rongen *et al* 2009). Hetzelfde geldt voor een enkel onderzoek naar de ziekte van Alzheimer (Arendash *et al* 2010, Arendash *et al* 2012).

De HGR meent dat de resultaten niet wijzen op een gezondheidsschadelijke invloed van de blootstelling aan RF EMV op het optreden van neurologische aandoeningen.

3.4.4.4 Effecten op het bloedvormende en immuunsysteem

In 1993 concludeerde een expertgroep van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) dat een te sterke stijging van de lichaamstemperatuur door blootstelling aan RF EMV tot gezondheidsschade via aantasting van het bloedvormende en immuunsysteem zou kunnen

¹ Vertaald uit het Engels door de HGR.

² EEG – elektro-encefalogram

leiden (thermische effecten) (WHO 1993). Bevindingen van onderzoek met cellen blootgesteld aan ELF EMV leidden tot een discussie over de mogelijkheid dat celfuncties ook bij niet-thermische niveaus van RF EMV zouden kunnen worden beïnvloed. Sommige auteurs interpreteerden die veranderingen als een schadelijk effect. Anderen meenden dat zo'n prikkeling mogelijk een weerstand verhogende werking kan hebben. Door het geringe aantal gegevens is het lastig definitieve uitspraken te doen. Onderzoek met tomatenplanten toonde een verhoogde stressrespons aan die leidde tot bepaalde immunologische effecten zoals de aanmaak van 'heat shock'-eiwitten (Vian *et al* 2007, Roux *et al* 2008a, Roux *et al* 2008b). Overigens zijn soortgelijke effecten gemeld bij blootstelling aan andere stressoren, zoals verlaging en verhoging van de temperatuur, zwakke mechanische stress of een veranderd zoutgehalte (Engelsma *et al* 2003, Huising *et al* 2003).

De HGR onderschrijft de conclusie dat een gezondheidsschadelijke invloed van blootstelling aan RF EMV via aantasting van het bloedvormde en immuunsysteem alleen is aangetoond bij thermische blootstellingsniveaus (Juutilainen *et al* 2009, Szmigielski 2013).

3.4.4.5 Kanker

In 2011-2013 heeft de *International Agency for Research on Cancer* (IARC) van de Wereldgezondheidsorganisatie de mogelijkheid van een kankerverwekkende invloed van blootstelling aan RF EMV aan een uitgebreide evaluatie onderworpen (Baan *et al* 2011, IARC 2013). De conclusie van de meerderheid van de IARC-expertgroep was dat RF EMV moest worden ingedeeld in klasse 2B – 'mogelijk kankerverwekkend voor de mens'. Een minderheid achtte indeling in klasse 3 – 'niet te classificeren met betrekking tot kankerverwekkendheid voor de mens' – meer aangewezen (International Agency for Research on Cancer 2013).

Op de betekenis van deze bevindingen is de HGR eerder ingegaan (Hoge Gezondheidsraad 2011b). In paragraaf 3.1 van dat advies gaf de Raad aan dat de conclusie vooral gebaseerd is op bevindingen uit epidemiologisch onderzoek onder telefoongebruikers. In het uitgebreide *Interphone*-onderzoek (The Interphone Study Group 2010, Cardis and Sadetzki 2011) is bij zeer frequente bellers een verhoging van het optreden van een bepaalde vorm van hersentumoren, zogeheten gliomen, gevonden (Ilvonen and Sarvas, 2007; Independent Expert Group on Mobile Phones, 2000)¹. Daarnaast meldt de Zweedse onderzoeksgroep van Hardell in een reeks van publicaties sinds de jaren 1980 een verhoogd optreden van vormen van hersentumoren in relatie tot mobiele-telefoongebruik (Hardell *et al* 2011). Hoewel de resultaten geen consistent beeld laten zien, meende de IARC-expertgroep dat deze resultaten niet vanwege onvolkomenheden in onderzoeksmethoden en gebrek aan consistentie ter zijde konden worden geschoven. Voor verdere details verwijst de Raad naar zijn eerdere advies (Hoge Gezondheidsraad 2011b) en de IARC-publicatie (International Agency for Research on Cancer 2013).

In het zojuist genoemde advies is de HGR ook ingegaan op de betekenis van de classificatie 2B. In de eerste plaats betekent de aanduiding 2B dat een invloed op ontstaan of ontwikkeling van kanker niet kan worden uitgesloten, maar dat aan de andere kant zekerheid daarover ontbreekt. Dat geldt in dit geval in het bijzonder vanwege het feit dat laboratoriumonderzoek geen duidelijkheid heeft geschapen over de wijze waarop die invloed dan zou plaatsvinden. Daarnaast

¹ Het zogeheten relatieve risico bedroeg 1,4 met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 1,0-1,9.

geeft de classificatie geen uitsluitsel over de blootstellingsniveaus die mogelijk tot kanker zouden leiden. Ook het gepubliceerde onderzoek biedt daarvoor geen houvast.

3.4.4.6 Intolerantie toegeschreven aan elektromagnetische velden

Sommige mensen vertonen gezondheidsklachten die zij toeschrijven aan de blootstelling aan EMV bij niveaus die lager tot veel lager zijn dan aanbevolen gezondheidskundige blootstellingsgrenzen. Het gaat niet alleen om een verband met blootstelling aan RF EMV van mobiele telefonie of andere draadloze-communicatietoepassingen, maar ook om EMV van bijvoorbeeld elektrische apparatuur en van beeldschermen. In de literatuur gebruikt men voor dit klachtenpatroon termen als ‘elektromagnetische hypergevoeligheid’ (*electromagnetic hypersensitivity*, EHS) en ‘elektrische hypergevoeligheid’ (*electrical hypersensitivity*, EHS). In 2010 heeft de HGR een advies over dit klachtenpatroon uitgebracht (Hoge Gezondheidsraad 2010). De Raad volgde toen de aanbeveling van een werkconferentie van de Wereldgezondheidsorganisatie (World Health Organization 2004, 2006) om te spreken van ‘idiopathische omgevingsintolerantie toegeschreven aan EMV’¹ (*idiopathic environmental intolerance with attribution to EMF*, IEI-EMF). Dit vanwege de afwezigheid van een aangetoond oorzakelijk verband tussen het klachtenpatroon en de blootstelling aan EMV en de afwezigheid van een biomedische verklaring voor deze ‘hypergevoeligheid’. Deze terminologie gebruikt de Raad om dezelfde reden in dit advies.

IEI-EMF werd een tiental jaren geleden in een Zwitsers onderzoek in afnemende volgorde toegeschreven aan blootstelling aan EMV van basisstations voor mobiele telefonie, de mobiele telefoon zelf (GSM), DECT-telefoons, hoogspanningslijnen, radiotransmitters, computerschermen, tram- en treinlijnen, transformatoren, TV-schermen en elektrische toestellen en verlichting (Rösli *et al* 2004). Ook nu worden IEI-klachtenpatronen vaak aan EMV van draadloze-communicatiesystemen toegeschreven (Genuis and Lipp 2012). De klachten omvatten veel voorkomende, aspecifieke symptomen, zoals hoofdpijn, irritatie, concentratie- en slaapstoornissen, vermoeidheid, spierpijn en misselijkheid. Uit diverse onderzoeken (bijvoorbeeld (Rösli *et al* 2004, Siegrist *et al* 2005, Schreier *et al* 2006)) valt niet af te leiden dat de blootstelling aan EMV de oorzaak van deze klachten is, een conclusie die werd onderschreven door de hierboven genoemde werkconferentie van de Wereldgezondheidsorganisatie (World Health Organization 2004, 2006) en eerder door de Raad (Hoge Gezondheidsraad 2010b). Onderzoek waarbij personen met IEI-EMF bewust aan EMV (of juist niet) worden blootgesteld, zogeheten provocatieonderzoek, zou uitsluitsel moeten geven, maar dat bleek niet het geval (zie bijvoorbeeld (Rubin *et al* 2005)). Vrijwel steeds vertoonden de proefpersonen de gevoeligheidssymptomen als zij meenden aan EMV te zijn blootgesteld, ongeacht of dat daadwerkelijk het geval was (Rubin *et al* 2006, Wilén *et al* 2006). Overigens worden de opzet en uitkomsten van provocatie-onderzoek om uiteenlopende redenen bekritiseerd in het bijzonder door personen met de klachtenpatronen en hun vertegenwoordigers (Granlund-Lind and Lind 2004).

Zoals de Raad in zijn eerdere advies aangaf, is er een verscheidenheid aan omgevingsfactoren die verbonden zijn met soortgelijke klachtenpatronen als in het geval IEI-EMF (Hoge Gezondheidsraad 2010). Te denken valt aan chemische stoffen—de fenomenen van *Multiple chemical Sensitivity* en *Sick Building Syndrome*—, geur (Herr *et al* 2009) en geluid (Heinonen-

¹ In het advies kortweg aangeduid als ‘intolerantie voor EMV’.

Guzejev 2009). Recent werd in een Zweeds onderzoek aangetoond dat de klachtenpatronen voor de uiteenlopende milieufactoren sterk overeenkomen, wat zou kunnen wijzen op een gemeenschappelijke onderliggende conditie (Palmquist *et al* 2014), iets waarop de HGR al eerder wees. Ook recent Nederlands onderzoek (veldwerk uitgevoerd in 2011) kwam tot die conclusie (Baliatsas *et al* 2014). Meer kennis daarover zou een betere behandeling mogelijk maken van de vaak zeer ernstige klachten, die voor de betrokkenen tot aanzienlijke beperkingen kunnen leiden. Het aantal mensen met IEI-EMF is de laatste jaren eerder toe- dan afgenomen, ook in België. De personen met de klachten zijn dan ook onderwerp van maatschappelijke onrust, zoals recent weer bleek uit een vraag in het federale parlement.¹

Het advies van de HGR uit 2010 over intolerantie toegeschreven aan milieufactoren heeft geenszins aan betekenis verloren. Samengevat: Over de oorzaak van de klachten verbonden met IEI-EMF tast men in het duister (Genuis and Lipp 2012). Maar de klachten kunnen ernstig tot zeer ernstig zijn en de personen met de klachten verdienen aandacht en zorg, ook al zijn er over de doeltreffendheid van behandelingsmogelijkheden nog veel vragen. Een verdere verlaging van de gezondheidskundige advieswaarden en daarop gebaseerde blootstellingsgrenzen biedt voor de personen met IEI-EMF echter geen soelaas.

3.4.4.7 RF EMV en kinderen

Is de blootstelling van kinderen aan RF EMV anders dan bij volwassenen en zouden kinderen daarom gevoeliger kunnen zijn voor de mogelijke gezondheidseffecten van die blootstelling, bijvoorbeeld bij gebruik van mobiele telefoons? Vorm en dikte van de schedel veranderen duidelijk als functie van de leeftijd en dat geldt ook voor de diëlektrische eigenschappen van hersenweefsel. Dat verklaart waarom uit modelonderzoek volgt dat de lokaal geabsorbeerde energie bij kinderen hoger kan zijn dan bij volwassenen (Bakker *et al* 2010, Christ *et al* 2010, Gezondheidsraad 2011). Voor de zogeheten Stewart-commissie² was dit reden om het gebruik van mobiele telefoons door kinderen af te raden en in elk geval zoveel mogelijk te beperken, mede rekening houdend met de nog doorgaande ontwikkeling van het hersenweefsel op kinderleeftijd (Independent Expert Group on Mobile Phones 2000)³.

Overigens waren er rond 2000 geen aanwijzingen voor een extra gevoeligheid van kinderen voor RF EMV, zij het dat de onderzoeksgegevens schaars waren (Independent Expert Group on Mobile Phones 2000). Nu, ruim tien jaar later, is er veel meer onderzoek gedaan, maar geldt nog steeds dat er geen aanwijzingen zijn voor schade aan de gezondheid (Gezondheidsraad 2011, Advisory Group on Non-Ionising Radiation 2012, Anses 2013). Maar hierbij wordt in de zojuist aangehaalde rapportages van expertgroepen de kanttekening gemaakt, dat er wel aanwijzingen zijn voor een invloed van RF EMV op het functioneren van het zenuwstelsel. Bovendien zullen de huidige generaties te maken krijgen met jarenlange (langer dan 15 jaar) blootstelling aan RF

¹ Vraag van mevrouw Thérèse Snoy et d'Oppuers aan de vice-eersteminister en minister van Sociale Zaken en Volksgezondheid, belast met Beliris en de Federale Culturele Instellingen, over 'een gezondheidsmonitoring met betrekking tot elektromagnetische straling' (nr. 19107, 09-10-2013)

² Officiële naam: *Independent Expert Group on Mobile Phones*.

³ Vanwege de lacunes in kennis over de gevolgen van blootstelling aan RF EMV beval de commissie een voorzorgbenadering aan.

EMV van draadloze-communicatiesystemen; over de mogelijk gevolgen daarvan voor de gezondheid zijn geen gegevens voorhanden.

Hieronder vat de Raad enkele gegevens samen die uit onderzoek de afgelopen tien jaar naar voren kwamen.

Ratten en muizen die in het laboratorium voor of kort na de geboorte aan WiFi-signalen waren blootgesteld, vertoonden geen extra geboorteafwijkingen. Ook waren er geen aanwijzingen voor genotoxische effecten of een invloed op stresshormonen (Marino *et al* 2011, Poullietier de Gannes *et al* 2012).

Blootstelling van zwangere muizen aan RF EMV van 900 MHz leidde niet tot effecten op de bloed-hersenbarrière of een veranderde genexpressie bij de jongen (Finnie *et al* 2006a, Finnie *et al* 2006b). Er werden ook geen effecten op de bloed-hersenbarrière gevonden na blootstelling van de kop van 4 en 10 weken oude ratten aan RF EMV van 1439 MHz met SAR-waarden van 0,2 en 6 W·kg⁻¹ (Kuribayashi *et al* 2005). Hetzelfde gold na blootstelling van 3-8 weken oude ratten aan RF EMV van 900 MHz met SAR-waarden van 0,3 en 3 W·kg⁻¹ (Kumlin *et al* 2007).

Tijdens een congres in Bordeaux in 2010¹ werden enkele lezingen speciaal aan kinderen gewijd. Er werd geen effect van RF EMV van rond de 2 GHz gerapporteerd op basis van de resultaten van twintig genotoxiciteitsonderzoeken aan cellen van kinderen (zie (Marino *et al* 2011)). Een overzicht van het beperkte aantal epidemiologische onderzoeken wees niet op effecten op de gezondheid, met uitzondering van enkele onderzoeken in de omgeving van TV- en radioantennes, die echter als methodologisch onder de maat werden gekwalificeerd (Feychting 2010) (zie ook (Aydin *et al* 2011)).

In een uitgebreid onderzoek in Groot-Brittannië onder de bevolking rond mobiele-telefoonantennes werd geen verband gevonden tussen het optreden van kinderkanker en de blootstelling van de moeders tijdens de zwangerschap (Elliott *et al* 2010). Dit spoot met de conclusie die de Raad samen met de Nederlandse Gezondheidsraad trok, dat aanwijzingen voor een verband tussen blootstelling aan RF EMV voor of kort na de geboorte en kinderleukemie ontbreken (Health Council of the Netherlands and Superior Health Council 2012).

Uit een internationaal patiënt-referentonderzoek² onder kinderen en adolescenten in Denemarken, Noorwegen, Zweden en Zwitserland bleek geen causaal verband tussen het gebruik van een mobiele telefoon en het optreden van hersentumoren (Aydin *et al* 2011). Omdat de duur en intensiteit van het gebruik beperkt was, kan op basis van dit en ander onderzoek niets gezegd worden over mogelijke effecten op de lange termijn. Mogelijk verschaft het Europese MOBI-KIDS-onderzoek meer informatie (Goedhart 2011).

Samenvattend meent de Raad dat tot nu toe niet gebleken is dat kinderen bijzondere risico's lopen in samenhang met blootstelling van RF EMV van draadloze-communicatiesystemen. Maar gezien de nog steeds aanwezige kennislacunes en het ontbreken van inzicht in de mogelijke

¹ 'EMF Event' jointly with EBEMS and WHO, Bordeaux, 27-28 May 2010.

² Engels: *case-control study*.

gevolgen van jarenlange blootstelling acht hij, in lijn met zijn eerdere adviezen, voorzichtigheid geboden.

3.5 Conclusie

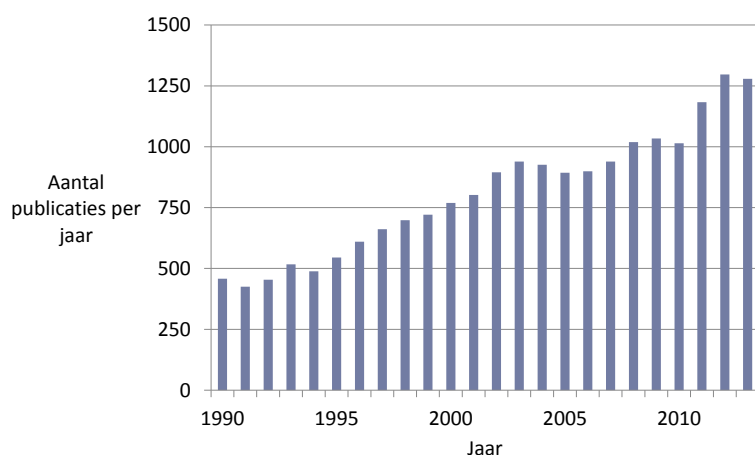
3.5.1 Beantwoording van de gestelde vragen

In dit advies geeft de HGR antwoord op de volgende vragen:

- Wat valt te leren uit het onderzoek van de afgelopen jaren naar de invloed van radiofrequente straling op de gezondheid en plaatsen de recente bevindingen de eerdere adviezen van de Raad in een ander daglicht?
- Heeft de 4G-technologie bijzondere kenmerken die van invloed zouden kunnen zijn op de gezondheid van de gebruikers en omwonenden van basisstations?

3.5.1.1 Kennis

De kennis over de mogelijke effecten van blootstelling aan RF EMV neemt nog steeds toe. Dat wordt geïllustreerd in *Figuur 4* waar het aantal publicaties per jaar is weergegeven dat is vermeld in het gezondheidswetenschappelijke literatuurbestand PubMed¹. Sinds het advies van de HGR over RF EMV in 2000 zijn er ruim 13 000 wetenschappelijke artikelen verschenen over mogelijk nadelige effecten van EMV en dat aantal groeit thans met meer dan 1000 per jaar. Ook al zullen niet alle publicaties nieuwe gegevens bevatten dan wel specifiek op RF EMV betrekking hebben, deze getallen zijn wel indicatief voor een aanzienlijke groei in onderzoeksresultaten en daarmee een groei van onze kennis.



Figuur 4 Aantal wetenschappelijke publicaties per jaar over mogelijk nadelige effecten van EMV. Het aantal is bepaald door in het literatuurbestand PubMed te zoeken naar publicaties die

¹ PubMed is een vrij toegankelijk literatuurbestand van de *US National Library of Medicine*, een onderdeel van de *National Institutes of Health* in de Verenigde Staten (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>).

voldoen aan de zoekterm '([Jaar]) AND (adverse) AND (electromagnetic fields OR electromagnetic radiation OR electromagnetic waves)'

In het vorige hoofdstuk is een globaal overzicht van de huidige stand van kennis gegeven. Hoewel we thans dus veel meer weten dan ruim tien jaar geleden, kan de vraag: 'is blootstelling aan RF EMV bij de huidige niveaus in het leefmilieu schadelijk voor de gezondheid?', ook nu niet met een eenduidig 'ja' of 'nee' worden beantwoord. Dat is ook geruststellend: als er sprake is van ernstige gezondheidsschade na betrekkelijk korte perioden van blootstelling aan RF EMV dan had dat uit het onderzoek moeten volgen. Dat is niet het geval. Maar onvermijdelijk zijn de onderzoeksresultaten en daarmee onze kennis van de relatie tussen RF EMV en gezondheid behept met onzekerheid, in het bijzonder bij de thans voorziene 'levenslange, bevolkingsbrede' blootstelling aan de RF EMV van de draadloze-communicatiesystemen. Vanuit dat gezichtspunt is de situatie niet veel veranderd sinds het advies van de HGR uit 2000, zij het dat het epidemiologisch onderzoek naar kanker in relatie tot mobiel bellen (zie 3.4.4.5), de onzekerheid over de gezondheidsgevolgen eerder heeft vergroot dan verkleind. De onzekerheid wordt verder gevoed omdat het gebruik van technologische innovaties, zoals de smartphone, tablets, digitaal onderwijs, ... voorloopt op kennis over additionele gezondheidsrisico's van dat gebruik. Iets wat overigens niet uniek is voor het domein van de draadloze communicatie, maar evenzeer elders, bijvoorbeeld bij de nanotechnologieën, wordt gevonden.

De conclusie van de HGR is dan ook dat zijn eerdere aanbevelingen, zoals samengevat in 3.4.2, hun geldigheid behouden. Daarbij kan toepassing van het voorzorgsbeginsel dienen om de technologische vooruitgang niet onnodig te remmen, maar ook te zorgen dat die ontwikkeling de volksgezondheid niet onherstelbaar schaadt (von Gleich *et al* 2013).

3.5.1.2 4G

In hoeverre de blootstelling aan RF EMV van de draadloze-communicatiesystemen van de nabije toekomst van speciaal belang is voor de volksgezondheid hangt af van de frequentie van de velden en de mate van gebruik. Vooral het laatste is zeer bepalend voor de niveaus van RF EMV in de leefomgeving. In de termen van de hoeveelheid verzonden gegevens (spraak en data) is er ruwweg sprake van een verdubbeling per anderhalf jaar (Lekien 2010). Deze toename is mogelijk gemaakt maar ook opgevangen door de evolutie van de technologie (zie Bijlage A).¹ Als mobiele-communicatie in het huidige tempo blijft doorgroeien dan kan dat alleen zonder aanmerkelijke verhoging van het vermogen van de basisstations door vervanging van de oudere infrastructuur door de nieuwere 4G-systemen (Rekhi *et al* 2012, COPIC 2013). Om de niveaus van RF EMV in de leefomgeving niet laten stijgen is dus hetzij beperking van omvang en aard van het gebruik nodig, dan wel introductie van nieuwere technologie ter vervanging van de oudere. Het is in het laatste geval uit het oogpunt van blootstellingsbeperking dan wenselijk die vervanging snel te laten verlopen.

Voor wat de thermische effecten betreft, hebben de RF EMV van 4G-systemen geen bijzondere karakteristieken. Wel hebben de gebruikte RF EMV veelal hogere frequenties (zie Bijlage A). Door frequentieafhankelijkheid van de diëlektrische eigenschappen van het lichaam leidt dat tot een verminderde doordringing. Dat uit zich mede in de frequentieafhankelijkheid van de

¹De Raad spreekt zich niet uit over de mate waarin de behoefte de technologie beïnvloedt, dan wel de technologische ontwikkeling de behoefte stimuleert.

gezondheidskundige advieswaarden (zie *Figuur 3*). Bij blootstellingsniveaus waarbij opwarming gezondheidskundig niet van belang is, beschikt de HGR niet over aanwijzingen dat er van een bijzondere situatie sprake is, die specifieke of niet gekende effecten op de gezondheid heeft.

De kennis over de relatie tussen RF EMV en gezondheid als samengevat in 3.4.4, acht de Raad ook van toepassing op de nieuwe technologie. De eerdere aanbevelingen voor gezondheidskundige advieswaarden (3.4.2) behouden hun geldigheid.

3.5.2 Meten en berekenen

Alhoewel de adviesvragen zojuist zijn beantwoord, besteedt de Raad hier ook nog enige aandacht aan het meten van RF EMV-blootstellingsniveaus. In Bijlage B komt dit onderwerp uitgebreid aan de orde. Het probleem is dat bij een aanvraag voor het plaatsen van een zendinstallatie voor mobiele telefonie de niveaus van RF EMV in de omgeving van de installatie door modellering moeten worden verkregen. Vooral in een stedelijke omgeving is de modellering niet eenvoudig en behept met onzekerheden. Bij een vergelijking met wettelijke grenswaarden wordt dan van de ongunstigste situatie uitgegaan. Dat is vermoedelijk de verklaring van de bevinding dat gemeten waarden veelal lager zijn dan de eerder, ten behoeve van de toetsing aan vigerende grenswaarden, berekende. De HGR beveelt aan bij uitbreiding van het aantal zendinstallaties berekende waarden steeds te toetsen aan praktijkwaarden om onnodige plaatsing van basisstations te voorkomen. De Raad realiseert zich dan zo'n toetsing in een stedelijke omgeving niet altijd eenvoudig is.

3.5.3 Praktische maatregelen

Het voorliggende advies is niet bedoeld om maatregelen te bespreken om de blootstelling aan RF EMV van draadloze-communicatiesystemen te beïnvloeden. In eerdere adviezen (Hoge Gezondheidsraad 2004, 2011, 2014) heeft de HGR aangegeven dat uit het oogpunt van voorzorg beperking van de blootstelling een goede zaak is en dat voorzichtigheid moet worden betracht bij het gebruik van mobiele telefoons door jongeren en jonge kinderen. Daarbij besprak hij ook praktische maatregelen. Verder zij verwezen naar de brochure van de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu (FOD VVVL 2009). Overigens is voorzichtigheid niet alleen uit het oogpunt van blootstelling aan RF EMV van belang, zoals hierna kort aan de orde komt.

3.6 Perspectief

De HGR heeft een traditie opgebouwd in het bestuderen en beoordelen van de invloed van draadloze-communicatiesystemen op de gezondheid (3.4.2). De benadering van de Raad komt overeen met die van zusterorganisaties in de buurlanden¹, namelijk dat als er een invloed op de

¹ Enkele voorbeelden: Frankrijk: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail – Anses Anses. Radiofréquences et santé. Mise à jour de l'expertise. Maison-Alfort, France: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail; 2013 octobre 1. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Internet: <http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/AP2011sa0150Ra.pdf>, accessed 07-03-2014.; Nederland: Gezondheidsraad Gezondheidsraad. Mobiele telefoons. Een gezondheidskundige analyse. Den

volksgezondheid is, die moet worden toegeschreven aan de blootstelling aan RF EMV. In deze slotparagraaf wijst de Raad op een breder perspectief: het gebruik van de draadloze-communicatietechnologieën in onze samenleving omvat meer risicofactoren dan alleen blootstelling aan RF EMV. Bij een gezondheidskundige beoordeling dienen die andere risicofactoren, naast mogelijke gunstige invloeden op de volksgezondheid, evenzeer in ogenschouw te worden genomen. Daarop wordt hier kort ingegaan.

Draadloze-communicatiesystemen bestaan uit een infrastructuur van antennes (basisstations) en mobiele of vaste zend- en ontvanginstrumenten bij de gebruiker. De eerste grootschalige toepassingen waren radio en (later) televisie. In de laatste decennia van de vorige eeuw won mobiele telefonie snel terrein. Vervolgens werd het internet 'mobiel', eerst via schrootcomputers en WiFi en in deze eeuw ook via 'smartphones', 'tablets' en de mobiele-telefonie-infrastructuur. Het gevolg is dat we altijd en overal met anderen kunnen communiceren en altijd en overal toegang hebben tot de grenzeloze hoeveelheid informatie op het internet, althans in principe (Duggan 2013, Mobistar 2013). Mensen verwachten dat niet alleen zichzelf, maar evenzeer anderen met wie ze in contact komen of willen komen, toegang tot de nieuwe communicatietechnologie hebben (Ling 2014).

De draadloze-communicatietechnologie in zijn huidige vorm is in korte tijd gemeengoed geworden en is van grote invloed op de sociale relaties tussen mensen en groepen. Dat zal gevolgen hebben voor het welzijn van mensen en daarmee ook voor de volksgezondheid. Die gevolgen kunnen zowel positief als negatief uitpakken en van individu tot individu en van groep tot groep verschillen. De laatste jaren komt daar vanuit wetenschappelijke hoek meer aandacht voor, hoewel de inspanning om kennis te verwerven beperkt is in vergelijking tot die naar de effecten van RF EMV. Een belangrijk deel van het onderzoek richt zich op jongeren, mede gezien de populariteit van de mobiele telefoon onder hen (Karnowski and Jandura 2014, Vanden Abeele *et al* 2014).

Het gebruik van draadloze-communicatiesystemen, in het bijzonder van de mobiele telefoon, kan leiden tot problematisch gedrag (Bianchi and Phillips 2005). Een voorbeeld dat al vroeg aandacht kreeg, is de vergrote kans op een ongeluk door bellen tijdens het autorijden (Redelmeier and Tibshirani 1997, Klauer *et al* 2014). In veel landen, waaronder België (KB van 24 juni 2000 2000), leidde dit tot een verbod op mobiel bellen tijdens autorijden, althans met de telefoon aan het oor.

Later kwam aandacht voor gedrag dat door sommige onderzoekers als verslaving werd aangemerkt: het niet meer zonder de mobiele telefoon kunnen (Bianchi and Phillips 2005, Kamibeppu and Sugiura 2005). Hier komt onderzoek naar problematisch computergebruik

Haag: Gezondheidsraad; 2002. Publicatie nr. 2002/01. Internet: <http://www.gezondheidsraad.nl/nl/adviezen/mobiele-telefoons-een-gezondheidskundige-analyse>, accessed 07-03-2014.; Groot-Brittannië – Health Protection Agency Advisory Group on Non-Ionising Radiation. Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields. Chilton Didcot Oxon OX11 0RQ: Health Protection Agency; 2012 April. Documents of the Health Protection Agency RCE 20. Internet: http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&HPAwebStandard/HPAweb_C/1317133826368, accessed 07-03-2014.; Duitsland: Strahlenschutzkommission Strahlenschutzkommission. Elektromagnetische Felder neuer Technologien: Empfehlung der Strahlenschutzkommission zum Schutz der Bevölkerung und Statusbericht der Strahlenschutzkommission. Bonn, Deutschland: Strahlenschutzkommission; 2004. Heft 41..

(Meerkerk 2007) en onderzoek naar gebruik van draadloze-communicatiesystemen bij elkaar: het problematische computergebruik is door de telefoon niet meer locatie gebonden.

Een onderwerp dat ook in de pers aandacht krijgt, is het zogeheten cyberpesten (David-Ferdon and Hertz 2007, Låftman *et al* 2013). Mag pesten onder jongeren een fenomeen van alle tijden zijn, het pesten via telefoon en sociale media heeft bijzondere kenmerken, omdat het slachtoffer zich er niet of nauwelijks aan kan onttrekken.

Het gebruik van draadloze-communicatietechnologie verschuift naar steeds jongere leeftijd (Holloway *et al* 2013). Het begint soms al in de wieg, ook al is de verkoop van mobiele telefoons gericht op kleine kinderen in België wettelijk verboden (KB van 30 juli 2013 2013).¹ Het bedienen van smartphones en tablets is voor jonge kinderen relatief gemakkelijk daar het geen grote motorische vaardigheden vereist. Sommige toepassingen kunnen de ontwikkeling van kinderen bevorderen, maar ook hier liggen de gevaren van dwangmatig gebruik en onwenselijke en ongewenste internetervaringen op de loer (Holloway *et al* 2013).

Tenslotte wijst de Raad nog op de controverses over locaties voor antennes (Burgess 2004, Burgess 2007). Weliswaar staat hier veelal de mogelijke invloed van RF EMV op de gezondheid centraal, maar aan de controverses liggen ook andere aspecten ten grondslag, zoals esthetische en de belemmering van andere ontwikkelingen. In zijn advies over windturbines besprak de HGR hoe dat soort controverses ook negatief op gezondheid en welbevinden kunnen uitwerken (Superior Health Council 2013).

Hierboven zijn invloeden op de volksgezondheid aangestipt die verbonden zijn met draadloze-communicatiesystemen, maar geen betrekking hebben op blootstelling aan RF EMV. De raad beveelt aan dat in België onderzoek naar deze invloeden verder wordt gestimuleerd. De HGR is bereid om de resultaten van dit onderzoek te bestuderen en te beoordelen.

¹ De HGR bracht advies uit over dit Koninklijk Besluit (Hoge Gezondheidsraad 2011a)

4. REFERENTIES

Advisory Group on Non-Ionising Radiation. Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields. Chilton Didcot Oxon OX11 0RQ: Health Protection Agency; 2012 April. Documents of the Health Protection Agency RCE 20. Internet: http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&HPAwebStandard/HPAweb_C/1317133826368, accessed 07-03-2014.

Anses. Radiofréquences et santé. Mise à jour de l'expertise. Maisons-Alfort, France: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail; 2013 octobre 1. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Internet: <http://www.anses.fr/sites/default/files/documents/AP2011sa0150Ra.pdf>, accessed 07-03-2014.

Arendash GW, Mori T, Dorsey M, Gonzalez R, Tajiri N, Borlongan C. Electromagnetic treatment to old Alzheimer's mice reverses beta-amyloid deposition, modifies cerebral blood flow, and provides selected cognitive benefit. *PLoS ONE* 2012;7(4):e35751.

Arendash GW, Sanchez-Ramos J, Mori T, Mamcarz M, Lin X, Runfeldt M, *et al.* Electromagnetic Field Treatment Protects Against and Reverses Cognitive Impairment in Alzheimer's Disease Mice. *J Alzheimers Dis* 2010;19(1):191-210.

Aydin D, Feychting M, Schüz J, Tynes T, Andersen TV, Schmidt LS, *et al.* Mobile Phone Use and Brain Tumors in Children and Adolescents: A Multicenter Case-Control Study. *J Natl Cancer Inst* 2011;103(16):1264-76.

Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, *et al.* Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol* 2011;12(7):624-6.

Bakker JF, Paulides MM, Christ A, Kuster N, van Rhoon GC. Assessment of induced SAR in children exposed to electromagnetic plane waves between 10 MHz and 5.6 GHz. *Phys Med Biol* 2010;55(11):3115-30.

Baliatsas C, van Kamp I, Hooveld M, Yzermans J, Lebre E. Comparing non-specific physical symptoms in environmentally sensitive patients: Prevalence, duration, functional status and illness behavior. *J Psychosom Res* 2014;pre-publication.

Bianchi A, Phillips JG. Psychological predictors of problem mobile phone use. *Cyberpsychol Behav* 2005;8(1):39-51.

Burgess A. Cellular phones, public fears, and a culture of precaution. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2004.

Burgess A. Real and phantom risks at the petrol station: The curious case of mobile phones, fires and body static. *Health Risk Soc* 2007;9(1):53-66.

Cardis E, Sadetzki S. Indications of possible brain-tumour risk in mobile-phone studies: should we be concerned? *Occup Environ Med* 2011;68(3):169-71.

Cardis E, Varsier N, Bowman JD, Deltour I, Figuerola J, Mann S, *et al.* Estimation of RF energy absorbed in the brain from mobile phones in the Interphone Study. *Occup Environ Med* 2011;68(9):686-93.

CENELEC. Basic standard for the in-situ measurement of electromagnetic field strength related to human exposure in the vicinity of base stations. Brussels: European Committee for Electrotechnical Standardization - CENELEC; 2008. EN 50492:2008. Internet: http://www.cenelec.eu/dyn/www/f?p=104:110:3328154358422445:::FSP_PROJECT,FSP_LANG_ID:14408,25, accessed 07-03-2014.

Christ A, Gosselin M-C, Christopoulou M, Kühn S, Kuster N. Age-dependent tissue-specific exposure of cell phone users. *Phys Med Biol* 2010;55(7):1767-83.

COPIC. Diminution de l'exposition aux ondes électromagnétiques émises par les antennes relais de téléphonie mobile – Rapport de synthèse des expérimentations du COPIC. La Défense CEDEX, France: Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie; 2013 juillet 31. Internet: http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_COPIC_31_juillet_2013.pdf, accessed 07-03-2014.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Avis du Conseil Supérieur de la Santé sur la proposition d'Arrêté modifiant l'Arrêté Royal du 29 avril 2001 fixant la norme pour les antennes émettant des ondes électromagnétiques entre 10 MHz ET 10 GHz. Bruxelles: CSS; 2000. Avis n° 6605.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. GSM, Téléphonie mobile en toute sécurité ? Bruxelles: CSS; 2002. Avis n° 6605-5.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Recommandation du 12 mars 2004 du CSH concernant l'usage du téléphone mobile (GSM) par la population générale. Bruxelles: CSS; 2004. Avis n° 6605-5.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène concernant le projet d'Arrêté Royal fixant la norme pour les antennes émettant des ondes électromagnétiques entre 10 MHz ET 10 GHz. Bruxelles: CSS; 2005. Avis n° 8103.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Effets biologiques potentiels des micro-ondes modulées. Bruxelles: CSS; 2008. Avis n° 8194.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Avis sur les normes relatives aux antennes émettrices. Bruxelles: CSS; 2009. Avis n° 8519.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Intolérance ou hypersensibilité aux facteurs environnementaux physiques et chimiques. Bruxelles: CSS; 2010. Avis n° 8356.

CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Avis au sujet d'un projet d'arrêté Royal relatif à la disponibilité d'information à l'attention des consommateurs concernant le débit d'absorption spécifique et à la publicité pour les produits destinés au consommateur qui émettent des ondes radio. Bruxelles: CSS; 2011. Avis n° 8770.

David-Ferdon C, Hertz MF. Electronic Media, Violence, and Adolescents: An Emerging Public Health Problem. *J Adolesc Health* 2007;41(6):S1-S5.

Decat G, Deckx L, Maris U. Persoonlijke exposimetrie voor het bepalen van de binnenhuis-blootstelling van kinderen aan ELF, VLF en RF elektromagnetische velden afkomstig van interne en externe bronnen. VITO; 2008. Studie uitgevoerd in opdracht van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE) - dienst Milieu & Gezondheid; nr. 2008/IMS/R/93.

Duggan M. Cell Phone Activities 2013. Washington, DC: Pew Internet & American Life Project; 2013 September 16. Internet: <http://pewinternet.org/Reports/2013/Cell-Activities.aspx>, accessed 07-03-2014.

Elder JA. Radiofrequency studies on tumorigenesis and the blood-brain barrier in lab animals support the conclusion of no adverse effects without significant tissue temperature increase: IEEE; 2010. Contribution at the 2010 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), 12-16 April 2010.

Elliott P, Toledano MB, Bennett J, Beale L, de Hoogh K, Best N, *et al.* Mobile phone base stations and early childhood cancers: case-control study. *Br Med J* 2010;340:c3077-.

Engelsma MY, Hougee S, Nap D, Hofenk M, Rombout JH, van Muiswinkel WB, *et al.* Multiple acute temperature stress affects leucocyte populations and antibody responses in common carp, *Cyprinus carpio* L. *Fish Shellfish Immunol* 2003;15(5):397-410.

EU. Richtlijn 2013/35/EU van het Europees Parlement en de Raad van 26 juni 2013 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden) (twintigste bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG) en tot intrekking van Richtlijn 2004/40/EG. *Publicatieblad van de Europese Unie* 2013;179(29.6.2004):1-21.

Feychting M. RF exposure and health effects in children – epidemiology: COST Action BM0704 Emerging EMF Technologies: Health Risk Management; 2010. Presentation at "EMF Event" jointly with EBEMS and WHO, Bordeaux, 27-28 May 2010. Internet: http://www.cost-action-bm0704.org/doc/Feychting_Epidemiological_studies_of_RF_and_health_in_children_Bordeaux.pdf, accessed 07-03-2014.

Finnie JW, Blumbergs PC, Cai Z, Manavis J, Kuchel TR. Neonatal mouse brain exposure to mobile telephony and effect on blood-brain barrier permeability. *Pathology* 2006a;38(3):262-3.

Finnie JW, Cai Z, Blumbergs PC, Manavis J, Kuchel TR. Expression of the immediate early gene, c-fos, in fetal brain after whole of gestation exposure of pregnant mice to global system for mobile communication microwaves. *Pathology* 2006b;38(4):333-5.

FOD VVVL – Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu. Elektromagnetische velden en gezondheid. Uw wegwijzer in het elektromagnetische landschap. Brussel: 2009. Available from :
URL:<http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@mixednews/documents/ie2divers/19089633_nl.pdf>

Forschungsgemeinschaft Funk. The blood-brain barrier - can it be influenced by RF-field interactions? Speakers manuscripts of a workshop from 2-6 November 2003, Reisenburg, Germany. Chapter II. In: FGF-Workshops: I Genetic and cytogenetic aspects of RF-field interaction (2002) II The blood-brain barrier - can it be influenced by RF-field interactions (2003) III Can electromagnetic fields used in mobile communications provoke sleep disorders and other cognitive changes? (2003). Cologne: Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik; 2005. p. 57-100. Internet: http://etf.bgetem.de/htdocs/r30/vc_shop/bilder/firma53/m_12_a07-2005.pdf, accessed 07-03-2014.

Genius SJ, Lipp CT. Electromagnetic hypersensitivity: Fact or fiction? *Sci Tot Environ* 2012;414(0):103-12.

Gezondheidsraad. Mobiele telefoons. Een gezondheidskundige analyse. Den Haag: Gezondheidsraad; 2002. Publicatie nr. 2002/01. Internet: <http://www.gezondheidsraad.nl/nl/adviezen/mobiele-telefoons-een-gezondheidskundige-analyse>, accessed 07-03-2014.

Gezondheidsraad. Invloed van radiofrequente telecommunicatiesignalen op kinderhersenen. Den Haag: Gezondheidsraad; 2011 oktober 18. Publicatie nr. 2011/20. Internet: <http://www.gezondheidsraad.nl/nl/adviezen/invloed-van-radiofrequente-telecommunicatiesignalen-op-kinderhersenen>, accessed 07-03-2014.

Gezondheidsraad: Commissie Afleiding gezondheidskundige advieswaarden. Toxicologische advieswaarden voor blootstelling aan stoffen. Den Haag: Gezondheidsraad; 1996 augustus 29. Publicatie nr 1996/12. Internet: <http://www.gezondheidsraad.nl/nl/adviezen/toxicologische-advieswaarden-voor-blootstelling-aan-stoffen>, accessed 11-02-2014.

Goedhart G. MOBI-KIDS: Study on communication technology, environment and brain tumours in young people. Oberschleissheim, Germany: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; 2011. Presentation at the Conference NIR & Children's Health, 18-20 May, 2011, Ljubljana, Slovenia. Internet: <http://www.icnirp.org/Kids/GoedhartPre.pdf>, accessed 07-03-2014.

Gosselin M-C, Kühn S, Kuster N. Experimental and numerical assessment of low-frequency current distributions from UMTS and GSM mobile phones. *Phys Med Biol* 2013;58(23):8339-57.

GR – Gezondheidsraad. Voorzorg met rede. Den Haag: GR; 2008. Publicatienummer 2008/18.

Granlund-Lind R, Lind J. Black on White: Voices and witnesses about electro-hypersensitivity, the Swedish experience. Sala, Sweden: Mimerns Brunn Kunskapsförlaget; 2004. Internet: <http://www.feb.se/feb/blackonwhite-complete-book.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Pooled analysis of case-control studies on malignant brain tumours and the use of mobile and cordless phones including living and deceased subjects. *Int J Oncol* 2011;38(5):1465-74.

Health Council of the Netherlands, Superior Health Council. Childhood leukaemia and environmental factors. The Hague / Brussels: Health Council of the Netherlands / Superior Health Council; 2012 December 6. Publication no. 2012/33 / Advisory report no. 8548. Internet: <http://www.gezondheidsraad.nl/en/publications/childhood-leukaemia-and-environmental-factors>, accessed 07-03-2014.

Heinonen-Guzejev M. Noise sensitivity – medical, psychological and genetic aspects [PhD-thesis]. Helsinki, Finland: University of Helsinki; 2009.

Herr CEW, Zur Nieden A, Kopka I, Rethage T, Gieler U, Eikmann TF, *et al.* Assessment of somatic complaints in environmental health. *Int J Hyg Environ Health* 2009;212(1):27-36.

Hoge Gezondheidsraad. Advies van de Hoge Gezondheidsraad betreffende Het Ontwerp van Koninklijk Besluit houdende de normering van zendmasten voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2000 oktober 11. Advies HGR nr. 6605. Internet: <http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/4400390.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Advies van de Hoge Gezondheidsraad betreffende Het Ontwerp van Koninklijk Besluit tot wijziging van het Koninklijk Besluit van 29 april 2001 houdende de normering van zendmasten voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2001 december 6. Advies HGR nr. 6605. Internet:

<http://www.health.belgium.be/eportal/Aboutus/relatedinstitutions/SuperiorHealthCouncil/publications/4402387?ie2Term=zendmasten&ie2section=9744>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. De GSM, Veilig mobiel telefoneren? Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2002. Advies HGR 6605-5. Internet:

<http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/4402391.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Aanbevelingen 12 maart 2004 van de HGR met betrekking tot het gebruik van mobiele telefoontoestellen (GSM) door de algemene bevolking. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2004. Advies HGR 6605-5. Internet:

<http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/4402389.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Advies van de Hoge Gezondheidsraad met betrekking tot het Ontwerp van Koninklijk Besluit houdende de normering van zendmasten voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2005 april 13. Advies HGR nr. 8103. Internet:

<http://www.health.belgium.be/eportal/Aboutus/relatedinstitutions/SuperiorHealthCouncil/publications/4496409?ie2Term=zendmasten&ie2section=9744>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Mogelijke biologische effecten van gemoduleerde microgolven. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2008 februari 6. Publicatie van de Hoge Gezondheidsraad nr. 8194. Internet:

<http://health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/14138513.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Advies betreffende de normering voor zendmasten Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2009 februari 4. Advies HGR nr. 8519. Internet:

<http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/16398531.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Brief aan minister Onkelinx over de normering van zendmasten. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2010a oktober 26.

Hoge Gezondheidsraad. Intolerantie of hypergevoeligheid voor fysische en chemische milieufactoren. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2010b juli. Publicatie nr. 8356. Internet:

http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/19063175_nl.pdf, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Advies betreffende een ontwerp van koninklijk besluit betreffende de beschikbaarheid van consumenteninformatie over het specifieke energieabsorptietempo en de reclame voor consumentenproducten die radiogolven uitzenden. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2011a november 9. Publicatie No 8770. Internet:

<http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/19088632.pdf>, accessed 07-03-2014.

Hoge Gezondheidsraad. Betekenis van de IARC classificatie van radiofrequente elektromagnetische velden als "mogelijk kankerverwekkend". Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2011b juli 6. Publicatie No 8762.

HGR - Hoge Gezondheidsraad. Aanbevelingen 12 maart 2004 van de HGR met betrekking tot het gebruik van mobiele telefoontoestellen (GSM) door de algemene bevolking. Brussel: Hoge Gezondheidsraad; 2004. Advies nr. 6605-5.

HGR - Hoge Gezondheidsraad. Advies betreffende een ontwerp van koninklijk besluit betreffende de beschikbaarheid van consumenteninformatie over het specifieke energieabsorptietempo en de reclame voor consumentenproducten die radiogolven uitzenden. Brussel: HGR; 2011. Advies nr. 8770.

HGR - Hoge Gezondheidsraad. Advies inzake een ontwerp van KB betreffende de verplichte terbeschikkingstelling van een oortelefoon bij verkoop van mobiele telefoons. Brussel: HGR; 2014. Advies no 9155.

Holloway D, Green L, Livingstone S. Zero to Eight: Young children and their internet use. London: London School of Economics (EU Kids Online); 2013 August. Internet: <http://internetscience.nl/wp-content/uploads/2013/10/Holloway-Green-Livingstone-2013-Zero-to-Eight-Young-children-and-their-internet-use.pdf>, accessed 07-03-2014.

Huising MO, Guichelaar T, Hoek C, Verburg-van Kemenade BM, Flik G, Savelkoul HF, *et al.* Increased efficacy of immersion vaccination in fish with hyperosmotic pretreatment. *Vaccine* 2003;21(27-30):4178-93.

Iivonen S, Sarvas J. Magnetic-Field-Induced ELF Currents in a Human Body by the Use of a GSM Phone. *IEEE Trans Electromagn Compat* 2007;49(2):294-301.

Independent Expert Group on Mobile Phones. Mobile Phones and Health. Chilton, Didcot, UK: National Radiological Protection Board; 2000 April 28. Internet: <http://www.iegmp.org.uk/report/index.htm>, accessed 07-03-2014.

International Agency for Research on Cancer. Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2013. IARC Monographs Volume 102. Internet: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol102/index.php>, accessed 07-03-2014.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 1998;74(4):494-522.

ISSeP. Méthode de mesure des rayonnements électromagnétiques pour le contrôle des antennes émettrices en Région wallonne. Liège, Belgique: Institut scientifique de service public - ISSeP; 2009 août 11. Rapport no 1658/2009. Internet: http://www.issep.be/files/files/ELECTROMAGNETISME/M_thode_de_mesure_RW_Ao_t_2009.pdf, accessed 07-03-2014.

Jokela K, Puranen L, Sihvonen A-P. Assessment of the magnetic field exposure due to the battery current of digital mobile phones. *Health Phys* 2004;86(1):56-66.

Joseph W, Verloock L, Goeminne F, Vermeeren G, Martens L. Assessment of RF Exposures from Emerging Wireless Communication Technologies in Different Environments. *Health Phys* 2012;102(2):161-72.

Joseph W, Verloock L, Goeminne F, Vermeeren G, Martens L. Assessment of general public exposure to LTE and RF sources present in an urban environment. *Bioelectromagnetics* 2010;31:576-9.

Juutilainen J, Lagroye I, Miyakoshi J, van Rongen E, Saunders R, de Seze R, *et al.* Review of Experimental Studies of RF Biological Effects (100 kHz – 300 GHz). Chapter II. In: Vecchia P, Matthes R, Ziegelberger G, Lin J, Saunders R, Swerdlow A, editors. Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz). Oberschleissheim, D: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; 2009. p. 94-319. Internet: <http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf>, accessed 07-03-2014.

Kamibeppu K, Sugiura H. Impact of the mobile phone on junior high-school students' friendships in the Tokyo metropolitan area. *Cyberpsychol Behav* 2005;8(2):121-30.

Karnowski V, Jandura O. When lifestyle becomes behavior: A closer look at the situational context of mobile communication. *Telemat Inf* 2014;31(2):184-93.

KB van 24 juni 2000. Koninklijk besluit tot wijziging van het koninklijk besluit van 1 december 1975 houdende algemeen reglement op de politie van het wegverkeer. *Belgisch Staatsblad* 2000;28.06.2000:22706-7.

KB van 30 juli 2013. Koninklijk besluit betreffende het verbod op het op de markt brengen van mobiele telefoons speciaal ontworpen voor jonge kinderen. *Belgisch Staatsblad* 2013;30.08.2013:60129-30.

Klauer SG, Guo F, Simons-Morton BG, Ouimet MC, Lee SE, Dingus TA. Distracted Driving and Risk of Road Crashes among Novice and Experienced Drivers. *N Engl J Med* 2014;370(1):54-9.

Kumlin T, Iivonen H, Miettinen P, Juvonen A, Groen Tv, Puranen L, *et al.* Mobile Phone Radiation and the Developing Brain: Behavioral and Morphological Effects in Juvenile Rats. *Radiat Res* 2007;168(4):471-9.

Kuribayashi M, Wang J, Fujiwara O, Doi Y, Nabae K, Tamano S, *et al.* Lack of effects of 1439 MHz electromagnetic near field exposure on the blood-brain barrier in immature and young rats. *Bioelectromagnetics* 2005;26(7):578-88.

Låftman SB, Modin B, Östberg V. Cyberbullying and subjective health: A large-scale study of students in Stockholm, Sweden. *Children and Youth Services Review* 2013;35(1):112-9.

Lekien P. The Road to LTE. Jambes, Belgique: Agence Wallonne des Télécommunications; 2010 décembre 8. Présentation à l'occasion de la 9ème édition du M-Forum, le 8 décembre 2010 au Golf d'Hulencourt à Vieux-Genappe. Internet: http://www.awt.be/contenu/tel/mob/MForum9_Belgacom.pdf, accessed 07-03-2014.

Ling R. From ubicomp to ubiex(pectations). *Telemat Inf* 2014;31(2):173-83.

Marino C, Lagroye I, Scarfi MR, Sienkiewicz Z. Are the young more sensitive than adults to the effects of radiofrequency fields? An examination of relevant data from cellular and animal studies. *Progr Biophys Mol Biol* 2011;107(3):374-85.

Meerkerk G-J. Pwned by the Internet: Explorative research into the causes and consequences of compulsive internet use [PhD-thesis]. Rotterdam: Erasmus Universiteit Rotterdam; 2007.

Miquel A. Rénovation du dispositif de contrôle des expositions. Travaux du COMOP (comité opérationnel). Maisons-Alfort, France: Agence Nationale de Fréquences; 2011 décembre 15. Présentation à la 18ième Journée Interaction Onde Personne, Actions 2011 de l'Agence nationale des fréquences. Internet: <http://whist.institut-telecom.fr/JBio2011/08-Miquel.pdf>, accessed 07-03-2014.

Miyakoshi J. Cellular and Molecular Responses to Radio-Frequency Electromagnetic Fields. Proc IEEE 2013;101(6):1494-502.

Mobistar. Het gebruik van de smartphone in België. Brussel: Mobistar; 2013. Internet: http://business.mobistar.be/resources/img/learn/files/M%20Magazine_Smartphones%20onderzoek_NL_DEF.pdf, accessed 07-03-2014.

Nittby H, Brun A, Eberhardt J, Malmgren L, Persson BRR, Salford LG. Increased blood-brain barrier permeability in mammalian brain 7 days after exposure to the radiation from a GSM-900 mobile phone. Pathophysiology 2009;16(2-3):103-12.

Palmquist E, Claeson A-S, Neely G, Stenberg B, Nordin S. Overlap in prevalence between various types of environmental intolerance. Int J Hyg Environ Health 2014;Pre-publication.

Perrin A, Cretallaz C, Collin A, Amourette C, Yardin C. Effects of radiofrequency field on the blood-brain barrier: A systematic review from 2005 to 2009. C R Physique 2010;11(9-10):602-12.

Poullietier de Gannes F, Haro E, Hurtier A, Taxile M, Athane A, Ait-Aissa S, *et al.* Effect of In Utero Wi-Fi Exposure on the Pre- and Postnatal Development of Rats. Births Defects Res B 2012;95(2):130-6.

Raad van de Europese Gemeenschappen. Aanbeveling van de Raad van 12 juli 1999 betreffende de beperking van de blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz-300 GHz (1999/519/EG). Publicatieblad van de EG 1999;L199(30.7.1999):59-70.

Redelmeier DA, Tibshirani RJ. Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. N Engl J Med 1997;336(7):453-8.

Rekhi PK, Luthra M, Malik S, Atri R. Throughput Calculation for LTE TDD and FDD Systems 2012 December. White Paper (Slideshare). Internet: <http://www.slideshare.net/veermalik121/throughput-calculation-for-lte-tdd-and-fdd-system>, accessed 07-03-2014.

Röösli M, Moser M, Baldinini Y, Meier M, Braun-Fahrlander C. Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure - a questionnaire survey. Int J Hyg Environ Health 2004;207(2):141-50.

Roux D, Faure C, Bonnet P, Girard S, Ledoigt G, Davies E, *et al.* A possible role for extra-cellular ATP in plant responses to high frequency, low amplitude electromagnetic field. Plant Signal Behav 2008a;3(6):383-5.

Roux D, Vian A, Girard S, Bonnet P, Paladian F, Davies E, *et al.* High frequency (900 MHz) low amplitude (5 V m⁻¹) electromagnetic field: a genuine environmental stimulus that affects transcription, translation, calcium and energy charge in tomato. Planta 2008b;227(4):883-91.

Rubin GJ, Hahn G, Everitt BS, Cleare AJ, Wessely S. Are some people sensitive to mobile phone signals? Within participants double blind randomised provocation study. *Br Med J* 2006;332(7546):886-91.

Rubin GJ, Munshi JD, Wessely S. Electromagnetic Hypersensitivity: A Systematic Review of Provocation Studies. *Psychosom Med* 2005;67(2):224-32.

Rysavy Research. Mobile Broadband Explosion. The 3G Wireless Evolution. Hood River, OR, USA: Rysavy Reserach; 2012. Internet: http://www.rysavvy.com/Articles/2012_09_Mobile_Broadband_Explosion.pdf, accessed 07-03-2014.

Salford LG, Brun A, Stuesson K, Eberhardt JL, Persson BR. Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50, and 200 Hz. *Microsc Res Tech* 1994;27(6):535-42.

Salford LG, Brun AE, Eberhardt JL, Persson BRR. Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones. *Environ Health Perspect* 2003;111(7):881-3.

Schreier N, Huss A, Rösli M. The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland. *Soz Präventivmed* 2006;51(4):202-9.

Schütz H, Wiedemann P. How to deal with dissent among experts. Risk evaluation of EMF in a scientific dialogue. *J Risk Res* 2005;8(6):531-45.

Sheppard AR, Swicord ML, Balzano Q. Quantitative evaluations of mechanisms of radiofrequency interactions with biological molecules and processes. *Health Phys* 2008;95(4):365-96.

Siegrist M, Earle TC, Gutscher H, Keller C. Perception of mobile phone and base station risks. *Risk Anal* 2005;25(5):1253-64.

Smith A. 35% of American adults own a smartphone. One quarter of smartphone owners use their phone for most of their online browsing. Washington, DC: Pew Internet & American Life Project; 2011 July 11. Internet: <http://pewinternet.org/Reports/2011/Smartphones.aspx>, accessed 07-03-2014.

Stam R. Electromagnetic fields and the blood-brain barrier. *Brain Res Rev* 2010;65(1):80-97.

Strahlenschutzkommission. Elektromagnetische Felder neuer Technologien: Empfehlung der Strahlenschutzkommission zum Schutz der Bevölkerung und Statusbericht der Strahlenschutzkommission. Bonn, Deutschland: Strahlenschutzkommission; 2004. Heft 41.

Superior Health Council. Public health effects of siting and operating onshore wind turbines. Brussels: Superior Health Council; 2013 April 3. Publication nr. 8738. Internet: http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/19085692_nl.pdf, accessed 07-03-2014.

Szmigielski S. Reaction of the immune system to low-level RF/MW exposures. *Sci Tot Environ* 2013;454-455:393-400.

The Interphone Study Group. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol* 2010;39(3):675-94.

Tomitsch J, Dechant E. Trends in residential exposure to electromagnetic fields from 2006 to 2009. *Radiat Prot Dosimetry* 2012;149(4):384-91.

Urbinello D, Joseph W, Verloock L, Martens L, Rösli M. Temporal trends of radio-frequency electromagnetic field (RF-EMF) exposure in everyday environments across European cities. *Environ Res* 2014;134:134-42.

van der Giessen A, van der Plas A, van Oort S. Marktrapportage Elektronische Communicatie: Juni 2011. Delft: TNO; 2011 juli 1. TNO-rapport 35532.

van Dijk HF, van Rongen E, Eggermont G, Leuret E, Bijker WE, Timmermans DR. The role of scientific advisory bodies in precaution-based risk governance illustrated with the issue of uncertain health effects of electromagnetic fields. *J Risk Res* 2011;14:451-66.

van Leeuwen GMJ, Lagendijk JJW, van Leersum BJAM, Zwamborn APM. Thermal & RF Modelling of Cellular Phones (THERMIC). Work Package 2: Demonstration and validation of the models. Den Haag: TNO Physics and Electronics Laboratory; 1999a. TNO report FEL-99-C128.

van Leeuwen GMJ, Lagendijk JJW, van Leersum BJAM, Zwamborn APM, Hornsleth SN, Kotte ANTJ. Calculation of change in brain temperatures due to exposure to a mobile phone. *Phys Med Biol* 1999b;44:2367-79.

van Rongen E, Croft R, Juutilainen J, Lagroye I, Miyakoshi J, Saunders R, *et al.* Effects of Radiofrequency Electromagnetic Fields on the Human Nervous System. *J Toxicol Environ Health B* 2009;12(8):572 - 97.

van Rooij AJ, Schoenmakers TM. Het (mobiele) gebruik van sociale media en games door jongeren. Rotterdam: IVO - Instituut voor Verslavingsonderzoek; 2013 januari. Monitor internet en Jongeren 2010 – 2012. Internet: <http://www.ivo.nl/UserFiles/File/Publicaties/2013-01%20Factsheet%20Social%20media%20en%20gamen.pdf>, accessed 07-03-2014.

Vanden Abeele M, Antheunis ML, Schouten AP. Me, myself and my mobile: A segmentation of youths based on their attitudes towards the mobile phone as a status instrument. *Telemat Inf* 2014;31(2):194-208.

Verschaeve L. Genetic damage in subjects exposed to radiofrequency radiation. *Mut Res* 2009;681(2-3):259-70.

Verschaeve L. Evaluations of International Expert Group Reports on the Biological Effects of Radiofrequency Fields. Chapter 20. In: Eksim A, editor. *Wireless Communications and Networks - Recent Advances*. <http://www.intechopen.com/>; InTech; 2012. Internet: <http://www.intechopen.com/download/get/type/pdfs/id/31625>, accessed 07-03-2014.

Verschaeve L, Brits E. Inventarisatie en kritische evaluatie van internationale rapporten betreffende gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden± methodologie, conclusies en aanbevelingen. Brussel: Wetenschappelijk Instituut voor de Volksgezondheid; 2011 juli. LNE/OL201000026/10143/M&G. Internet: <http://www.lne.be/themas/milieu-en-gezondheid/zendantennes/eindrapport-nis-studie.pdf>, accessed 07-03-2014.

Verschaeve L, Juutilainen J, Lagroye I, Miyakoshi J, Saunders R, de Seze R, *et al.* In vitro and in vivo genotoxicity of radiofrequency fields. *Mut Res* 2010;705(3):252-68.

Verschaeve L, Maes A. Genetic, carcinogenic and teratogenic effects of radiofrequency fields. *Mut Res* 1998;410(2):141-65.

Vian A, Faure C, Girard S, Davies E, Halle F, Bonnet P, *et al.* Plants Respond to GSM-Like Radiation. *Plant Signal Behav* 2007;2(6):522-4.

Vijayalaxmi, Prihoda TJ. Genetic damage in mammalian somatic cells exposed to radiofrequency radiation: a meta-analysis of data from 63 publications (1990-2005). *Radiat Res* 2008;169(5):561-74.

Vijayalaxmi, Prihoda TJ. Genetic damage in human cells exposed to non-ionizing radiofrequency fields: A meta-analysis of the data from 88 publications (1990–2011). *Mut Res* 2012;749(1–2):1-16.

von Gleich A, Pade C, Wigger H. Indizien und Indikatoren zur Umsetzung des Vorsorgeprinzips. *TATuP - Zeitschrift des ITAS zur Technikfolgenabschätzung* 2013;22(3):16-24.

WHO. Electromagnetic fields (300 Hz - 300 GHz). Geneva: United Nations Environment Program, International Radiation Protection Association, World Health Organization; 1993. Environmental Health Criteria 137. Internet: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc137.htm>, accessed 07-03-2014.

WHO. Electromagnetic Hypersensitivity. Geneva World Health Organization; 2006. Proceedings of the International Workshop on Electromagnetic Field Hypersensitivity, Prague, Czech Republic, October 25-27, 2004. Internet: http://www.who.int/peh-emf/meetings/hypersensitivity_prague2004/en/ accessed 07-03-2014.

Wiedemann P, Schütz H, Spangenberg A. Risk evaluation of the health effects of mobile phone communication. Results of a scientific dialogue. Jülich, Deutschland: Forschungszentrum Jülich GmbH, Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik; 2005. Internet: http://www.emf-risiko.de/projekte/ergeb_bewlit_e.html, accessed 07-03-2014.

Wilén J, Johansson A, Kalezic N, Lyskov E, Sandström M. Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms. *Bioelectromagnetics* 2006;27(3):204-14.

World Bank. Mobile cellular subscriptions (per 100 people). Washington, DC: The World Bank; 2013. Internet: <http://data.worldbank.org/indicator/IT.CEL.SETS.P2>, accessed 07-03-2014.

World Health Organization. WHO workshop on Electrical Hypersensitivity: Workshop Summary. Geneva World Health Organization; 2004. WHO workshop on Electrical Hypersensitivity, Prague, Czech Republic, October 25-27, 2004. Internet: http://www.who.int/peh-emf/meetings/hypersensitivity_prague2004/en/ accessed 07-03-2014.

5. BIJLAGEN

De Raad versterkt de volgende bijlagen ter informatie. De in deze bijlagen vervatte informatie maakt volledig deel uit van het advies en wordt door de Raad gesteund.

- A Ontwikkeling van mobiele-telefonietechnologie
- B RF EMV-niveaus berekenen en meten

A Ontwikkeling van mobiele-telefonietechnologie¹

In het eind van de jaren 1970 deed de mobiele telefonie in België en in andere landen zijn intrede. Sindsdien is de technologie sterk geëvolueerd, is het gebruik toegenomen op een manier die de vaste-lijntelefonie thans verdringt, terwijl de gebruiksmogelijkheden van spraakcommunicatie zijn verruimd tot het raadplegen van en uitwisselen van gegevens op een wijze die dertig veertig jaar gelden zelfs met PC's nog nauwelijks mogelijk was.

De opeenvolgende technologische vernieuwingsstappen worden vaak met 'G' van generatie aangeduid. Op dit ogenblik is in België 2G en 3G gemeengoed en wordt 4G in hoog tempo in gevoerd. Inmiddels tekenen zich contouren van een vijfde generatie (5G) af.

1G – eerste generatie (NMT)

In 1977 stelde de Regie van Telegrafie en Telefonie (RTT) het eerste mobiele-telefoonnetwerk MOB-1 in bedrijf. In 1987 verving RTT dat door het MOB-2-netwerk dat gebruik maakte van de NMT-technologie (*Nordic Mobile Telephone*) in de frequentieband van 450 MHz. De NMT-technologie was een zogeheten analoge technologie ontwikkeld door de Scandinavische telecommunicatie-instanties in de jaren 1979. Zij is vrijwel uitsluitend in Europese landen gebruikt. Door de introductie van de digitale mobiele telefonie (2G) raakte de NMT-technologie in onbruik. Het MOB-2-netwerk van de RTT –die inmiddels was overgegaan in Belgacom—werd op 31 augustus 1999 gesloten.

2G – tweede generatie (GSM)

In Europa gebruikten de 2G-netwerken de GSM-technologie (*Global System for Mobile Communication*) in frequentiebanden van 900 MHz² en 1800 MHz³. De GSM-technologie is ontwikkeld door *European Conference of Postal and Telecommunications Administrations* (CEPT) en door het *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) in de jaren 1980. GSM maakt gebruik van verschillende frequentiebanden voor het inkomende en uitgaande signaal (FDD: *Frequency Division duplex*) en biedt de mogelijkheid om tot acht gebruikers eenzelfde 200 kHz-duplexkanaal te gebruiken (TDMA: *Time Division Multiple Access*).

Andere 2G-technologieën worden buiten Europa gebruikt:

- IS-136 of D-AMPS
- IS-95 of cdmaOne
- iDEN
- PDC.

Verder wordt elders GSM ook toegepast in de frequentiebanden van 850 MHz en 1900 MHz. De GSM-technologie was speciaal bedoeld voor spraakcommunicatie (telefonie). Ze werd echter verder ontwikkeld om de overdracht van gegevens mogelijk te maken. Voorbeelden zijn GPRS (*General Packet Radio Services*) en EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*), die soms wel worden aangeduid als 2,5G.

¹ Deze bijlage is gebaseerd op een werkdocument van Dr Benoît Stockbroeckx van ANPI.

² Gecombineerde frequentiebanden van 880-915 MHz en 925-960 MHz.

³ Gecombineerde frequentiebanden van 1710-1785 MHz et 1805-1880 MHz.

Sinds 1994 mag in België Belgacom¹ een GSM-netwerk in de frequentieband van 900 MHz exploiteren. Oorspronkelijk had Belgacom een monopolie-positie. De keuze voor Mobistar als tweede GSM-operator in de 900 MHz-band maakte daaraan een einde. In 1998 kreeg een derde operator, kpnGroup Belgium², toestemming om een GSM-netwerk in de frequentieband van 1800 MHz te exploiteren. Later kreeg kpnGroup Belgium toestemming voor de exploitatie van een GSM-netwerk in de 900 MHz-band, terwijl Belgacom en Mobistar netwerken in de frequentieband van 1800 MHz mochten exploiteren. Alle drie de 2G-operators gebruiken de GSM-technologie, zowel in de 900 MHz- als in de 1800 MHz-band.

3G – derde generatie (UMTS)

In Europa zijn de 3G-netwerken gebaseerd op de UMTS-technologie (*Universal Mobile Telecommunications System*). Die technologie is tegen het eind van de jaren 1990 door het *3rd Generation Partnership Project (3GPP)* gestandaardiseerd. UMTS wordt ook aangeduid als WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*). HSPA (*High-Speed Packet Access*) en HSPA+ (*Evolved High-Speed Packet Access*) zijn nieuwere vormen van de UMTS-technologie. UMTS is gestandaardiseerd in twee uitvoeringen, namelijk FDD en TDD (*Time Division Duplex*). Er is echter geen enkel TDD-netwerk³ in gebruik genomen. UMTS is een CDMA-technologie (*Code Division Multiple Access*) waarbij verscheidene gebruikers hetzelfde 5 MHz-duplexkanaal benutten. Ook de frequentieband van 2 GHz kan voor UMTS worden gebruikt. Thans wordt eveneens de band van 900 MHz benut. CMDA2000 is een 3G-technologie die buiten Europa wordt toegepast.

In België mogen de drie 2G-operators ook een 3G-netwerk exploiteren als resultaat van een veiling in 2001. In de praktijk zijn 3G-netwerken pas in 2003 in gebruik genomen. Sedert 2011 mag een vierde operator (*Telenet Tecteo Bidco*) een 3G-netwerk exploiteren.

4G – vierde generatie (LTE)

LTE (*Long Term Evolution*) en WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) zijn de belangrijkste 4G-technologieën. Het ziet er naar uit dat LTE de overhand krijgt. Net als UMTS is LTE gestandaardiseerd door 3GPP, zowel in de vorm van FDD als van TDD. LTE is een technologie van het type OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) waarbij verscheidene gebruikers eenzelfde frequentiekanaal kunnen benutten. De breedte van de LTE-kanalen kan 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz of 20 MHz bedragen. De frequentiebanden van 800 MHz⁴ (FDD) en van 2,6 GHz⁵ (FDD en TDD) zijn aanvankelijk aangewezen voor LTE-gebruik. De LTE-technologie kan ook worden toegepast in de frequentieband van 1800 MHz (FDD).

Op basis van de veiling in 2011 mogen vier operatoren in België een 4G-netwerk exploiteren in de frequentieband van 2,6 GHz. Geen heeft dat tot op heden gedaan. Eind 2011 heeft het BIPT

¹ Belgacom biedt zijn mobiele-communicatiediensten aan onder de merknaam 'Proximus'.

² Het bedrijf dat in 1998 een licentie ontving heette KPN-Orange. Het heet thans kpnGroup Belgium en biedt zijn diensten aan onder de merknaam 'Base'.

³ Bij TDD maken het inkomende en het uitgaande signaal gebruik van dezelfde frequentieband.

⁴ Gecombineerde frequentiebanden van 791-821 MHz en 832-862 MHz.

⁵ Gecombineerde frequentiebanden van 2500-2570 MHz en 2620-2690 MHz, en de frequentieband van 2575-2620 MHz.

(Belgisch Instituut voor Postdiensten en Telecommunicatie) aan de 3G-operatoren toestemming gegeven om de LTE-technologie te benutten in de frequentiebanden van 900 MHz, 1800 MHz en 2 GHz. Sinds november 2013 biedt Belgacom in het Vlaams en het Waals gewest 4G-diensten aan in de 1800 MHz-band. Vijf operatoren hebben thans toestemming om een 4G-netwerk op basis van de LTE-technologie te exploiteren: Belgacom, Mobistar, kpnGroup Belgium, Telenet Tecteo Bidco et BUCD.

Eind 2013 werd de frequentieband van 800 MHz geveild en verkregen Belgacom, Mobistar en kpnGroup Belgium licenties om deze band voor 4G te benutten..

5G – vijfde generatie

In de jaren '20 van de huidige eeuw zullen de netwerken van de vijfde generatie het licht zien. Op dit ogenblik verkeren ze in het tekentafelstadium en is het standaardiseringsproces nog niet begonnen.

Overzicht

In Tabel 2 staat een overzicht van de frequentiebanden, de voor die banden in België vergunde technologie en de door de diverse operatoren gebruikte technologie.

Tabel 2 Overzicht van mobiele-communicatiediensten in België

Frequentieband	Vergunde technologie	Gebruikte technologie	Operator
-----------------------	-----------------------------	------------------------------	-----------------

900MHz	GSM	GSM (1994)	Belgacom
	UMTS	UMTS (2008)	Mobistar
	LTE		kpnGroup Belgium Bidco (2015)
1800MHz	GSM	GSM (1998)	Belgacom
	UMTS	LTE (2012)	Mobistar
	LTE		KPN Group Belgium Bidco (2015)
2GHz	UMTS	UMTS (2003)	Belgacom
	LTE		Mobistar kpnGroup Belgium Bidco
2,6GHz	Alle	LTE (?)	Belgacom
			Mobistar
			kpnGroup Belgium
			BUCD
800MHz	Alle	LTE (2014)	Belgacom
			Mobistar
			kpnGroup Belgium
3,5GHz	Alle	Nextnet (2004)	b.Lite
			Mac Telecom

Vervolgens geeft Tabel 3 een overzicht van de gegevenssnelheden voor de diverse technologieën.

Tabel 3 Overzicht van de 'downlink'- en 'uplink'-snelheden voor de diverse technologieën. De laatste kolom geeft de 'latency', de tijd nodig voor gegevens om het gehele netwerk heen en terug te doorlopen. De gegevens zijn ontleend aan de praktijk en dus lager dan de theoretisch maximaal haalbare waarden. Ontleend aan (Rysavy Research 2012). kB = kbit, Mb = Megabit.

Technologie			Downlink	Uplink	Latency
2G	GPRS		40 kbit/s	40 kbit/s	700 ms
	EDGE		70-135 kbit/s	70-135 kbit/s	300 ms
3G	UMTS (5 MHz)		200-300 kbit/s	200-300 kbit/s	200 ms
	HSPA (5 MHz)		0.7-1.7 Mbit/s	0,5-1.2 Mbit/s	100 ms
	HSPA+ (5 MHz)		1,9-8,8 Mbit/s	1-4 Mbit/s	50 ms
4G	LTE (10 MHz)		6,5-26,3 Mbit/s	6-13 Mbit/s	20 ms
	LTE Advanced (20 MHz)		1.2 Gbit/s (theoretical peak)	568 Mbit/s (theoretical peak)	5 ms (theoretical)

B RF EMV-niveaus berekenen en meten¹

Wanneer een vergunning nodig is voor het bouwen van een antenne, vereist de procedure meestal aan te tonen dat de uitgebrachte straling de toegelaten grenswaarde naleeft op alle locaties waar deze norm van toepassing is. Nu brengen de meeste antennes een straling voort met een zeer grote variabiliteit in ruimtelijke intensiteit. Om te waarborgen dat een norm overal nageleefd wordt, moet de controle (door berekening of metingen ter plaatse) op veel locaties worden uitgevoerd.

Om de stralingsintensiteit van een antenne door metingen ter plaatse binnen de gebouwen te bepalen moet de toestemming van de bewoner gekregen worden. Dat is vaak een des te groot probleem dat het aantal gebouwen belangrijk is.

Het waarborgen dat een norm nageleefd wordt door metingen ter plaatse kan dus slechts overwogen worden als de desbetreffende zone van bescheiden omvang en toegankelijk is. In stedelijk gebied komt dit weinig voor. Verder zijn metingen ter plaatse nutteloos wanneer de antenne nog niet gebouwd is wat vaak het geval is bij het bestuderen van vergunningsaanvragen (stedenbouwkundige of milieuvergunning). Dan kan de veldsterkte alleen door middel van modelberekeningen worden geschat.

Men weet anderzijds dat de veldsterkte van een antenne op korte afstanden (kleiner dan de golflengte) sterk kan variëren. Deze variaties zijn het gevolg van het feit dat de veldsterkte in één punt de vectorsom is van een rechtstreekse golf en meerdere golven die aan obstakels in de omgeving reflecteren. In deze nota wordt steeds de gemiddelde veldintensiteit beschouwd om de effecten van dergelijke variaties uit te sluiten. Het gaat om een berekend of gemeten ruimtgemiddelde ofwel langs een traject, ofwel op een oppervlak, ofwel in een volume. In het geval van een gemiddelde op een traject zal de lengte ten minste gelijk zijn aan de golflengte van de straling, bijvoorbeeld een dertigtal centimeters bij een frequentie van 900 MHz. Verder in deze nota zal impliciet alleen het ruimtgemiddelde van het veld worden in acht genomen.

Er moet ook op worden gewezen dat de veldsterkte van de antennes voor mobiele telefonie ook in de tijd varieert aangezien het uitgezonden vermogen van het aantal lopende communicaties en van de voortplantingsomstandigheden tussen de relaisantenne en de mobiele telefoon. Het uitgezonden vermogen van de relaisantenne is slechts in bepaalde zelden voorkomende omstandigheden maximaal. Wanneer metingen ter plaatse worden uitgevoerd, is het echter mogelijk door extrapolatie² te bepalen welke stralingsintensiteit zou worden bereikt bij maximaal uitgezonden vermogen. Dit maximum in de tijd wordt in het vervolg in acht genomen.

¹ Deze bijlage is gebaseerd op een werkdocument van Ir Willy Pirard van het Institut scientifique de service public (ISSeP).

² De toegepaste methode wordt beschreven in de volgende twee documenten:

[ISSeP 1658-09] Méthode de mesure des rayonnements électromagnétiques pour le contrôle des antennes émettrices en Région wallonne (www.issep.be) - § 1, 2 et 3.

[EN 50492] Norme de base pour la mesure du champ électromagnétique sur site, en relation avec l'exposition du corps humain à proximité des stations de base – CENELEC - § 6.3.3 et 9.

Kortom zullen in het volgende de vergelijkingen tussen metingen en berekeningen betrekking hebben op het ruimtegemiddelde van het maximum in de tijd om variaties op zeer korte afstanden en ook de invloed van verkeer en voortplantingsomstandigheden uit te sluiten.

Het eenvoudigste geval is de berekening van de veldsterkte op een locatie buitenshuis met direct zicht¹ op een antenne. De waarde wordt dan voornamelijk bepaald door de afstand, de hoek tot de antenne en de technische kenmerken van deze laatste (met name het vermogen en de vorm van de stralingsdiagrammen). Hoewel deze gegevens met een redelijk goede precisie kunnen worden bepaald, kent de modelberekening van de intensiteit een zekere mate van onzekerheid die toeneemt met de afstand tot de antenne. De werkzaamheden van het COMOP² verstrekken waardevolle indicaties over het belang van deze predictieve onzekerheid. Het voorbeeld in *Figuur 1* werd voorgelegd tijdens een uiteenzetting³ van een lid van dit comité. De figuur toont een bovenaanzicht van een wijk die blootgesteld wordt aan de stralingen van 6 antennes (gelokaliseerd in de linkerbovenhoek). De getallen in de roze blokken⁴ stemmen overeen met de veldsterkte (uitgedrukt in V/m) zoals berekend door het model. Het gaat om de veldsterkte buitenshuis, aan de voorgevel van de gebouwen met direct zicht op de antennes. De berekende waarden worden gevolgd door het 95 %-betrouwbaarheidsinterval⁵. In deze voorbeeldsituatie bedraagt de onzekerheid (uitgedrukt in V/m) 60% zowel omhoog als omlaag van de berekende waarde.

¹ Wat het geval is wanneer er geen obstakels zijn tussen de beschouwde locatie en de antenne.

² COMOP is de afkorting van « Comité opérationnel ».

³ Arnaud MIQUEL - Rénovation du dispositif de contrôle des expositions - 18^{ième} Journée Interaction Onde Personne - Actions 2011 de l'Agence nationale des fréquences – 15 décembre 2011.

⁴ Om de leesbaarheid te vergemakkelijken werden die getallen buiten de figuur opgenomen.

⁵ Dit betekent dat de werkelijke waarde 95 % kansen heeft om zich in dit interval te bevinden en 5 % om buiten te staan.



E = 2,1 V/m IC95% (1,2 – 3,2 V/m) E = 2,7 V/m IC95% (1,6 – 4,3 V/m)

Figuur 1 : Resultaten van simulaties voorgelegd in het kader van de werkzaamheden van het COMOP

De berekening van de veldsterkte binnen een gebouw ook met direct zicht op een antenne verhoogt de onzekerheid (relatieve waarde) door de verzwakking door het gebouw (muren, dak, ramen ...). Deze verzwakking is te wijten aan het feit dat slechts een klein deel van de straling tot binnen het gebouw doordringt. De verzwakking door het gebouw hangt van talrijke parameters af en kan alleen precies worden bepaald door metingen ter plaatse. Onder de relevante parameters kunnen worden vermeld het vensteroppervlak, de beglazing (enkel, dubbel ...), de invalshoek van de straling, de aard en dikte van de muren en het dak. De verzwakking door het gebouw is vaak belangrijk en kan meerdere tientallen procenten bereiken. Het extreem geval is waarschijnlijk dat van gebouwen waarvan de vensters met een geleidend folie voor warmte-isolatie bekleed zijn. Dat folie heeft tot doel de radiofrequente straling geheel te blokkeren waardoor gebruik van mobiele telefoons in het gebouw alleen mogelijk is na installatie van tussenversterkers of "picocellen".

Als het gebouw geen direct zicht op de antenne heeft omdat het gemaskeerd is door een obstakel dat de straling tegenhoudt (bijvoorbeeld een ander gebouw of geaccidenteerd terrein) dan kan alleen elders weerkaatste straling het gebouw bereiken met een verlaging van de veldsterkte (uitgedrukt in V/m) met een factor van de grootteorde van 10.

Wanneer een veldsterkte in het kader van een vergunningsaanvraag wordt berekend moet absoluut elke onderschatting ervan worden vermeden. Moesten later uitgevoerde metingen op het terrein inderdaad tot de conclusie leiden dat de onnauwkeurigheid van de modellen niet toelaat het naleven van de norm te garanderen zouden de juridische en economische gevolgen aanzienlijk zijn. Hierdoor moet de onzekerheid van de voorspellingen in acht worden genomen en

mag de verzwakking door het gebouw in geen geval overschat worden omdat het meestal tot een overschatting van de veldsterkte leidt. Bij controle op het terrein wordt trouwens vastgesteld dat de gemeten veldsterkte meestal lager en soms veel lager is dan de berekende veldsterkte, wat wijst op de voorzichtigheid waarmee met simulaties wordt omgegaan. In dat verband is het waarschijnlijk interessant de resultaten te vermelden van talrijke metingen door het ISSeP sinds het van kracht worden van de Waalse norm voor de bescherming tegen de effecten van niet-ioniserende stralingen. In een periode van iets meer dan 3 jaar werd er controle uitgevoerd rond ongeveer 850 basisstations voor mobiele telefonie met metingen in meer dan 10.000 locaties op de meest blootgestelde plaatsen. Er werd vastgesteld dat slechts op 10 plaatsen de instantane waarde van de veldsterkte afkomstig van alle antennes in de omgeving 3 V/m overschreed. Er wordt gepreciseerd dat een belangrijk deel (minstens 1/3) van de 10.000 locaties in een stadsgebied waren. Deze vaststelling kan tegenstrijdig lijken met de getroffen moeilijkheden door het Brussels Hoofdstedelijk Gebied bij het toepassen van de ordonnantie van maart 2007 die een gecumuleerde grens van 3 V/m oplegt. Deze schijnbare tegenstrijdigheid kan worden uitgelegd door het feit dat het Brussels Hoofdstedelijk Gebied zich op simulaties baseert om de veldsterkte te evalueren. Dit is inderdaad de enige toepasbare oplossing gelet op de omvang van de te analyseren zone en de moeilijkheden om metingen ter plaatse uit te voeren.

Het is trouwens nogal paradoxaal vast te stellen dat de doelstellingen van het Brussels Hoofdstedelijk Gebied (3 V/m gecumuleerd) worden bijna bereikt in Wallonië (zeer weinig plaatsen met een gecumuleerde waarde boven 3 V/m) waar de norm nochtans veel minder streng is. Deze vaststelling leidt tot de conclusie dat de moeilijkheid niet zozeer in het naleven van een gecumuleerde waarde van 3 V/m ligt maar wel in het verstrekken van het bewijs dat deze grenswaarde werkelijk nageleefd wordt.

Hierboven werd vermeld dat de onzekerheid van de modelberekeningen groter is als de afstand tot de antenne toeneemt. Dit valt gemakkelijk uit te leggen door het aantal obstakels die de voortplanting kunnen beïnvloeden als de afstand groter is. Het is anderzijds duidelijk dat de veldsterkte die als verwaarloosbaar kan worden beschouwd des te lager is dat de norm streng is. In het kader bijvoorbeeld van de aanbeveling van de ICNIRP (41,2 V/m bij een frequentie van 900 MHz) komt een veldsterkte van 9,2 V/m (in termen van de vermogensdichtheid of de SAR) overeen met slechts 5 % van de norm, een waarde die als laag en zelfs verwaarloosbaar kan worden beschouwd. Nu kunnen deze 9,2 V/m alleen worden bereikt binnen een vijftigtal meter van een antenne met een EIRP¹ van 7000 W. Als een cumulatieve norm van 3 V/m van toepassing is en dat men als verwaarloosbaar beschouwd wat lager is dan 5% van de norm, met name 0,67 V/m, zou bij dezelfde EIRP van 7000 W de waarde tot een afstand van meer dan 680 m kunnen gaan. Op zulke afstand is de onzekerheid van modelberekeningen veel groter dan op een afstand van 50 m. Naarmate de grenswaarden lager zijn, is de invloed van de modelonzekerheden steeds groter.

¹ EIRP is de afkorting van « Equivalent Isotropically Radiated Power ». EIRP verwijst naar de notie van isotrope antenne met als bijzonder kenmerk dat die een straling met eenzelfde intensiteit in alle richtingen straalt; er wordt vermeld dat dit een zuiver theoretisch concept is omdat zo'n antenne in de praktijk niet te realiseren is. In het geval van « echte » antennes is de stralingsintensiteit voor elke beschouwde richting lager of hoger dan die van een isotrope antenne met eenzelfde P vermogen. Als men de richting beschouwt waarin de stralingsintensiteit van een echte antenne maximaal is wordt dit effect door de G versterkingsfactor vertaald. Op elk punt in deze richting is de veldintensiteit dezelfde als die van een isotrope antenne met een vermogen gelijk aan $P \times G$ dat EIRP wordt genoemd. Bijvoorbeeld een antenne met een versterkingsfactor gelijk aan 50 (dit is 17 dBi) en met een vermogen van 140 W straalt een EIRP van 7000 W.

De redenen waarvoor de overheid die een vergunning verleent (stedenbouwkundige of milieuvergunning) zich geen onderschatting van de veldsterkte mag permitteren werden hierboven uitgelegd. De overheid moet dus de modelberekening voorzichtig interpreteren. Voortvloeiende overschattingen veroorzaken overschrijdingen die in sommige gevallen in feite « valse overschrijdingen » zullen zijn die eventueel een verlaging van het uitgezonden vermogen zullen noodzaken. Het gevolg van een dergelijke verlaging is een verlies aan vermogen dat tot het plaatsen van een of meerdere antennes zal leiden als men een verslechtering van het radioelektrisch bereik wil vermijden. Door het verhogen van de hoogte van de antenne kan de blootstelling van de omwonenden beperkt verlaagd worden maar deze oplossing is strijdig met de regels voor bouwvergunningen.

6 SAMENSTELLING VAN DE WERKGROEP

Al de deskundigen hebben **op persoonlijke titel** aan de werkgroep deelgenomen. De namen van de deskundigen van de HGR benoemd per KB alsook de leden van het Bureau en het College zijn beschikbaar op onze website (link: [samenstelling en werking](#)).

De volgende deskundigen hebben hun medewerking verleend bij het opstellen van het advies:

ADANG Dirk	Toxicologie en stralingshygiëne	UCL
DE RIDDER Maurits	Arbeids- en milieugezondheidskunde	Ugent
DE THIBAUT DE BOESINGHE Léopold	Arbeidsgeneeskunde	Ugent
MAES Annemarie	Toxicologie en stralingshygiëne	WIV
PASSCHIER Wim	Gezondheidsrisico-analyse	Maastricht University
PIRARD Willy	Elektrotechniek	ISSeP
QUAEGHEBEUR Luc	Arbeidsgeneeskunde	CBMT
STOCKBROECKX Benoit	Elektrotechniek	ANPI
VANDERSTRAETEN Jacques	toxicologie en stralingshygiëne	ULB
VANDROOGENBROEK Michael	Elektrotechniek	IBPT
VAN GOOL Stefaan	Oncologie	KUL
VERSCHAEVE Luc	toxicologie en stralingshygiëne	WIV

Het voorzitterschap werd verzekerd door Luc VERSCHAEVE en het wetenschappelijk secretariaat door Eric JADOUL.

De algemene belangenverklaringen van de experts en de samenstelling van het College zijn beschikbaar op onze website www.css-hgr.be

Over de Hoge Gezondheidsraad (HGR)

De Hoge Gezondheidsraad is een federale dienst die deel uitmaakt van de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu. Hij werd opgericht in 1849 en geeft wetenschappelijke adviezen i.v.m. de volksgezondheid aan de ministers van volksgezondheid en van leefmilieu, aan hun administraties en aan enkele agentschappen. Hij doet dit op vraag of op eigen initiatief. De HGR neemt geen beleidsbeslissingen, noch voert hij ze uit, maar hij probeert het beleid inzake volksgezondheid de weg te wijzen op basis van de recentste wetenschappelijk kennis.

Naast een intern secretariaat van een 25-tal medewerkers, doet de Raad beroep op een uitgebreid netwerk van meer dan 500 experts (universiteitsprofessoren, medewerkers van wetenschappelijke instellingen), waarvan er 200 tot expert van de Raad zijn benoemd; de experts komen in multidisciplinaire werkgroepen samen om de adviezen uit te werken.

Als officieel orgaan vindt de Hoge Gezondheidsraad het van fundamenteel belang de neutraliteit en onpartijdigheid te garanderen van de wetenschappelijke adviezen die hij aflevert. Daartoe heeft hij zich voorzien van een structuur, regels en procedures die toelaten doeltreffend tegemoet te komen aan deze behoeften bij iedere stap van het tot stand komen van de adviezen. De sleutelmomenten hierin zijn de voorafgaande analyse van de aanvraag, de aanduiding van de deskundigen voor de werkgroepen, het instellen van een systeem van beheer van mogelijke belangenconflicten (gebaseerd op belangenverklaringen, onderzoek van mogelijke belangenconflicten, en een referentiec comité) en de uiteindelijke validatie van de adviezen door het College (eindbeslissingorgaan). Dit coherent geheel moet toelaten adviezen af te leveren die gesteund zijn op de hoogst mogelijke beschikbare wetenschappelijke expertise binnen de grootst mogelijke onpartijdigheid.

De adviezen van de werkgroepen worden voorgelegd aan het College. Na validatie worden ze overgemaakt aan de aanvrager en aan de minister van volksgezondheid en worden de openbare adviezen gepubliceerd op de website (www.hgr-css.be), behalve wat betreft vertrouwelijke adviezen. Daarnaast wordt een aantal onder hen gecommuniceerd naar de pers en naar doelgroepen onder de beroepsbeoefenaars in de gezondheidssector.

De HGR is ook een actieve partner binnen het in opbouw zijnde EuSANH netwerk (*European Science Advisory Network for Health*), dat de bedoeling heeft adviezen uit te werken op Europees niveau.

Indien U op de hoogte wil blijven van de activiteiten en publicaties van de HGR kan U een mailtje sturen naar info.hgr-css@health.belgium.be.