
**Elektromagnetische velden:
Jaarbericht 2003**

**Electromagnetic Fields:
Annual Update 2003**





Aan de staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu
Interne postcode 100
Postbus 30.951
2500 EZ Den Haag

Onderwerp : aanbieding Jaarbericht Elektromagnetische velden
Uw kenmerk : -
Ons kenmerk : U-2\EvR\RA\673-Z
Bijlagen : 1
Datum : 15 januari 2004

Mijnheer de staatssecretaris,

Een van de opdrachten aan de Commissie Elektromagnetische velden van de Gezondheidsraad is regelmatig te rapporteren over actuele wetenschappelijke ontwikkelingen met betrekking tot mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan elektromagnetische velden. De commissie doet dit in de vorm van Jaarberichten die in hun eindfase worden beoordeeld door de Beraadsgroep Stralingshygiëne van de Gezondheidsraad. Ik bied u hierbij de tweede publicatie in deze reeks aan. Tevens heb ik dit advies vandaag aangeboden aan de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, de staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, de minister van Economische zaken en de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

Het Jaarbericht 2003 bespreekt uiteenlopende onderwerpen, zoals de mogelijke invloed van door het elektriciteitsnet opgewekte extreem laagfrequente velden op het ontstaan van leukemie bij kinderen, de relatie tussen het gebruik van mobiele telefoons en het optreden van hersentumoren en eventuele effecten van het C2000-communicatiesysteem op de gezondheid. De commissie wijdt ook een korte beschouwing aan de relatie tussen specifieke klachten en blootstelling aan elektromagnetische velden. Voor een aantal onderwerpen vindt de commissie nader onderzoek gerechtvaardigd. In dit verband wil ik u wijzen op de voorstellen voor onderzoek die de commissie in februari 2003 heeft gedaan (*Gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden: Aanbevelingen voor onderzoek*; nr 2003/03) en het onlangs verschenen advies *Gezondheid en milieu: Kennis voor beleid* (nr 2003/20).

Hoogachtend,

Prof. dr M de Visser

Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2003

aan:

de staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

de staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

de minister van Economische Zaken

de minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Nr 2004/01, Den Haag, 15 januari 2004

De Gezondheidsraad, ingesteld in 1902, is een adviesorgaan met als taak de regering en het parlement “voor te lichten over de stand der wetenschap ten aanzien van vraagstukken op het gebied van de volksgezondheid” (art. 21 Gezondheidswet).

De Gezondheidsraad ontvangt de meeste adviesvragen van de bewindslieden van Volksgezondheid, Welzijn & Sport; Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening & Milieubeheer; Sociale Zaken & Werkgelegenheid en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. De Raad kan ook eigener beweging adviezen uitbrengen. Het gaat dan als regel om het signaleren van ontwikkelingen of trends die van belang kunnen zijn voor het overheidsbeleid.

De adviezen van de Gezondheidsraad zijn openbaar en worden in bijna alle gevallen opgesteld door multidisciplinaire commissies van – op persoonlijke titel benoemde – Nederlandse en soms buitenlandse deskundigen.

U kunt het advies downloaden van www.gr.nl.

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:
Gezondheidsraad. Commissie ELF elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2003. Den Haag: Gezondheidsraad, 2004; publicatie nr 2004/01.

auteursrecht voorbehouden

ISBN: 90-554-510-7

Inhoud

1	Inleiding	9
1.1	Achtergrond	9
1.2	Het Jaarbericht	9
1.3	Opzet van dit Jaarbericht	10
2	Uitgebrachte adviezen	11
2.1	Mobiele telefoons	11
2.2	Aanbevelingen voor onderzoek	12
3	Ontwikkelingen op het gebied van laagfrequente velden	13
3.1	Inleiding	13
3.2	Vergelijking werkwijzen IARC en DHS	14
3.3	Blootstelling aan ELF magnetische velden en miskramen	18
4	Ontwikkelingen op het gebied van radiofrequente velden	25
4.1	Inleiding	25
4.2	Implicaties van nieuwe technieken	25
4.3	Mobiele telefoons in afgesloten ruimtes	27
4.4	Nieuw communicatiesysteem voor hulpdiensten, C2000 (TETRA)	28
4.5	Proefdieronderzoek	30
4.6	Epidemiologisch onderzoek	36

5	Aspecifieke klachten en blootstelling aan elektromagnetische velden	41
5.1	Inleiding	41
5.2	Lichamelijk onverklaarde klachten	41
5.3	Psychologische verklaring modellen	42
5.4	Conclusie	44

6	Voorzorgsbeginsel	45
6.1	Inleiding	45
6.2	Voorzorgsbeginsel en elektromagnetische velden in eerdere adviezen	46
6.3	Toelichting op standpunt commissie	46

Literatuur 49

	Bijlagen	55
A	Commissie	57
B	IARC classificatie	59

Electromagnetic Fields: Annual Update 2003 63

Inleiding

1.1 Achtergrond

De laatste jaren is de publieke bezorgdheid over mogelijk schadelijke effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden sterk toegenomen. Onder meer de sterke groei van de mobiele telefonie is hier debet aan. De Gezondheidsraad wordt dan ook veelvuldig geconfronteerd met vragen over dit onderwerp, zowel vanuit de bevolking als van de kant van regering en parlement. De voorzitter van de raad heeft daarom besloten de Commissie Elektromagnetische Velden in te stellen, voorlopig voor de duur van vier jaar. De commissie, die op 6 maart 2000 is geïnstalleerd, heeft tot taak om regelmatig te rapporteren over de wetenschappelijke ontwikkelingen in haar aandachtsgebied en adviesaanvragen ter zake in behandeling te nemen. Ook zal zij tussentijds, wanneer daar aanleiding voor is, belangrijke wetenschappelijke ontwikkelingen belichten. De samenstelling van de commissie is vermeld in bijlage A.

1.2 Het Jaarbericht

Door middel van Jaarberichten geeft de commissie vorm aan een van de haar opgedragen taken: het regelmatig rapporteren over belangrijke wetenschappelijke ontwikkelingen. Het eerste Jaarbericht verscheen op 29 mei 2001 ⁽²³⁾. Het voorliggende Jaarbericht bestrijkt de periode van mei 2001 tot mei 2003.*

In de Jaarberichten geeft de commissie beknopt aan welke adviezen zij in de verslagperiode heeft uitgebracht en gaat zij in op onderwerpen die in die periode in de wetenschappelijke pers en de publieksmedia aandacht hebben gekregen. Dat kunnen onderwerpen zijn die in een eerder advies aan de orde zijn geweest, maar waarop recente publicaties een nieuw licht werpen. Ook kan het gaan om onderwerpen waarover de commissie een advies voorbereidt en waarover, gelet op berichten in de media, een voorlopige standpuntbepaling wenselijk is.

1.3 Opzet van dit Jaarbericht

In dit Jaarbericht worden in hoofdstuk 2 eerst kort de adviezen besproken die de Commissie Elektromagnetische Velden tussen mei 2001 en mei 2003 heeft uitgebracht.

Vervolgens wordt over een aantal thema's bericht. Het spreekt vanzelf dat daarbij niet op alle wetenschappelijke ontwikkelingen kan worden ingegaan.

Hoofdstuk 3 gaat over de nieuwste gegevens over laagfrequente velden. In hoofdstuk 4 staan nieuwe bevindingen over radiofrequente velden centraal. In hoofdstuk 5 bespreekt de commissie specifieke klachten die soms in verband worden gebracht met blootstelling aan elektromagnetische velden. Tot slot geeft hoofdstuk 6 de visie van de commissie op toepassing van het voorzorgsbeginsel als het erom gaat mensen te beschermen tegen mogelijk schadelijke blootstelling aan elektromagnetische velden.

* Op 30 september 2003 zijn de resultaten bekend gemaakt van een door TNO uitgevoerd onderzoek naar de effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van GSM en UMTS-antennes op cognitieve functies en op het welbevinden. Dat onderzoek verdient ook een bespreking door de commissie. De regering heeft aan de Tweede Kamer geschreven dat zij de Gezondheidsraad om advies zal vragen over vervolgactiviteiten. De commissie zal in dat advies op het TNO rapport en op enkele andere recente publicaties over een mogelijke invloed op cognitieve functies ingaan.

Uitgebrachte adviezen

2.1 Mobiele telefoons

Het advies *Mobiele telefoons. Een gezondheidskundige analyse* ⁽²⁴⁾ is uitgebracht op 28 januari 2002. Het vormt een aanvulling op het eerder gepubliceerde advies *GSM-basisstations* ⁽²²⁾.

De commissie geeft in het advies een overzicht van de technische eigenschappen van mobiele telefoons die relevant zijn voor de blootstelling aan elektromagnetische velden. Vervolgens wordt de wetenschappelijke kennis over mogelijke effecten van een dergelijke blootstelling op de gezondheid samengevat. Op grond hiervan concludeert de commissie dat er geen reden is om haar eerdere aanbevelingen voor blootstellingslimieten te herzien ^(26,27). Omdat de sterkte van de door mobiele telefoons opgewekte elektromagnetische velden onder die limieten blijft, stelt de commissie dat er geen gezondheidsproblemen te verwachten zijn als direct gevolg van de blootstelling aan die velden. De commissie ziet ook geen gezondheidskundige reden om het gebruik van mobiele telefoons door kinderen aan banden te leggen.

Wel is het volgens de commissie mogelijk dat er als gevolg van elektromagnetische interferentie (storing) op medische apparatuur op indirecte wijze gezondheidsproblemen ontstaan. De meeste apparatuur is afdoende tegen dergelijke invloeden beschermd, maar in uitzonderlijke gevallen kunnen toch storingen ontstaan. De commissie handhaaft daarom eerdere adviezen voor het aanhouden van minimum afstanden tot bepaalde apparaten en roept op tot verscherping van de technische specificaties van de apparatuur.

Tot slot wijst de commissie op het gevaar van het gebruik van een mobiele telefoon tijdens verkeersdeelname. Alleen al het voeren van een gesprek via een mobiele telefoon heeft een negatieve invloed op de concentratie en daarmee op de verkeersveiligheid. De commissie bepleit daarom te bevorderen dat bestuurders van voertuigen tijdens het deelnemen aan het verkeer geen gebruik maken van een mobiele telefoon, ook niet als dat handenvrij gebeurt.

2.2 Aanbevelingen voor onderzoek

Op 4 februari 2003 bracht de commissie het advies *Gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden: aanbevelingen voor onderzoek* uit ⁽²⁵⁾. Zij geeft daarin, op verzoek van de regering, aan op welke gebieden de belangrijkste lacunes in de wetenschappelijke kennis bestaan en op welke terreinen het mogelijk is om onderzoek in Nederland uit te voeren. Voor het coördineren van dat onderzoek pleit de commissie voor het opzetten van een wetenschappelijk kenniscentrum.

Ontwikkelingen op het gebied van laagfrequente velden

3.1 Inleiding

Er zijn de afgelopen jaren enkele belangrijke overzichtsrapporten verschenen over de mogelijke effecten van blootstelling aan extreem laagfrequente (ELF) elektrische en magnetische velden, dat wil zeggen velden die samenhangen met de elektriciteitsvoorziening, met frequenties van 50 of 60 hertz (Hz).

In eerdere publicaties heeft de commissie al aandacht besteed aan het rapport van het Amerikaanse *National Institute of Environmental Health Services* (NIEHS), verschenen in 1998 ⁽¹⁾. Daarin werd geconcludeerd dat ELF magnetische velden mogelijk een invloed hebben op de vorming van leukemie bij kinderen en acute lymfatische leukemie bij volwassenen.

Meer recent verschenen in 2001 rapporten van het *International Agency for Research on Cancer* (IARC) ⁽⁴³⁾ en de Engelse *National Radiological Protection Board* (NRPB) ⁽⁵⁵⁾. In deze rapporten is de conclusie dat er een associatie bestaat tussen blootstelling aan ELF magnetische velden en leukemie bij kinderen, maar dat er geen aanwijzingen zijn voor een oorzakelijk verband.

In 2002 publiceerde het Californische *Department of Health Services* (DHS) een rapport van het *California EMF Program* ⁽⁵⁷⁾. De conclusies daarin komen overeen met die van de andere rapporten, zij het dat de zekerheid van de auteurs over kankerverwekkendheid wat groter is dan die van de opstellers van de andere rapporten. De Californische aanpak wijkt echter sterk af van de aanpak die elders werd gevolgd. De commissie acht het daarom van belang de werkwijze en conclusies van het Californische DHS-rap-

port te vergelijken met die van andere organisaties. Dit gebeurt in paragraaf 3.2. Zij bespreekt daar eerst de formele evaluatie van kankerverwekkendheid door het IARC, die plaatsvond door middel van vaste methodes die ook voor een lange reeks andere agentia gebruikt zijn. Vervolgens komt het DHS-rapport aan de orde.

Een onderwerp dat volgens de commissie apart aandacht verdient is de mogelijke invloed van blootstelling aan ELF magnetische velden op het verloop van de zwangerschap. In 2002 verschenen daarover twee epidemiologische onderzoeken die in de wetenschappelijke literatuur een discussie hebben losgemaakt ^(49,52). Deze bespreekt de commissie in paragraaf 3.3.

3.2 Vergelijking werkwijzen IARC en DHS

3.2.1 Werkwijze IARC

Classificatie kankerverwekkendheid

In het kader van het *International EMF Project* van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) is door het IARC, een agentschap van de WHO, een formele evaluatie uitgevoerd van de mogelijke kankerverwekkendheid van statische en extreem laagfrequente elektromagnetische velden ⁽⁴³⁾.

Het IARC hanteert bij dergelijke beoordelingen een vaste classificatie van de sterkte van het wetenschappelijk bewijsmateriaal (zie tabel 1).

Tabel 1 IARC classificatie van de sterkte van het wetenschappelijk bewijsmateriaal.

Voldoende bewijs voor kankerverwekkendheid
Beperkt bewijs voor kankerverwekkendheid
Onvoldoende bewijs van kankerverwekkendheid
Bewijs voor afwezigheid van kankerverwekkendheid

Aan de hand van deze classificatie is een indeling in groepen gemaakt waarin de agentia worden ondergebracht (zie tabel 2). Met agens wordt hier bedoeld een chemische stof of mengsel van stoffen, een fysisch agens zoals straling, of een situatie waarin blootstelling kan plaatsvinden.

Tabel 2 IARC indeling in groepen wat betreft kankerverwekkendheid.

Groep	Beschrijving
1	het agens is kankerverwekkend bij mensen
2A	het agens is waarschijnlijk kankerverwekkend bij mensen
2B	het agens is mogelijk kankerverwekkend bij mensen
3	indeling op grond van kankerverwekkendheid van het agens is niet mogelijk
4	het agens is waarschijnlijk niet kankerverwekkend bij mensen

De beschrijving van de classificatie en van de verschillende groepen staat in bijlage B.

Conclusies IARC

De evaluaties van het IARC worden verricht door breed samengestelde werkgroepen van externe deskundigen. Het secretariaat van het IARC verzamelt de literatuur en stelt concept-teksten op. Tijdens een meerdaagse bijeenkomst van de werkgroep worden deze teksten en de onderliggende literatuur vervolgens kritisch besproken en wordt een uiteindelijke beoordeling van de kankerverwekkendheid gegeven.

De evaluatie van statische en extreem laagfrequente elektromagnetische velden is gepubliceerd als een IARC-monografie. In deze publicatie wordt van elk relevant onderzoek een korte beschrijving gegeven, eventueel voorzien van commentaar van de werkgroep. De uiteindelijke conclusies luiden:

- Er is *beperkt bewijs* dat ELF magnetische velden kunnen leiden tot leukemie bij kinderen
- Er is *onvoldoende bewijs* dat ELF magnetische velden kunnen leiden tot andere vormen van kanker bij mensen
- Er is *onvoldoende bewijs* dat statische elektrische of magnetische velden of ELF elektrische velden bij mensen kankerverwekkend zijn
- Er is *onvoldoende bewijs* dat ELF magnetische velden bij proefdieren kankerverwekkend zijn
- Er zijn geen gegevens beschikbaar over de kankerverwekkendheid bij proefdieren van statische elektrische of magnetische velden of ELF elektrische velden.

De eindconclusie luidt:

- ELF magnetische velden zijn *mogelijk kankerverwekkend bij mensen (groep 2B)*
- Statische elektrische of magnetische velden en ELF elektrische velden *kunnen niet worden ingedeeld op grond van kankerverwekkendheid bij mensen (groep 3)*.

Commentaar commissie op IARC rapport

De vraag is nu, wat de consequenties zijn van deze conclusie. Allereerst benadrukt de commissie dat hiermee niet is vastgesteld dat ELF magnetische velden kankerverwekkend zijn, alleen dat ze dat *kunnen* zijn. De conclusie van het IARC wijkt in die zin dan ook niet af van wat de commissie in eerdere adviezen heeft gesteld, namelijk dat er een statistisch consistente associatie lijkt te zijn tussen wonen in de nabijheid van bovengrondse elektriciteitslijnen (wat blootstelling aan verhoogde niveaus van ELF magnetische velden betekent) en het vóórkomen van leukemie bij kinderen.

Wat niet is vastgesteld, en daar wordt door het IARC ook op gewezen, is dat er een oorzakelijk verband bestaat. Er zijn uit onderzoek ook nog geen aanwijzingen verkregen dat er een oorzakelijk verband zou kunnen zijn. Weliswaar worden geregeld veronderstellingen voor mogelijke mechanismen naar voren gebracht, bijvoorbeeld de melatonine-hypothese*, maar geen van die hypothesen kan op dit moment verklaren op welke wijze blootstelling aan ELF magnetische velden tot kanker zouden kunnen leiden.

Is deze uitspraak van het IARC aanleiding om aan te bevelen dat er maatregelen genomen worden om, bijvoorbeeld, langdurige blootstelling van kinderen aan ELF magnetische velden te beperken? Omdat de conclusie van het IARC niet afwijkt van die van de commissie, blijft de commissie bij haar eerder ingenomen standpunt dat zij met de huidige stand van kennis daar geen reden voor ziet.

In totaal heeft het IARC 236 agentia in groep 2B geplaatst. Het is echter niet zo dat overheden voor al deze agentia op grond van hun mogelijke kankerverwekkendheid maatregelen genomen hebben om de blootstelling te beperken. In veel gevallen betreft het stoffen waarmee in het dagelijks leven veelvuldig contact is.**

3.2.2 *Werkwijze California Department of Health Services*

Inschatting kans op ziekte

Een tweede belangrijk rapport dat in de afgelopen periode is verschenen is dat van het Californische *Department of Health Services* (DHS)⁽⁵⁷⁾. De benadering van het onderwerp in dat rapport is geheel anders dan die van het IARC en andere door groepen deskundigen opgestelde rapporten. Drie medewerkers van het DHS, allen deskundig op het gebied van effecten van ELF elektromagnetische velden, geven in het rapport aan hoe groot zij de waarschijnlijkheid inschatten dat blootstelling aan deze velden in enigerlei mate de kans op het oplopen van een reeks verschillende gezondheidseffecten vergroot. Daarbij beoordelen zij niet alleen de kans op verschillende vormen van kanker, zoals het IARC dat doet, maar ook op andere ziekten zoals amyotrofe laterale sclerose, de ziekte van Alzheimer en hartafwijkingen, en de kans op miskramen, aangeboren afwijkingen en zelfmoord.

* Melatonine is een hormoon dat in de pijnappelklier wordt aangemaakt. Het vervult een functie in het regelen van het dag-nacht ritme, maar het is ook een verbinding die radicalen, sterk reactieve stoffen die onder meer voor schade aan het erfelijk materiaal kunnen zorgen, wegvangt. Er zijn aanwijzingen dat in knaagdieren het melatoninegehalte in het bloed wordt beïnvloed door blootstelling aan ELF velden, maar bij mensen is een dergelijke invloed nooit aangetoond.

** Voorbeelden van dergelijke agentia zijn koffie, acetaldehyde (komt van nature voor in druiven en wijn, en in hoge concentraties in geoxideerde wijnen zoals madeira en sherry), in zuur ingelegde groenten, maar ook ruwe dieselolie, bitumen en 'carbon black' (ontstaat bij het branden van geurkaarsen en komt in de lucht uit kopieerinkt bij kopiëren).

Aan het begin van het proces gaven de onderzoekers, op grond van de algemene kennis die zij hadden over de verschillende effecten, een *a priori* schatting. Die was van alledrie laag: vijf tot twaalf procent. Vervolgens hebben zij alle literatuur nauwgezet bestudeerd en besproken met elkaar en met andere deskundigen. Daarna hebben zij opnieuw een schatting gemaakt. Voor een aantal vormen van kanker en voor enkele andere gezondheidseffecten vallen die tweede schattingen aanzienlijk hoger uit dan de eerste. Vertaald naar de IARC-classificatie leidt dit bijvoorbeeld voor kinderleukemie tot een inschaling in groep 1 door de eerste onderzoeker, in groep 2B door de tweede en in groep 2A door de derde. Ook andere vormen van kanker krijgen een schatting die overeenkomt met een hogere inschaling dan bij het IARC: leukemie bij volwassenen plaatsten de onderzoekers van het DHS in groep 1, 2B en 2B en hersentumoren bij volwassenen in groep 2B. Miskramen en amyotrofe laterale sclerosis krijgen een schatting die overeenkomt met groep 2B van het IARC (mogelijke oorzaak).

Commentaar commissie op DHS-rapport

Opvallend in dit rapport zijn de individuele verschillen: een van de onderzoekers heeft de neiging de risico's hoger in te schatten dan de andere twee. Uiteraard heeft deze aanpak zijn beperkingen. Het gaat om een oordeel van slechts drie personen. Die zijn echter wel deskundig, met name op het gebied van de epidemiologie, en hebben zich door andere deskundigen laten adviseren. Maar multidisciplinaire groepsgewijze discussies zoals bij commissies van experts plaatsvinden, zijn er niet geweest en dat kan zijn beperkingen hebben gehad.

Anderzijds wordt in het rapport aangegeven dat een nadeel van de meeste commissieprocessen is, dat er wordt gestreefd naar consensus en dat uiteenlopende meningen niet naar voren komen, behalve in uitzonderlijke gevallen in een minderheidsstandpunt. Bovendien is het, omdat bijeenkomsten van commissies doorgaans besloten zijn, vaak niet duidelijk hoe die commissies tot een bepaald oordeel gekomen zijn. De opstellers van het DHS-rapport hebben ook deelgenomen aan de bijeenkomsten van de expertgroepen bij het NIEHS en/of IARC. Zij schetsen dat een probleem bij dat soort bijeenkomsten is, dat in een relatief korte tijd met een intensief vergaderschema veel besproken moet worden en consensus moet worden bereikt. Dat kan dan alleen als er al vergaande conceptteksten ter vergadering beschikbaar zijn. Dan komt het er vaak op neer dat het grootste deel van de bijeenkomst wordt besteed aan het bespreken van de teksten en dat bespreking van individuele onderzoeken vrijwel niet plaatsvindt. Een ander punt van kritiek op de aanpak van het IARC is, dat enerzijds de classificatie (zoals boven aangegeven) weinig flexibel is en anderzijds de definitie van wat bestempeld moet worden als *beperkte aanwijzingen* of *onvoldoende bewijs* juist niet duidelijk omschreven is.

De commissie kan zich vinden in deze kritiek. En zij is het ook met de DHS-onderzoekers eens dat het proces dat zij hebben gevolgd transparanter is dan dat van vele commissies en dat een ander voordeel is dat individuele verschillen duidelijk worden. Anderzijds vindt de commissie dat ook een nadeel, omdat zo de mening van één individu meer nadruk kan krijgen dan die van anderen, met name als hij of zij de neiging heeft de risico's hoger in te schatten dan de anderen. De commissie geeft toch de voorkeur aan bespreking van de wetenschappelijke gegevens in multidisciplinaire groepen deskundigen. Ook dat is niet altijd de meest ideale werkwijze, maar wel de optimale.

De meest ideale aanpak zou zijn als elke relevante publicatie binnen een commissie besproken en becommentarieerd zou kunnen worden, op grond hiervan een selectie gemaakt werd van onderzoek van voldoende wetenschappelijke kwaliteit en aan de hand van de resultaten van dat onderzoek een evaluatie van de effecten plaatsvond. In de praktijk is dat echter praktisch niet uitvoerbaar, tenzij de volledige commissie vele maanden *full time* de gelegenheid krijgt hiermee bezig te zijn: alleen de literatuurlijst van het IARC-rapport bevat al meer dan 800 referenties en dat is nog maar een deel van wat beschikbaar is.

De commissie concludeert dat de aanpak van de Californische onderzoekers interessant is. Een van de belangrijkste uitkomsten is dat *a priori* opvattingen radicaal kunnen veranderen bij nauwkeurige bestudering van de literatuur. In grote lijnen komen de conclusies van het DHS-rapport overeen met die van het IARC, namelijk dat het *mogelijk* is dat ELF magnetische velden een kankerverwekkende werking hebben. De commissie tekent er wel bij aan dat het hier gaat om een oordeel van slechts drie personen. Zij hecht toch meer waarde aan de conclusies van een breed samengestelde groep deskundigen, zoals de groepen die rapporten van het NIEHS, de IARC en de NRPB hebben opgesteld, ondanks alle beperkingen die aan zo'n groepsaanpak kleven.

Ook het DHS-rapport geeft de commissie geen aanleiding haar standpunt over de risico's van blootstelling aan ELF magnetische velden te herzien.

3.3 Blootstelling aan ELF magnetische velden en miskramen

In 2002 zijn twee grootschalige epidemiologische onderzoeken gepubliceerd waarin het risico is onderzocht van een miskraam in relatie tot blootstelling aan ELF magnetische velden^(49,52). Die komen aan bod in paragrafen 3.3.2 en 3.3.3. Maar eerst volgt een kort overzicht van eerder onderzoek.

3.3.1 *Eerder onderzoek*

Eerdere onderzoeken naar de relatie tussen ELF elektrische en magnetische velden en miskramen hebben zich gericht op blootstelling bij beeldschermen in de werkomgeving of het gebruik van een elektrische deken of elektrisch verwarmd waterbed. In vele epidemiologische onderzoeken waarin het verband tussen het gebruik van beeldschermen door zwangere vrouwen en het krijgen van een miskraam is onderzocht, is zo'n verband niet gevonden. Onderzoeken naar de relatie tussen het gebruik van een elektrische deken of elektrisch verwarmd waterbed en het krijgen van een miskraam laten evenmin een consistente relatie zien.

Een belangrijke beperking van het meeste onderzoek is dat een goede schatting van de persoonlijke blootstelling ontbreekt. Vaak is de blootstelling afgeleid uit de mate en duur van gebruik van het beeldscherm of de elektrische deken, waarbij maar in enkele gevallen het elektrische of magnetische veld aan de bron is gemeten. Het gebruik van dit soort blootstellingsmaten leidt waarschijnlijk tot fouten bij het schatten van de werkelijke blootstelling. Ook worden geen andere bronnen in het onderzoek betrokken. Hierdoor neemt de kracht van het epidemiologische onderzoek om een verband te vinden af.

In recente onderzoeken is de blootstelling aan ELF magnetische velden in verschillende omgevingsituaties wél bepaald door middel van meting van de persoonlijke blootstelling gedurende vierentwintig uur. Wat daaruit duidelijk wordt over het risico van een miskraam bespreekt de commissie in de volgende twee paragrafen.

3.3.2 *Het eerste onderzoek in Californië*

Lee en medewerkers voerden een patiënt-controle-onderzoek* uit als onderdeel van een groter onderzoek naar zwangerschap en gezondheid in Californië⁽⁴⁹⁾. Patiënten zijn gedefinieerd als vrouwen met een miskraam voor de twintigste week van de zwangerschap. De controlegroep bestond uit vrouwen die al dertig weken zwanger waren. In de dertigste week zijn bij alle vrouwen vierentwintiguursmetingen van de blootstelling aan ELF magnetische velden verricht met behulp van een persoonlijke blootstellingsmeter. Dit werd aangevuld met een door de deelnemers bijgehouden registratie van de dagelijkse activiteiten.

Als maten voor persoonlijke blootstelling is gekozen voor (1) de tijdgewogen gemiddelde magnetische veldsterkte, (2) de variatie in veldsterkte en (3) de maximale

* In een patiënt-controle-onderzoek wordt een groep personen die aan een bepaalde ziekte lijden vergeleken met een groep controlepersonen die de ziekte niet hebben, maar die in zoveel mogelijk andere opzichten gelijk zijn aan de patiënten. Vervolgens wordt onderzocht of de blootstelling aan een bepaalde blootstellingsfactor tussen beide groepen verschilt. Is dat het geval, dan is dat een aanwijzing dat die factor een mogelijke oorzaak van de ziekte is.

veldsterkte. De blootstelling van de deelnemers werd verdeeld in vier gelijke categorieën (kwartielen), met de blootstelling in de laagste categorie als referentiewaarde. De uiteindelijke onderzoeksgroep bestond uit 155 patiënten en 509 controles. Om te toetsen of de persoonlijke blootstelling in de dertigste week hetzelfde was als in de twaalfde week (het eerste “gevoelige” zwangerschapstrimester), voordat een miskraam optreedt, is een beperkte substudie gedaan. De onderzochte populatie bestond uit een willekeurige steekproef van 531 deelnemers aan het grotere onderzoek. In de substudie is de eerste meting uitgevoerd in de twaalfde week, waarna de deelnemers zijn gevolgd tot in de dertigste week, waarin de tweede meting werd verricht.

Behalve van de persoonlijke blootstellingsmetingen is ook gebruik gemaakt van de *wire-code*^{*} als blootstellingsparameter en zijn metingen verricht van de magnetische veldsterkte aan de voordeur en in de woningen van de deelnemers.

In het onderzoek werd een positief verband gevonden tussen het optreden van miskramen enerzijds en de variatie in magnetische veldsterkte en de maximale magnetische veldsterkte anderzijds. Deze blootstellingsmaten laten een dosis-respons relatie zien tussen blootstelling aan hogere veldsterkten en miskramen. Voor blootstelling aan de maximale veldsterkte in de hoogste categorie (meer dan 3,5 microtesla, μT) werd een significant verhoogd risico (*odds ratio*)^{**} van 2,3 gevonden (95% betrouwbaarheidsinterval: 1,2 - 4,4)^{***}.

Voor de gemiddelde tijdgewogen blootstelling over de meetperiode werd geen statistisch significant positief verband gevonden. In de hoogste blootstellingscategorie, meer dan 0,13 μT , bedraagt het risico 1,7 (betrouwbaarheidsinterval 0,9 - 3,2). Ook een verband met de *wire-code* en de in de woonomgeving gemeten veldsterktes ontbreekt. In de analyse is grondig gekeken naar andere factoren die een mogelijke verklaring kunnen geven voor het gevonden verband.

* De *wire code* is een indeling in een beperkt aantal klassen van het totaal van componenten van het bovengrondse elektriciteitsdistributiesysteem: het aantal draden met hoge en met lage spanning, hun onderlinge positie en de plaats van de transformatoren; dit alles gerelateerd aan de afstand tot een woning. Deze indeling heeft een zekere relatie met de sterkte van het elektromagnetische veld bij de woning.

** De *odds ratio* is de verhouding van de kansen op een bepaalde gebeurtenis van degenen die wel en degenen die niet aan een bepaalde risicofactor (hier ELF elektromagnetische velden) worden blootgesteld. De term wordt gebruikt in patiëntcontrole onderzoek. Indien er sprake is van een zeldzame gebeurtenis, zoals een miskraam, is de *odds ratio* (net zoals het relatief risico bij vervolgonderzoek) op te vatten als de factor waarmee de kans op een miskraam toeneemt bij een bepaalde blootstelling. Een *odds ratio* of relatief risico van 1 betekent dat er geen verhoogd risico op een miskraam is.

*** De onzekerheid rond een gemiddelde waarde wordt gegeven in het 95 procent betrouwbaarheidsinterval, dat de grenzen aangeeft waarbinnen het risico zich met 95 procent zekerheid bevindt. Indien 1 is ingesloten in het betrouwbaarheidsinterval, dan is er een sprake van een statistisch niet-significant verband.

Het onderzoek kent enkele beperkingen. Bij slechts vijftig procent van het aanvankelijke aantal deelnemers zijn persoonlijke blootstellingsmetingen verkregen. De onderzoekers kunnen vertekening door selectie niet geheel uitsluiten. Daarentegen is de verdeling van patiënten en controles waarvan wel blootstellingsmetingen zijn verkregen nagenoeg gelijk (respectievelijk 51 en 48 procent).

Uit de substudie blijkt een zwakke correlatie tussen de blootstellingsmetingen in de twaalfde en de dertigste week. Vooral de correlatie voor de maximum veldsterkte en de variatie in de veldsterkte scores met 0,09 en 0,19 slecht, terwijl de correlatie voor de blootstelling aan de tijdgewogen gemiddelde veldsterkte beter is (0,64). Gezien deze zwakke correlaties zijn de in het onderzoek aangenomen waarden voor maximum veldsterkte en variatie in veldsterkte onbetrouwbaar.

3.3.3 *Het vervolgonderzoek*

De onderzoeksresultaten van Lee⁽⁴⁹⁾ vormden de aanleiding voor een vervolgonderzoek door Li en medewerkers, waarin 2729 zwangere vrouwen (met een bewezen zwangerschapsduur van tien weken of minder) benaderd werden⁽⁵²⁾. Van dit aantal hebben 1380 vrouwen ingestemd om mee te doen met het onderzoek.

Met behulp van persoonlijke interviews zijn gegevens verkregen over mogelijke risicofactoren voor het krijgen van een miskraam en andere mogelijke versturende factoren. Na het interview zijn de vrouwen uitgerust met een persoonlijke blootstellingsmeter voor het meten en registreren van de blootstelling aan ELF magnetische velden gedurende vierentwintig uur. Tevens hebben de deelnemers een dagboekje bijgehouden van de dagelijkse activiteiten gedurende de meetperiode. Daarnaast zijn, meer uitgebreid dan in het onderzoek van Lee, metingen verricht in en om de woning en is de *wire-code* vastgesteld. Bruikbare gegevens zijn verkregen van 969 vrouwen (39 procent van het oorspronkelijke aantal benaderde zwangere vrouwen).

Als blootstellingsmaten zijn gebruikt (1) de tijdgewogen gemiddelde blootstelling (met een vooraf gekozen afkappunt van 0,3 μT) en (2) de maximale magnetische veldsterkte (met een achteraf gekozen afkappunt van 1,6 μT). Een belangrijke verbetering ten opzichte van het eerdere onderzoek is dat nu de bepaling van de blootstelling plaats vond vóór de miskraam.

Uit de resultaten van het onderzoek bleek dat het risico van een miskraam toenam bij hogere maximale magnetische veldsterkten met een drempel rond 1,6 μT . Het relatieve risico (RR) bedroeg 1,8 (95 procent betrouwbaarheidsinterval 1,2 - 2,7). Het verband was sterker voor vroege miskramen (binnen tien weken zwangerschap) (RR = 2,2; 95 procent betrouwbaarheidsinterval 1,2 - 4,0) en voor vrouwen met een voorgeschiedenis van meerdere miskramen of verminderde vruchtbaarheid (RR = 3,1; 95% betrouwbaarheidsinterval 1,3 - 7,7). Uitsluiting van vrouwen met een voor hen niet gebruikelijk

activiteitenpatroon gedurende de meetperiode leidde tot een sterker verband tussen blootstelling aan maximale magnetische veldsterkten (van meer dan 1,6 μT) en het krijgen van een miskraam. Er is geen verband gevonden met de tijdgewogen gemiddelde blootstelling, de omgevingsmetingen of met de *wire code*.

Een beperking van het onderzoek is het relatief lage aantal deelnemers: 39 procent van het aanvankelijke aantal kandidaat-deelnemers, al zijn de auteurs van mening dat dit niet samenhangt met blootstelling aan maximale magnetische veldsterkten. Een ander punt van discussie is de vraag of de vierentwintiguursmeting representatief is voor de relevante zwangerschapsperiode. De auteurs merken op dat fouten bij het inschatten van de blootstelling aan magnetische velden de gevonden associatie echter hooguit zouden verzwakken.

3.3.4 *Commentaar van de commissie*

Een sterk punt van beide epidemiologische onderzoeken is het gebruik van persoonlijke blootstellingsmetingen voor het bepalen van de blootstelling aan ELF magnetische velden. Immers, die blootstelling hangt nauw samen met dagelijkse activiteiten en de variatie daarin. Savitz merkt echter op dat de persoonlijke blootstellingsmetingen en de daarvan afgeleide blootstellingsmaten toch ook mogelijke inschattingfouten van de blootstelling met zich meebrengen, omdat gedragskenmerken nauw verweven zijn met de blootstelling aan magnetische velden⁽⁶⁶⁾. In het onderzoek van Lee wordt een verhoogd risico op miskramen in verband gebracht met de maximale veldsterkte en de variabiliteit in veldsterkte⁽⁴⁹⁾. Daarbij is de persoonlijke blootstelling gemeten in de dertigste week, zowel bij de zwangere vrouwen als bij de vrouwen die een miskraam hadden. Savitz merkt op dat de grotere mobiliteit van de niet-zwangere vrouw de kans vergroot om bronnen tegen te komen met een hogere magnetische veldsterkte, waardoor de maximale veldsterkte en de variatie in veldsterkte groter is. Het is de vraag of deze blootstellingsmaten dan gebruikt mogen worden om het risico op een miskraam te verklaren, temeer daar de correlatie tussen deze twee blootstellingsmaten zoals gemeten in de twaalfde en de dertigste week, slecht is.

Vergelijkbare vragen kunnen worden gesteld bij de vervolgstudie van Li⁽⁵²⁾. Het is bekend dat het uitblijven van misselijkheid in de vroege zwangerschap een risicofactor is voor een miskraam^(18,19,70). Dit blijkt ook uit het onderzoek van Li. Savitz acht niet uitgesloten dat misselijkheid de mobiliteit van de zwangere vrouw vermindert, waardoor de kans op contact met bronnen met hogere magnetische veldsterkten kleiner is dan van de zwangere die niet misselijk is. Kortom, het uitblijven van misselijkheid kan de verklarende factor zijn voor het verband tussen magnetische velden en miskramen. Een nadere analyse van Li in reactie op het commentaar van Savitz laat echter zien dat mis-

selijkheid als symptoom gelijk verdeeld is over de groep zwangeren met hoge blootstelling (maximale magnetische veldsterkte $> 1,6 \mu\text{T}$) en de groep zwangeren met lage blootstelling (maximale magnetische veldsterkte $< 1,6 \mu\text{T}$)⁽⁵¹⁾.

In de in 3.2.2 besproken evaluatie in het kader van het Californische *EMF Program* is ook het risico van miskramen door blootstelling aan ELF magnetische velden geëvalueerd. Daarbij zijn tien beeldscherm-onderzoeken, drie onderzoeken met elektrische dekens en de twee hier besproken onderzoeken met persoonlijke blootstellingsmetingen in beschouwing genomen. De drie onderzoekers die de evaluatie opstelden oordelen allen dat er een mogelijk verband is tussen blootstelling aan ELF velden en miskramen. Wel tekent de commissie aan dat twee van de drie reviewers (Lee en Neutra) zelf uitvoerder zijn van een van de twee onderzoeken met persoonlijke blootstellingsmetingen.

De recente onderzoeken brengen (opnieuw) de vraag onder de aandacht of er sprake is van een verband tussen blootstelling aan ELF magnetische velden en miskramen. Op basis van de huidige gegevens kan echter geen conclusie getrokken worden over een eventuele oorzaak-gevolg relatie. Meer prospectief epidemiologisch onderzoek, met veel aandacht voor meting van de blootstelling, is nodig om uitsluitsel te geven of hier sprake is van een consistent verband. Daarnaast dient ook onderzoek verricht te worden naar een mogelijk werkingsmechanisme van de invloed van ELF magnetische velden op de zwangerschap.

Ontwikkelingen op het gebied van radiofrequente velden

4.1 Inleiding

Wat is in de verslagperiode bekend geworden over de mogelijk schadelijke gezondheidseffecten van radiofrequente velden? En wat is het oordeel van de commissie over deze nieuwe informatie? Die vraag staat centraal in dit hoofdstuk. Eerst bespreekt de commissie in paragraaf 4.2 kort de belangrijkste nieuwe technische ontwikkelingen. Vervolgens worden gegevens uit uiteenlopende bronnen besproken: berichten uit de populaire pers over mobiele telefonie in afgesloten ruimtes (paragraaf 4.3) en over communicatiesystemen die bij de hulpdiensten worden gebruikt (paragraaf 4.4), gegevens uit proef-dieronderzoek (paragraaf 4.5) en gegevens uit epidemiologisch onderzoek (paragraaf 4.6).

4.2 Implicaties van nieuwe technieken

4.2.1 UMTS

De mobiele diensten van de tweede generatie (2G, GSM) zullen in de komende twee jaar aangevuld en uitgebreid worden met derde-generatie (3G) diensten (UMTS). Daarmee kan behalve spraak ook video informatie worden overgezonden met snelheden van 64 tot circa 400 kbit/s. Het netwerk voor deze diensten zal bestaan uit een groter aantal basisstations dan bij GSM, maar met elk kleinere verzorgingsgebieden. In steden moet men daarbij denken aan kleine basisstations tegen de gevels van gebouwen of aan lan-

taarnpalen, met een dekkingsgebied van enkele honderden meters (zogenoemde picocellen). De veldsterktebelasting door UMTS-antennes zal in het algemeen kleiner zijn dan die door GSM-antennes, aangezien bij UMTS de veldsterkte 'gedoseerd' kan worden voor het gebied waar de gebruikers zich bevinden. Het opzetten van een 3G-netwerk naast het bestaande 2G netwerk betekent uiteraard wel een toename van de totale veldsterkte.

4.2.2 *Draadloze netwerken*

De komende twee jaar zullen waarschijnlijk ook een snelle uitbreiding te zien geven van de draadloze netwerken (*Wireless Local Area Network* of WLAN) voor computersystemen en voor toegang tot Internet. Deze netwerkapparatuur is nu in de handel onder namen zoals WiFi en Wavelan. De huidige generatie (11 Mbit/s) maakt gebruik van de 2,5 GHz-band, terwijl nieuwe breedbandsystemen (56 Mbit/s) op 5,8 GHz zeer binnenkort op de markt zullen verschijnen. Behalve voor gebruik binnenshuis worden deze systemen nu ook in toenemende mate aangeboden voor publieke mobiele Internet toegang voor computers en PDA's (*Personal Digital Assisents*) in *hot spots* zoals hotels, stations, vliegvelden, industriegebieden en winkelcentra. Het bereik van de toegangspunten in deze systemen is 50 - 100 m. De opgewekte veldsterktes zijn vergelijkbaar met die van de 2G- en 3G telecommunicatiediensten.

4.2.3 *Draadloze randapparatuur*

Naast deze netwerken die met name gericht zijn op draadloze toegang tot Internet en onderlinge communicatie van computers, zal ook draadloze randapparatuur waarschijnlijk een grote vlucht gaan nemen. De computermuis, het toetsenbord, het beeldscherm, de interactieve *tablet*, de PDA, de GSM-telefoon en andere apparaten zullen steeds meer draadloos worden verbonden met elkaar en met de computer.

Dit gebeurt dan met behulp van technieken als Bluetooth. Bluetooth richt zich op het draadloos verbinden van (kleine) apparaten over een korte afstand (tot tien meter) via een enkele radiochip. Naast het gebruik in draadloze computernetwerken en mobiele communicatie is Bluetooth geschikt voor een groot aantal andere toepassingen, zoals het op afstand besturen van huishoudelijke apparatuur of het lezen van gegevens daarvan (wasmachine, magnetron, koelkast, TV-toestel, alarmsysteem, enzovoorts). Het vermogen van deze zeer kleine radiozenders is gering (enkele milliwatt) en de actuele zendtijd zal zeer kort zijn. Hoewel er mogelijk een groot aantal van dergelijke zendertjes actief zal worden, valt daarom niet te verwachten dat deze technieken een noemenswaardige toename van de stralingsbelasting zullen veroorzaken.

4.2.4 Scanners

Tenslotte moet nog genoemd worden de opkomst van de techniek voor ‘intelligente’ labels die gebruik maakt van micro-radiotransponders in bijvoorbeeld de frequentiebanden 900 MHz en 2,5 GHz. De *RF-ID tags* zijn in wezen elektronische barcodes die worden geactiveerd door een radio scanner op korte afstand (van enkele centimeters tot enkele meters). Het benodigde vermogen voor de scanners zal zeer laag zijn en hun aantal relatief gering (winkelkassa's, magazijnen, incheckbalies e.d.). Er zal dan ook geen noemenswaardige stralingsbelasting optreden, ook niet op korte afstand.

4.3 Mobiele telefoons in afgesloten ruimtes

In mei 2002 verschenen er berichten in de media ^(9,23) dat het gebruik van mobiele telefoons door meerdere mensen tegelijk in afgesloten ruimtes, zoals treincoupés, liften en auto's, zou kunnen leiden tot overschrijding van de door de *International Commission for Non-ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) voorgestelde blootstellingslimieten ⁽⁴⁶⁾. Deze veronderstelling was geuit door een Japanse onderzoeker, Hondou ⁽⁴⁰⁾. Het effect zou kunnen leiden tot mogelijk voor de gezondheid schadelijke situaties en derhalve zouden maatregelen genomen moeten worden om het gebruik van mobiele telefoons in dergelijke ruimtes te beperken.

Door Toropainen is kritiek geuit op verscheidene aannames in de berekeningen van Hondou en zijn verbeterde berekeningen uitgevoerd ⁽⁷¹⁾. Daarbij is absorptie van straling door meubilair en wandbekleding en stralingsverlies door ramen en deuren niet in aanmerking genomen en werd ervan uit gegaan dat de mobiele telefoons continu op vol vermogen uitzonden. De situatie in werkelijkheid zal dus altijd gunstiger zijn dan in deze berekeningen.

Toropainen berekende hoeveel mobiele telefoons er in een bepaalde ruimte nodig zijn om de door ICNIRP gegeven referentiewaarden (elektrische en magnetische veldsterktes) of de basisbeperkingen (SAR-waarden) te overschrijden. * Voor 900 MHz en 1800 MHz GSM-telefoons varieerde dat van 440 tot 3200 telefoons in treincoupés, van 80 tot 640 telefoons in een lift en van 20 tot 160 telefoons in een auto. In alle gevallen dus aanzienlijk hogere aantallen dan feitelijk in dergelijk ruimtes aanwezig kunnen zijn.

De commissie is van mening dat de berekeningen van Toropainen correct zijn en concludeert dat zelfs in de meest ongunstige situaties het gebruik van mobiele telefoons in besloten ruimtes niet tot overschrijding van de ICNIRP blootstellingslimieten kan leiden.

4.4 Nieuw communicatiesysteem voor hulpdiensten, C2000 (TETRA)

In Nederland en andere Europese landen maken de hulpdiensten (politie, brandweer, ambulance) gebruik van verschillende communicatiesystemen. Daardoor is communicatie tussen de hulpdiensten alleen op indirecte wijze mogelijk, door middel van tussenkomst van de centrale. De capaciteit en kwaliteit van de huidige systemen zijn bovendien niet meer toereikend. Dit waren enkele jaren geleden al redenen voor het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijkrelaties (BZK) om, in samenwerking met diverse andere Europese landen, te kiezen voor een nieuw telecommunicatiesysteem voor de hulpdiensten. Er is een standaard ontwikkeld voor een digitaal systeem: TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*). Deze standaard wordt door alle deelnemende landen gebruikt en daarmee is ook grensoverschrijdende communicatie mogelijk. In Nederland vormt TETRA de basis voor het C2000 systeem. Het Ministerie van BZK is thans druk doende dit systeem in Nederland op te zetten.**

In Engeland en Wales is beroering ontstaan onder politieambtenaren over het gebruik van TETRA-apparatuur. Enkele honderden politiemensen schrijven een scala van gezondheidsklachten toe aan de elektromagnetische velden van de nieuwe portofoons. De onrust wordt nog gevoed door twee rapporten. Een daarvan is in opdracht van de Engelse politiebonden opgesteld door Trower⁽⁷²⁾. Het andere, waaruit Trower het grootste deel van zijn informatie uit heeft betrokken, is van de hand van Hyland⁽⁴²⁾. Dat rapport bevat naar het oordeel van de commissie twijfelachtige stellingen en conclusies ten aanzien van effecten van met name gepulste radiofrequente elektromagnetische velden op de gezondheid. Deze gedachten van Hyland over de effecten van elektromagnetische velden op de mens zijn al eerder onderwerp van ernstige kritiek geweest, bijvoorbeeld door wetenschappers verenigd in COST (*European Cooperation in the*

* In de blootstellingslimieten die zijn voorgesteld door de Gezondheidsraad^(26,27), ICNIRP⁽⁴⁶⁾ en de Raad van de Europese Gemeenschappen⁽⁵⁹⁾ worden twee typen limieten onderscheiden. De basisbepalingen zijn de eigenlijke blootstellingslimieten. Dit zijn waarden voor grootheden die direct betrekking hebben op processen die in een organisme tot gezondheidsschade kunnen leiden. Voor het gebied van de radiofrequenties zijn als basisbepalingen gedefinieerd de *Specific Absorption Rate* (SAR) voor frequenties tot 10 GHz en de vermogensdichtheid van het elektromagnetische veld voor frequenties van 10 tot 300 GHz. Het relevante biologische effect is opwarming van het organisme. De SAR is een maat voor de snelheid van opname van elektromagnetische energie in het lichaam, en is daarmee een maat voor de omzetting van deze energie in warmte en daarmee voor de opwarming. De SAR is in de praktijk lastig direct te bepalen. Daarom zijn van de basisbepalingen de zogenoemde referentiewaarden afgeleid. Dat zijn waarden voor het elektrische en magnetische veld dat aanwezig is op de plaats van de blootstelling in afwezigheid van het blootgestelde object. Deze veldsterkten zijn relatief eenvoudig te meten. De referentiewaarden zijn een hulpmiddel om te bepalen of aan de eigenlijke blootstellingslimieten, de basisbepalingen, wordt voldaan.

** Zie bijvoorbeeld <http://www.c2000.nl/>.

field of Science and Technology) actie 281: *Potential Health Implications from Mobile Communication Systems* ⁽¹⁴⁾.

Publicaties over genoemde rapporten en de gedachten daarin hebben ook in Nederland geleid tot verontrusting bij de potentiële gebruikers van het C2000 systeem. De theorieën van Hyland berusten echter niet op wetenschappelijk onderzoek.

Een van de belangrijkste argumenten die Hyland aanvoert, is dat het TETRA-signaal bepaalde hersenfuncties kan beïnvloeden, omdat het niet continu maar gepulst wordt uitgezonden, en de puls-frequentie overeenkomt met de frequentie van natuurlijke hersenactiviteit. Die redenering klopt echter niet en de commissie heeft hierover in het advies *Mobiele telefoons* al het een en ander gezegd ⁽²⁴⁾. Zij herhaalt hier in het kort waar het om gaat.

Zoals bekend, functioneren de hersenen door middel van chemische en elektrische processen. Die elektrische activiteit kan worden gemeten en dan blijkt dat er bepaalde vaste golfpatronen te onderscheiden zijn. De frequenties van die natuurlijke hersengolven liggen tussen 1 en 60 Hz. De basisfrequentie van TETRA ligt rond de 390 MHz. Dat basissignaal wordt echter niet continu uitgezonden, maar in kleine hoeveelheden tegelijk. Net als bij het GSM-signaal is het TETRA signaal opgedeeld in *frames*, die weer zijn verdeeld in een aantal tijdsloten. Per tijdslot wordt de informatie van één gesprek behandeld. In het geval van TETRA is de lengte van een *frame* 56,7 milliseconden en bevat elk *frame* vier tijdsloten van elk 14,2 milliseconden. Elke 56,7 milliseconden wordt dus een “pakket” van 14,2 milliseconden verzonden. Per seconde worden derhalve 17,6 van dergelijke pakketjes verstuurd: de puls-frequentie is 17,6 Hz.

In het advies *Mobiele telefoons* heeft de commissie aangegeven dat het effect van een degelijke pulsmodulatie is, dat er naast de hoofdfrequentie zijbandfrequenties ontstaan die in dit geval op een afstand van 17,6 Hz van de hoofdfrequentie liggen. Dus het totale signaal bestaat in principe uit een mix van 389,9999824 MHz, 390 MHz, 390,0000176 MHz, enzovoort. Het is dus onjuist om, zoals Hyland en Trower, te stellen dat er een 17,6 Hz-signaal in het TETRA-signaal zit en dat daardoor bijvoorbeeld de gemoedstoestand of de alertheid negatief beïnvloed kunnen worden. Er zijn geen aanwijzingen dat de hersenen in staat zijn om op een of andere manier een laagfrequente component uit het complexe TETRA-signaal te extraheren.

Het is speculatief om te veronderstellen dat de werking van de pulsering van het TETRA-signaal eenzelfde effect heeft op epileptici als lichtflitsen. Inderdaad zijn licht en TETRA-signalen beide een vorm van elektromagnetische velden. Maar het lichaam heeft voor de ene een ontvanger – het oog – en voor de andere niet. Er zijn geen wetenschappelijke aanwijzingen dat mensen het deel van het elektromagnetische spectrum met lagere frequenties dan die van de infrarood (warmte) straling kunnen waarnemen.

De ideeën van Hyland geven al met al geen juist beeld van de wetenschappelijke stand van zaken. Trower gaat nog verder door een groot aantal ziekten en afwijkingen toe te schrijven aan blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden in het algemeen, en TETRA-signalen in het bijzonder. De commissie acht dit een kwalijke gang van zaken. Onder degelijke omstandigheden is het niet verwonderlijk dat mensen zich zorgen gaan maken en elke klacht die ze – mede daardoor – krijgen, toeschrijven aan de nieuwe apparatuur.

De commissie benadrukt dat de blootstelling als gevolg van gebruik van C2000-apparatuur in alle gevallen onder de door haar in eerdere adviezen gegeven limietwaarden (en onder die van ICNIRP) blijft ^(27,46). Onderzoek van TNO heeft uitgewezen dat dit zowel voor draagbare als vast opgestelde apparatuur en antennes geldt ^(11,12). De commissie onderschrijft daarom ten volle de conclusies van TNO en de Engelse *National Radiological Protection Board* ⁽⁵⁶⁾ dat het gebruik van TETRA-apparatuur volgens de huidige maatstaven veilig is en dat er geen redenen zijn om aan te nemen dat er zich andere, vooral nog onbekende gezondheidseffecten voor zouden kunnen doen.

4.5 Proefdieronderzoek

4.5.1 Invloed op de bloed-hersenbarrière

In het advies *Mobiele telefoons* ⁽²⁴⁾ heeft de commissie een kort overzicht gegeven van de wetenschappelijke gegevens over een mogelijke invloed van radiofrequente elektromagnetische velden op de bloed-hersenbarrière.* Zij concludeerde toen dat onderzoek uit de jaren zeventig en tachtig aanwijzingen leek te geven voor een invloed van gepulste radiofrequente elektromagnetische velden op de permeabiliteit van de bloed-hersenbarrière bij proefdieren, maar dat dit door later onderzoek niet is bevestigd. In twee onderzoeken van de groep van Salford uit Zweden werd echter een invloed gevonden bij zeer lage SAR-waarden van rond 1 mW/kg. Daarbij was het effect bij continue velden groter dan bij gepulste velden ^(58,62). Voor deze bevindingen is tot op heden geen bevredigende verklaring gevonden.

Finnie rapporteerde in 2001 over bepaling van de permeabiliteit van de bloed-hersenbarrière bij muizen die als niet-genetisch gemodificeerde controles waren blootgesteld in het onderzoek van Utteridge (zie 4.2.2) ^(20,74). Blootstelling vond plaats aan 900 MHz GSM-achtige elektromagnetische velden met SAR's van 0,25, 0,5, 1,0, en 4,0 W/kg (gemiddeld over het lichaam) gedurende één uur per dag, vijf dagen per week en 104

* De bloed-hersenbarrière is een door een aaneengesloten laag cellen gevormde hydrofobe barrière tussen het inwendige van de bloedvaten en het omringend zenuwweefsel in de hersenen, die in het algemeen ondoordringbaar is voor in water oplosbare stoffen.

weken lang. In geen enkel geval werd een verandering van de permeabiliteit van de bloed-hersenbarrière gevonden.

In februari 2003 kreeg een nieuw onderzoek van de groep van Salford over effecten op de bloed-hersenbarrière nogal wat aandacht in de media ⁽⁶³⁾. Met name de suggestie die in het artikel gedaan wordt dat veelvuldig gebruik van mobiele telefoons door kinderen wellicht kan leiden tot Alzheimerachtige klachten op relatief jonge leeftijd werd breed uitgemeten. Dit onderzoek voldoet echter in vele opzichten niet aan de wetenschappelijke kwaliteitseisen die aan onderzoek gesteld dienen te worden en die de commissie bij herhaling in haar adviezen heeft opgesomd ⁽²⁴⁻²⁶⁾. Adair heeft overtuigend geargumenteed dat essentiële gegevens in het artikel ontbreken ⁽⁴⁾. Zo zijn gegevens over metingen van de veldsterkte waaraan de proefdieren waren blootgesteld, over de dosimetrie en over essentiële onderdelen van de blootstellingscondities niet vermeld. Daardoor kan niet worden vastgesteld wat de SAR in de hersenen is geweest. Onduidelijkheden zijn er ook over de wijze van vaststellen van neurologische schade, zowel aan het gedrag van de dieren tijdens de *follow-up* periode (die met circa vijftig dagen trouwens aan de korte kant is), als met behulp van histopathologie. Het artikel, kortom, heeft ernstige wetenschappelijke tekortkomingen.

Hossman en Herman concluderen in een recent overzichtsartikel ⁽⁴¹⁾ dat de neuropathologische relevantie van een verhoogde doorlaatbaarheid van de bloed-hersenbarrière waarschijnlijk gering is. Bovendien verdwijnen de effecten snel na stopzetting van de blootstelling.

Dit alles overwegende blijft de commissie bij het standpunt dat zij formuleerde in het advies *Mobiele telefoons* ⁽²⁴⁾ dat effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden op de bloed-hersenbarrière niet wetenschappelijk zijn vastgesteld. Er vindt momenteel nog verder onderzoek plaats naar dergelijke effecten.

4.5.2 *Kankerverwekkendheid*

Eerdere uitspraken

In het advies *Mobiele telefoons* heeft de commissie een overzicht gegeven van de destijds voorhanden zijnde gegevens over de mogelijke invloed van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden zoals toegepast bij mobiele telefonie op het ontstaan of de ontwikkeling van kanker ⁽²⁴⁾. De conclusie was toen dat er geen aanwijzingen waren voor dergelijke effecten, met uitzondering van het onderzoek van Repacholi naar de incidentie van lymfekliertumoren ⁽²⁾. De commissie gaf destijds aan dat er enkele replicaties van dat onderzoek gaande waren. Eén daarvan is in de loop van 2002 gepubliceerd en heeft in de wetenschappelijke wereld nogal wat stof doen

opwaaien. De commissie acht het daarom van belang dit onderdeel te beginnen met een uitgebreide bespreking van dit nieuwe onderzoek en de vergelijking ervan met het oudere onderzoek van Repacholi. Daarna worden andere recente onderzoeken naar carcinogenese kort behandeld.

Lymfekliertumoren in genetisch gemodificeerde muizen

In 1997 publiceerde Repacholi de resultaten van een onderzoek waarbij blootstelling van muizen aan een 900 MHz GSM-achtig signaal leidde tot een toename van het aantal gevallen van lymfekliertumoren⁽⁶¹⁾. De muizen waren zodanig genetisch gemodificeerd dat zij ten opzichte van niet-gemodificeerde dieren vaker spontaan deze tumoren ontwikkelden.

Dit onderzoek wordt regelmatig aangevoerd als een van de sterkste aanwijzingen dat langdurige blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden afkomstig van mobiele telefoons de ontwikkeling van kanker kan bevorderen. Er is echter een aantal bezwaren aan te voeren tegen de opzet en uitvoering van dit onderzoek, waardoor die conclusie toch niet zonder meer kan worden getrokken. Zo konden de dieren zich tijdens de blootstelling vrij bewegen in hun kooien, waardoor het onmogelijk was de SAR waarde voor elke individuele muis te bepalen. Die waardes konden liggen tussen 0,008 en 4,2 W/kg. Bovendien kan niet worden uitgesloten dat er plaatselijk gebieden met een verhoogde temperatuur zijn ontstaan doordat de dieren tegen elkaar aan lagen. Een ander probleem is, dat bij de dieren die aan het eind van de achttien maanden dat het onderzoek duurde nog in leven waren, niet door middel van histopathologie is gecontroleerd of zij inderdaad vrij waren van tumoren. Met name in de controlegroep waren nog veel dieren in leven, waarvan een deel wellicht een nog niet manifeste tumor droeg. Dit kan een vertekening van de resultaten geven, die echter niet meer is na te gaan.

Nadat het onderzoek van Repacholi was gepubliceerd, zijn diverse initiatieven ontwikkeld om replicaties uit te voeren, onder meer in Italië en Australië. Het Italiaanse onderzoek is nog niet afgerond. Het Australische onderzoek wel; de resultaten zijn in 2002 gepubliceerd door Utteridge⁽⁷⁴⁾. Die publicatie heeft echter veel kritiek opgewekt en tot diverse reacties geleid^(28,29,48,50). De originele publicatie bevat inderdaad vele onduidelijkheden en tegenstrijdigheden, die deels in het antwoord van de auteurs op de brieven zijn rechtgezet⁽⁷³⁾. De commissie is het eens met de opvatting dat het onderzoek van Utteridge niet als een replicatie van dat van Repacholi beschouwd kan worden. De opzet van beide studies verschilt daarvoor te veel, deels door de verbeteringen in de blootstellingsopstelling.

In het onderzoek van Utteridge werden ten eerste, in tegenstelling tot in het onderzoek van Repacholi, de dieren in plastic kokers geplaatst. Daardoor kon voor elk dier

individueel de SAR worden bepaald. Mogelijk leidde de beperking van de bewegingsvrijheid echter tot stress, die weer een eventuele reactie op de blootstelling zou kunnen beïnvloeden ⁽⁴⁸⁾. Uit een aanvullende rapportage door Utteridge bleek er echter geen verschil te zijn in het aantal lymfekliertumoren dat ontstond in dieren die wel in de kokers werden geplaatst maar niet werden blootgesteld, en dieren die in de kooien bleven ⁽⁷³⁾.

Een ander belangrijk verschil tussen beide onderzoeken is het blootstellingsschema. In het onderzoek van Repacholi werden de dieren twee maal per dag op een vaste tijd gedurende een half uur blootgesteld, zeven dagen per week, gedurende achttien maanden. In het onderzoek van Utteridge vond om logistieke redenen blootstelling maar eenmaal per dag plaats, gedurende een uur, in de ochtend op niet nader omschreven tijden. In de weekeinden en op nationale feestdagen werd er niet blootgesteld. De totale periode van blootstelling was vierentwintig maanden. Alleen al vanwege dit verschil kan het tweede onderzoek niet als replicatie van het eerste worden beschouwd.

Een derde belangrijk verschil is de incidentie van lymfekliertumoren bij de niet-blootgestelde controles op het tijdstip van de eindanalyse van de gegevens. In het onderzoek van Repacholi was die aan het eind van de achttien maanden circa 28 procent, in het onderzoek van Utteridge na vierentwintig maanden circa 75 procent, terwijl na achttien maanden de incidentie circa 20 procent was. Hoewel het er dus op lijkt dat de incidentie in beide onderzoeken redelijk overeenkomt, is een vergelijking toch niet goed mogelijk. De incidentie in het eerste onderzoek kan namelijk een onderschatting zijn, omdat de overlevende dieren niet zijn onderzocht. Daarnaast is het niet duidelijk hoe in het tweede onderzoek de dieren die na achttien maanden tumoren ontwikkelden en dus op dat tijdstip al wel niet-manifeste tumoren hadden kunnen hebben, in die tussentijdse incidentie zijn verwerkt. In ieder geval biedt een incidentie van 75 procent weinig mogelijkheden om een invloed van blootstelling vast te stellen. Daarom hecht de commissie ook niet veel waarde aan de getallen die Utteridge geeft voor de incidentie op vierentwintig maanden na het begin van de blootstelling (tabel 1 in de publicatie van Utteridge ⁽⁷⁴⁾). De uit de incidentie berekende risicogetallen (*odds ratio's*), die zijn weergegeven in figuren 3 en 4 in dezelfde publicatie ⁽⁷⁴⁾, zijn in het geheel niet te interpreteren, omdat de bij deze figuur gegeven aantallen ook nog eens verschillen van die in genoemde tabel 1. De commissie hecht alleen waarde aan de overlevingscurves zoals de onderzoekers die geven na correctie van de figuren in hun reactie op commentaar op hun oorspronkelijke publicatie ⁽⁷³⁾. Hieruit blijkt geen effect van blootstelling met SAR's variërend van 0,25 - 4 W/kg op de overleving.

De commissie concludeert dat het onderzoek van Utteridge geen replicatie is van dat van Repacholi, maar zelfstandig beoordeeld moet worden. Dan is de conclusie dat bij deze genetisch gemodificeerde muizenstam het patroon van overleving niet wordt beïn-

vloed door blootstelling gedurende een uur op werkdagen aan een circa 900 MHz GSM-sig-naal dat resulteert in SAR-waardes van 0,15 - 4 W/kg.

Overige recente onderzoeken naar lymfomen en andere tumoren

Er zijn recent ook nog enkele andere laboratoriumonderzoeken uitgevoerd naar de invloed op lymfomen of andere tumoren van blootstelling aan radiofrequente elektro-magnetische velden zoals gebruikt in mobiele telecommunicatie.

Zook en Simmens onderzochten in ratten primair het effect van continue of gepulste 860 MHz elektromagnetische velden op het ontstaan van hersentumoren en op de ont-wikkeling van chemisch geïnduceerde hersentumoren ⁽⁷⁶⁾. Alle dieren werden na afloop van het experiment histopathologisch onderzocht en daarbij is ook gekeken naar andere dan hersentumoren, waaronder lymfomen. Blootstelling vond plaats gedurende zes uur per dag, vijf dagen per week, vanaf de leeftijd van twee tot aan vierentwintig maanden. De gemiddelde SAR in de hersenen was 1 W/kg en voor de rest van het lichaam 0,27 – 0,42 W/kg. De onderzoekers vonden geen effect, behalve dat in de groep die de hoogste dosis chemicaliën had ontvangen en was blootgesteld aan gepulste velden meer hersen-tumoren voorkwamen dan bij controles. Het verschil was echter niet significant. Er kan dus niet worden geconcludeerd dat er een effect is. Uit de gegevens blijkt bovendien geen verschil tussen beide controlegroepen, dus geen effect van het zes uur in een plastic koker vastzitten. De auteurs melden ook op grond van gedragsobservaties dat de dieren snel gewend waren aan het langdurig vastzitten.

Heikkinen bestudeerde de invloed van blootstelling aan continue velden zoals opge-wekt door (analoge) NMT-telefoons en van gepulste GSM-achtige signalen op de ont-wikkeling van door ioniserende straling opgewekte tumoren, waaronder lymfomen ⁽³⁸⁾. Blootstelling vond plaats aan 900 MHz bij een SAR van 1,5 W/kg (NMT) of 0,35 W/kg (GSM), gedurende anderhalf uur per dag, vijf dagen per week en 78 weken. Gedurende de blootstelling bevonden de dieren zich in plastic kokers. Alle dieren werden histopa-thologisch onderzocht. Er werd voor geen enkel type tumor een significante invloed van blootstelling aan elektromagnetische velden gevonden.

Een veelgebruikt methode om borsttumoren bij ratten op te wekken is het toedienen van de chemische stof dimethylbenz[a]anthraceen (DMBA). Bartsch heeft met dit model onderzocht wat de invloed is van een 900 MHz GSM-sig-naal op de tumorontwik-keling ⁽⁸⁾. De dieren werden direct na toediening van DMBA in hun kooien continu blootgesteld met SAR waardes van 0,018 - 0,07 W/kg, totdat bijna alle dieren een tumor hadden ontwikkeld (na ongeveer een jaar). In drie opeenvolgende experimenten werd geen effect op het tijdstip van ontstaan of de snelheid en aard van de ontwikkeling van mammatumoren gevonden.

In twee andere onderzoeken is het effect van blootstelling aan elektromagnetische velden op huidtumoren bestudeerd. Imaida gebruikte een model waarin bij muizen huidtumoren worden opgewekt door behandeling met DMBA ⁽⁴⁴⁾, waarna behandeling met een tweede agens volgt met als doel te onderzoeken of dit als tumor-promotor kan werken. Een week na DMBA-toediening werden de dieren blootgesteld aan een 1,5 GHz signaal zoals gebruikt bij mobiele telefonie in Japan. Deze blootstelling vond plaats gedurende anderhalf uur per dag, vijf dagen per week en negentien weken. De SAR was 2 W/kg op de huid en gemiddeld over het lichaam 0,084 W/kg. Gedurende de blootstelling bevonden de dieren zich in plastic kokers. Na afloop van deze in totaal twintig weken durende behandeling werden de dieren gedood en de tumoren histologisch onderzocht. Behandeling met alleen DMBA resulteerde in tumoren bij 3 procent (1/30) van de dieren. Als positieve controle is een eenmalige behandeling met de tumorpromotor tetradecanoylforbolacetaat (TPA) toegepast. Deze resulteerde in een tumorincidentie van 97 procent (29/30). De incidentie in de aan elektromagnetische velden blootgestelde dieren en in de gesimuleerd blootgestelde dieren was 0 procent (0/48). De conclusie is dat de blootstelling aan elektromagnetische velden geen effect heeft op de ontwikkeling van door DMBA geïnduceerde huidtumoren.

Het tweede onderzoek met huidtumoren werd verricht door Heikkinen ⁽³⁷⁾. Hierin was blootstelling aan UV-straling de initiërende factor. Gedurende 52 weken werden de dieren drie maal per week aan UV-straling blootgesteld en vijf dagen per week gedurende anderhalf uur per dag aan gepulste elektromagnetische velden: 849 MHz velden zoals gebruikt bij *Digital Advanced Mobile Phone Systems* of 902 MHz GSM-velden. De gemiddelde SAR op het aan UV-straling blootgestelde gedeelte van de huid was 0,3 - 0,4 W/kg. Zowel wildtype muizen als dieren die genetisch waren gemodificeerd om het enzym ornithine decarboxylase verhoogd te produceren werden gebruikt. In geen enkel geval resulteerde blootstelling aan elektromagnetische velden in een effect op de ontwikkeling van door de UV-straling geïnduceerde huidtumoren. Uitzondering was een wat versnelde ontwikkeling van de tumoren in alleen de wildtype dieren. Het verschil met gesimuleerd blootgestelde dieren was echter niet significant.

Conclusie

De onderzoeken van Zook en Simmens ⁽⁷⁶⁾ en van Heikkinen ⁽³⁸⁾ geven vergelijkbare aanwijzingen als het onderzoek van Utteridge ^(73,74), namelijk dat er geen invloed is van langdurige blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op het ontstaan of de ontwikkeling van lymfekliertumoren, in ieder geval in niet-genetisch gemodificeerde dieren. Repacholi vond in dieren die zodanig waren gemodificeerd dat zij een verhoogde incidentie van lymfekliertumoren hebben een toename van de incidentie bij

blootstelling aan GSM-achtige velden⁽⁶¹⁾. In het onderzoek van Utteridge is dit, bij een iets andere proefopzet, echter weer niet gevonden.

De commissie concludeert dat er geen overtuigende aanwijzingen zijn dat bij proefdieren de incidentie van lymfomen en andere typen tumoren wordt beïnvloed door een levenslange vrijwel dagelijkse blootstelling aan elektromagnetische velden zoals gebruikt in mobiele telecommunicatie.

4.6 Epidemiologisch onderzoek

4.6.1 Hersentumoren

Onderzoeken van Hardell

In het advies *Mobiele telefoons*^(24,35) heeft de commissie melding gemaakt van een onderzoek van Hardell naar het voorkomen van hersentumoren bij gebruikers van mobiele telefoons^(24,35). Hardell vond geen verschil in het gebruik van een mobiele telefoon tussen patiënten met een hersentumor en gezonde controle personen. De lokalisatie van de hersentumor bleek echter wel geassocieerd met de zijde van het hoofd waaraan de patiënten aangaven het toestel doorgaans te houden. De kleine aantallen patiënten en problemen in de opzet van het onderzoek lieten echter niet toe conclusies over een mogelijk oorzakelijk verband te trekken.

Hardell heeft inmiddels ook een uitgebreider onderzoek uitgevoerd⁽³⁰⁻³²⁾. Daarin is niet alleen gebruik van mobiele telefoons onderzocht, maar ook dat van draadloze telefoons. Deze zijn alleen geschikt voor thuisgebruik. Het vermogen van dergelijke toestellen, 10 mW zowel voor oudere types als voor moderne DECT-telefoons, is veel lager dan dat van mobiele telefoons (maximaal 2 W voor de oude 'analoge' telefoons en 1 W voor GSM-toestellen)⁽²⁴⁾.

In het nieuwe onderzoek heeft Hardell in vier regio's in Zweden met behulp van de kankerregistratie alle patiënten geïdentificeerd waarbij tussen 1997 en 2001 een hersentumor werd vastgesteld. Bij degenen die nog in leven waren zijn controles gezocht. Dit resulteerde in 1303 patiënt-controle-paren. Van de patiënten is met behulp van de medische gegevens het type en de locatie van de hersentumor bepaald. Door middel van vragenlijsten is informatie verzameld over de mate van telefoongebruik en de kant van het hoofd waar de telefoon bij voorkeur wordt gehouden. Uit deze gegevens zijn vervolgens op een groot aantal verschillende manieren relatieve risico's berekend. In sommige gevallen vonden de auteurs verhoogde risico's, met name voor het voorkomen van bepaalde goedaardige tumoren en het gebruik van analoge mobiele telefoons of draadloze telefoons.

In een rapport van het Zweedse instituut voor stralingsbescherming hebben Boice en McLaughlin, twee gerenommeerde epidemiologen, commentaar gegeven op de tot dan toe verschenen epidemiologische onderzoeken naar de relatie tussen gebruik van mobiele telefoons en het optreden van kanker ⁽¹⁰⁾. Ook de publicaties van Hardell zijn besproken. Boice en McLaughlin plaatsen diverse kanttekeningen bij de opzet en uitvoering van het onderzoek en bij de interpretatie van de gegevens.

Allereerst zijn de patiënten en controlepersonen niet in alle opzichten goed vergelijkbaar. Tweemaal zoveel patiënten als controles (176 tegen 86) hadden een eerdere diagnose van kanker voordat zij aan het onderzoek deelnamen. Dat kan een invloed hebben gehad op het voorkomen van hersentumoren of zelfs op het gebruik van een mobiele telefoon. De verdeling van deze (ex-)patiënten over de verschillende gebruikersgroepen is niet bekend, dus het is niet na te gaan wat en hoe groot die invloed is.

In het onderzoek zijn, zoals aangegeven, alleen nog in levend zijnde patiënten opgenomen. Dat heeft als voordeel dat de vragenlijsten over het algemeen door de patiënten zelf konden worden ingevuld en dat aanvullende diagnose mogelijk was, waardoor het histologische type en de locatie van de tumor goed konden worden vastgesteld. Het nadeel van deze aanpak is, dat er geen gegevens zijn van de meer dan vijfhonderd patiënten die waren overleden voordat de vragenlijsten werden verstuurd. Dat heeft tot gevolg dat de verdeling van de tumoren van de patiënten die wel zijn opgenomen niet representatief is voor de totale groep. In de onderzochte groep was slechts 36 procent van de tumoren kwaadaardig, terwijl dat percentage voor hersentumoren in zijn algemeenheid veel hoger is ^(5,45). De invloed van deze niet-representatieve verdeling op de uitkomsten is niet bekend.

Hardell rapporteert verhoogde risico's bij het gebruik van zowel analoge mobiele telefoons als draadloze telefoons. Het vermogen van draadloze telefoons is echter, zoals aangegeven, een factor tweehonderd lager dan dat van analoge mobiele telefoons. De veldsterkten waaraan de gebruikers zijn blootgesteld zijn derhalve ook overeenkomstig lager. Het is uiterst onwaarschijnlijk dat bij dergelijke verschillen in blootstelling vergelijkbare risico's gevonden worden, als ervan uit wordt gegaan dat de door de telefoons uitgezonden elektromagnetische velden de oorzaak zijn van de ontwikkeling van hersentumoren. Bovendien is er geen biologisch effect bekend dat dergelijke risico's zou kunnen verklaren. Boice en McLaughlin merken ook op dat bij de multivariate analyse de relatieve risico's voor analoge telefoons aanzienlijk gereduceerd werden ten opzicht van de waarden gevonden bij univariate analyse, terwijl dat voor draadloze telefoons niet het geval was. Dit alles wijst er op dat de opzet van het onderzoek gebreken vertoont. Zij vermoeden dat patiënten met hersentumoren zich het gebruik van zowel mobiele als draadloze telefoons beter en met meer detail konden herinneren dan de controles, omdat zij dat gebruik als een mogelijke oorzaak van hun ziekte beschouwen. Dit leidt tot vertekening van de resultaten.

Een ander punt van discussie in het onderzoek van Hardell is de 'lateraliteit', het mogelijk vaker voorkomen van tumoren aan de kant van het hoofd waar de telefoon gebruikt werd gehouden. Het links of rechts gebruik van een telefoon wordt grotendeels bepaald door links- of rechtshandigheid van de persoon. In het onderzoek van Hardell is daar geen rekening mee gehouden en het is dus niet bekend of in dit onderzoek links- of rechtshandigheid gerelateerd is met de locatie van de hersentumor.

Hardell berekent in de publicatie meer dan tweehonderd relatieve risico's. Boice en McLaughlin stellen daarom dat veel verhoogde risico's op grond van toeval verklaard kunnen worden. De commissie is het daar niet geheel mee eens. In principe is dit wel mogelijk, maar er zit teveel systematiek in de verhoogde relatieve risico's om ze allemaal aan toeval toe te kunnen schrijven. Veel verhoogde relatieve risico's kunnen worden verklaard uit het relatief grote aantal acousticus neurinomen in het uitgebreide onderzoek van Hardell. Bij analyse naar histologische subtypen is dat het enige type tumor dat in een aanzienlijk verhoogde mate voorkomt bij hersentumorpatiënten die veel gebruik gemaakt hebben van een analoge mobiele telefoon. In het eerste onderzoek van Hardell ⁽³³⁻³⁵⁾ is daarvan geen sprake, evenmin als in de andere epidemiologische onderzoeken ^(45,47,54).

De conclusie van Boice en McLaughlin is, dat ook aan dit uitgebreidere onderzoek van Hardell zoveel gebreken kleven dat het niet geschikt is om enige conclusies te trekken over de vraag of er een relatie is tussen het gebruik van een mobiele of draadloze telefoon en het voorkomen van hersentumoren. De commissie onderschrijft dit standpunt.

Onderzoek van Auvinen

Een tweede epidemiologisch onderzoek dat de afgelopen periode is gepubliceerd is dat van Auvinen uit Finland ⁽⁷⁾. Uit de kankerregistratie werden 398 patiënten geselecteerd bij wie in 1996 een hersentumor was vastgesteld. Bij elke patiënt werden vijf controles gezocht. Van patiënten en controles werd door vergelijking met gegevens van mobiele telefoniebedrijven vastgesteld of men een privé abonnement had. Een relatie tussen het hebben van zo'n abonnement en het voorkomen van hersentumoren kon niet worden vastgesteld.

De commissie maakt hierbij echter een paar kanttekeningen. Ten eerste zegt het hebben van een abonnement weinig over de blootstelling. De auteurs konden niet bepalen of de abbonementhouder ook daadwerkelijk de gebruiker was. Daarnaast zijn zakelijke abonnementen buiten beschouwing gelaten, terwijl wel aangegeven wordt dat in 1996 meer dan de helft van de abonnementen in Finland een zakelijk karakter had. Verder waren in alle groepen de percentages abbonementhouders laag: tien procent van de patiënten en zeven procent van de controlepersonen hadden een abonnement met een

analoge telefoon; voor digitale toestellen was dit voor beide groepen vier procent. Ook is de tijd dat men een abonnement had relatief kort. Bij analoge telefoons was slechts 4 procent van de patiënten en 3 procent van de personen uit de controlegroep langer dan 2 jaar geabonneerd. Bij digitale toestellen gold bij 3 procent van de patiënten en 2 procent van de controlepersonen een abonnementsduur van tussen 1 en 2 jaar. Niemand was langer dan 2 jaar geabonneerd. Dientengevolge bevatten de categoriën met de langste abonnementsperiode slechts een gering aantal personen.

Op grond van deze overwegingen komt de commissie tot de conclusie dat dit onderzoek weinig of geen relevante informatie geeft over een mogelijk oorzakelijk verband tussen het gebruik van een mobiele telefoon en het voorkomen van hersentumoren.

4.6.2 *Melanomen van het oog*

In Duitsland verrichtte Stang met behulp van vragenlijsten onderzoek naar de invloed van risicofactoren op het werk op het vóórkomen van diverse zeldzame vormen van kanker⁽⁶⁹⁾. Een van de vragen had betrekking op het langdurig gebruik van radio's, mobiele telefoons of vergelijkbare apparatuur. Uit de gecombineerde gegevens van twee onderzoeken werd onder meer de conclusie getrokken dat er een vier maal zo groot risico was op het krijgen van melanomen aan het oog bij gebruikers van een mobiele telefoon. Het is echter onduidelijk hoe onderscheid is gemaakt tussen het gebruik van de verschillende apparatuur waarnaar gevraagd is. Tevens zijn er geen gegevens over de duur van het daadwerkelijke gebruik of over blootstelling. Ook is het privégebruik van een mobiele telefoon niet in aanmerking genomen. Daarnaast is niet gecorrigeerd voor blootstelling aan UV-straling en andere mogelijke oorzakelijke factoren.

De commissie concludeert dat op grond van dit onderzoek geen uitspraken over een mogelijk oorzakelijk verband tussen het gebruik van een mobiele telefoon en het voorkomen van melanomen aan het oog kan worden gedaan. Zij tekent daarbij aan dat bij normaal gebruik van een mobiele telefoon de elektromagnetische veldsterkte in het oog relatief laag is.

Johansen voerde in Denemarken een cohortonderzoek naar het voorkomen van verschillende vormen van kanker bij gebruikers van mobiele telefoons⁽⁴⁷⁾. De commissie heeft in eerdere publicaties al aandacht besteed aan de resultaten met betrekking tot hersentumoren. Daaruit bleek geen verband⁽²⁴⁾. In het onderzoek van Johansen is ook het voorkomen van melanomen aan het oog onderzocht. Ook hiervoor is geen verband gevonden.

De commissie komt tot de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor een verband tussen het gebruik van een mobiele telefoon en het voorkomen van melanomen aan het oog.

Aspecifieke klachten en blootstelling aan elektromagnetische velden

5.1 Inleiding

De gezondheidsproblemen die in verband gebracht worden met effecten van elektromagnetische velden op het zenuwstelsel zijn uiteenlopend en niet specifiek voor een algemeen erkende ziektecategorie. Meestal worden deze klachten aangeduid als aspecifieke lichamelijke klachten. Gegevens over deze klachten staan centraal in paragraaf 5.2. In medische kringen wordt vaak een psychologische achtergrond verondersteld, terwijl de lijdens aan deze klachten doorgaans van mening zijn dat er een neuronale verklaring is. Over psychologische verklaringsmodellen gaat het in paragraaf 5.3.

5.2 Lichamenlijk onverklaarde klachten

In een aantal onderzoeken is het optreden van aspecifieke klachten onder invloed van blootstelling aan elektromagnetische velden bestudeerd ^(6,39,65). Aan de tot dusverre verrichte onderzoeken kleefte echter een aantal methodologische bezwaren. Het belangrijkste bezwaar is dat dergelijke klachten in de algemene bevolking frequent voorkomen. In de meeste gevallen werd in de onderzoeken gevraagd naar het optreden van dit type klachten in relatie tot blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van mobiele telefoons of basisstations. Een dergelijk opzet werkt selectieve rapportage in de hand, zeker als de ondervraagde op de hoogte is van het doel van het onderzoek.

Lichamelijke klachten, zoals hoofdpijn, klachten van het bewegingsapparaat (met name lage rugpijn), gastrointestinale klachten, pseudo-neurologische klachten (zoals

vermoeidheid, concentratieproblemen, slaapproblemen) en overgevoeligheidsklachten, komen in de algemene bevolking erg veel voor^(15,16). De schattingen lopen, afhankelijk van de gebruikte methoden en criteria, sterk uiteen. Volgens Reid⁽⁶⁰⁾ heeft 75 procent van de mensen op enig moment gedurende een periode van een maand tenminste één dergelijke klacht. Bij 3 tot 36 procent zou op jaarbasis sprake zijn van een meer uitgesproken 'syndroom'.

In de literatuur worden verschillende termen gebruikt om deze verschijnselen aan te duiden. De meest gangbare en neutrale term is 'lichamelijk onverklaarde klachten' (LOK). De Engelse aanduiding is *Medically Unexplained Physical Symptoms* (MUPS). Een andere veelgebruikte benaming is 'functioneel syndroom'. De voorkeur gaat uit naar de term lichamelijk onverklaarde klachten. Daarnaast zijn er verscheidene psychiatrische stoornissen waarbij het optreden van lichamelijke klachten en zorgen over de lichamelijke gezondheid centraal staan. Het in Nederland gangbare classificatiesysteem voor psychiatrische stoornissen, de *Diagnostic and Statistical Manual*, vierde editie, (DSM-IV) van de *American Psychiatric Association* en de *International Classification of Diseases* (ICD-10) spreken van 'somatoforme stoornissen'.

Uit verschillende onderzoeken, met name in de eerste lijn, is naar voren gekomen dat er een statistisch verband bestaat tussen het optreden van lichamelijk onverklaarde klachten en het hebben van een psychiatrische stoornis. Vooral bij patiënten met angststoornissen en depressie komen dergelijke klachten veel voor⁽⁵³⁾. Het is echter onjuist om te veronderstellen dat er in het geval van LOK altijd sprake is van een psychiatrische stoornis.

5.3 Psychologische verklaringen modellen

Ongeacht de vraag of er voldoende wetenschappelijk bewijs is voor een gezondheidseffect van blootstelling aan elektromagnetische velden, worden geregeld klachten of aandoeningen door de patiënten of hun arts wel degelijk daaraan toegeschreven. In sommige gevallen is er sprake van een aantoonbare medische aandoening, in andere niet. Zo hebben enkele patiënten met hersentumoren rechtszaken aangespannen tegen mobiele telefoniebedrijven.

Twee kernbegrippen spelen hierbij een rol: stress en attributie. Bij stress ontstaan er langs psychologische weg veranderingen in het lichaam, in het bijzonder in het autonome zenuwstelsel en in de componenten van de hypothalamus-hypofyse-bijnier-as. De stressreactie is te begrijpen als een fysiologische reactie op een bedreiging en kan gepaard gaan met lichamelijke verschijnselen, zoals hartkloppingen, toegenomen spierspanning (met als gevolg hoofdpijn) of nervositeit. Cognitieve factoren spelen daarbij een belangrijke rol, omdat deze bepalend zijn voor de mate waarin een bepaalde gebeurtenis of situatie als bedreigend wordt ervaren.

Onder attributie verstaat met het cognitieve proces waardoor iemand met klachten deze aan een bepaalde oorzaak toeschrijft. Attributie wordt door een groot aantal factoren bepaald, waaronder psychische factoren zoals stemming en persoonlijkheid en externe factoren zoals de heersende opvattingen over de oorzaken van ziektes. Stress en attributie kunnen in individuele gevallen ook beide een rol spelen en elkaar dan nog versterken. Zo kan bijvoorbeeld een aan blootstelling gerelateerde prikkel, zoals een brommend geluid van een elektrisch apparaat, angst veroorzaken. De daardoor veroorzaakte autonome *arousal*-verschijnselen, zoals hartkloppingen of een verstoorde nachtrust, kunnen vervolgens worden toegeschreven aan de blootstelling aan bijvoorbeeld elektromagnetische velden. Dit kan een gevoel van angst opwekken, temeer daar de verhoogde *arousal* ook een verhoogde waakzaamheid voor zowel interne prikkels (lichamelijke klachten) als externe prikkels (in dit geval het bromsignaal) teweeg kunnen brengen ⁽⁶⁴⁾.

Bij de verklaring van veelvuldig optredende klachten is verder de nocebo-reactie van belang. Men spreekt van een nocebo-effect, in tegenstelling tot een placebo-effect, wanneer iemand onder invloed van een *verwachte* reactie op een geneesmiddel of ander agens een negatieve reactie ontwikkelt zonder dat dit agens werkelijk is toegediend of als veroorzaker van de reactie aannemelijk is. Zeker gezien de uit epidemiologische onderzoeken gebleken overlap tussen overgevoeligheid voor milieufactoren (*Environmental Hypersensitivity*, EHS) en meervoudig chemische gevoeligheid (*Multiple Chemical Sensitivity*, MCS) zijn onderzoeken naar vermeende blootstelling aan chemische of nucleaire stoffen interessant. Winters ⁽⁷⁵⁾ liet zien dat het bij gezonde proefpersonen mogelijk is een aversieve reactie op te wekken bij blootstelling aan een onaangename geurprikkel (ammonia). In de eerste fase van het experiment werd via conditionering met behulp van CO₂ de geurstof aan subjectieve benauwdheid gekoppeld. Proefpersonen aan wie van tevoren was verteld dat het experiment plaatsvond in het kader van onderzoek naar de gezondheidseffecten van luchtvervuiling, vertoonden een sterkere nocebo respons (benauwdheid) dan proefpersonen die neutrale informatie over het onderzoek hadden ontvangen.

Nocebo-effecten worden ook relevant geacht bij klachten die optreden na milieurampen. Havenaar ⁽³⁶⁾ vond aanwijzingen dat een eerder aangetoonde sterk verminderde ervaren gezondheid statistisch gecorreleerd is aan risicoperceptie van de ramp. Mensen die de ramp als gevaarlijker beschouwden en die meenden minder controle te hebben over hun blootstelling, hadden na de ramp meer klachten en gingen vaker naar de dokter.

Risicoperceptie wordt ook meer in het algemeen van groot belang geacht bij het optreden van ongerustheid over lokale milieufactoren ⁽²¹⁾. Naast individuele spelen ook maatschappelijke factoren daarbij een rol, met name de wijze waarop over de risicofactor in de samenleving wordt gecommuniceerd. Daarbij speelt het verschijnsel *amplifica-*

tion of risk een rol ⁽⁶⁸⁾. Dit betekent dat sommige risico's in de ogen van de algemene bevolking veel groter zijn dan in de ogen van experts. Dit fenomeen is onder meer voor de gevaren van ioniserende straling veel onderzocht ⁽⁶⁷⁾, maar is hoogstwaarschijnlijk ook voor niet-ioniserende elektromagnetische velden relevant.

5.4 Conclusie

Klachten van uiteenlopende aard die door sommigen aan blootstelling aan elektromagnetische velden worden toegeschreven, kunnen op grond van onderzoek niet oorzakelijk met een dergelijke blootstelling in verband gebracht worden.

Voorzorgsbeginsel

6.1 Inleiding

Naast wetenschappelijke inzichten over blootstelling en gezondheidsrisico's spelen maatschappelijke en politieke overwegingen een rol bij normstelling door de overheid voor blootstelling aan mogelijk schadelijke omgevingsinvloeden. In de maatschappij wordt de laatste jaren steeds vaker de roep gehoord om daarbij het voorzorgsbeginsel toe te passen, onder meer bij blootstelling aan elektromagnetische velden. Met name het mogelijk vóórkomen van niet-thermische effecten is daar aanleiding voor. In de perceptie van het publiek staat toepassen van het voorzorgsbeginsel daarbij gelijk aan het verlagen van de blootstelling.

Het voorzorgsbeginsel is in het EG-verdrag vastgelegd als een van de uitgangspunten van het milieubeleid ⁽³⁾. Het wordt echter, mede op grond van jurisprudentie van het Hof van Justitie van de Europese Gemeenschap, ook op andere beleidsterreinen toegepast, waaronder volksgezondheid ⁽¹⁷⁾. In februari 2000 heeft de Europese Commissie ter informatie voor de lidstaten een mededeling over de toepassing van het voorzorgsbeginsel gepresenteerd ⁽¹³⁾.

Bij de Gezondheidsraad zal begin 2004 de Commissie Voorzorg en Volksgezondheid worden geïnstalleerd. Deze commissie zal een uitgebreide en algemene advisering over voorzorg verzorgen. In dit hoofdstuk bespreekt de Commissie Elektromagnetische Velden wat zij in eerdere adviezen over toepassing van het voorzorgsbeginsel heeft gezegd (paragraaf 6.2). Vervolgens geeft zij een nadere toelichting over haar opvattingen over het voorzorgsbeginsel (paragraaf 6.3).

6.2 Voorzorgsbeginsel en elektromagnetische velden in eerdere adviezen

In eerdere adviezen heeft de commissie, mede naar aanleiding van concrete vragen daartoe in verschillende adviesaanvragen, uitspraken gedaan over de vraag of met aanroeping van het voorzorgsbeginsel maatregelen genomen zouden moeten worden om blootstelling aan elektromagnetische velden te beperken tot niveaus beneden de blootstellingslimieten die de Gezondheidsraad en andere adviesorganen voorstellen. In het advies *GSM-basisstations* concludeerde de commissie dat er voor geen van de drie besproken categorieën niet-thermische effecten –biologische effecten, carcinogenese en specifieke klachten– een redelijk vermoeden is voor het bestaan van een gezondheidsrisico ⁽²²⁾. Zij zag daarom geen reden om (op grond van het voorzorgsbeginsel) de blootstellingslimieten op een lager niveau vast te stellen dan de waarden die op basis van thermische effecten zijn voorgesteld. Wel pleitte de commissie ervoor om nader te onderzoeken of door die velden niet-thermische effecten veroorzaakt kunnen worden. In de adviezen over laagfrequente elektromagnetische velden en over mobiele telefoons kwam de commissie tot gelijklopende conclusies ^(24,26).

6.3 Toelichting op standpunt commissie

In reacties op deze adviezen wordt geregeld de vraag gesteld waarom de Gezondheidsraad enerzijds stelt dat er geen andere gezondheidseffecten zijn gevonden dan die waarop de blootstellingslimieten zijn gebaseerd en dat er geen reden is om met aanroeping van het voorzorgsbeginsel de limieten te verlagen, maar anderzijds wel vraagt om nader onderzoek. In het licht van dergelijke vragen licht de commissie hier haar standpunt over het voorzorgsbeginsel nader toe.

De belangrijkste boodschap die de commissie wil overbrengen is, dat toepassen van het voorzorgsbeginsel niet per definitie gelijk staat aan het nemen van maatregelen om de blootstelling te verminderen. Ook andere acties kunnen er onder vallen. In feite valt onder de vlag van het voorzorgsbeginsel een reeks van uiteenlopende maatregelen, die variëren van lichte maatregelen zoals het volgen van de (wetenschappelijke) ontwikkelingen of het geven van voorlichting, via een actievere deelname aan het proces van kennisverwerving door het uitvoeren van onderzoek, tot zwaardere maatregelen als het verlagen van blootstellingslimieten. Volgens de commissie zijn laatstgenoemde maatregelen wat de Europese Commissie bedoelt in haar mededeling dat het voorzorgsbeginsel zou moeten worden toegepast als er een *redelijk vermoeden* is van een gezondheidsrisico.

De commissie concludeert dat de benadering om het voorzorgsbeginsel bij blootstelling aan elektromagnetische velden altijd toe te passen, die zij thans explicieter for-

muleert dan in eerdere adviezen, in de praktijk feitelijk al wordt gevolgd, namelijk wanneer het voorzorgsbeginsel wordt opgevat zoals het hierboven is omschreven. Immers, de commissie is juist ingesteld om de wetenschappelijke ontwikkelingen op dit gebied te volgen en hierover te rapporteren. Als zij zou vinden dat er op een gegeven moment wetenschappelijke aanwijzingen zijn dat wellicht bij lagere blootstellingsniveaus dan de huidige limieten gezondheidseffecten mogelijk zijn, dan zal zij dit in haar publicaties aangeven en voorstellen doen om blootstelling te verminderen. De commissie vindt dat momenteel het doen van nader onderzoek (zoals aangegeven in haar advies van februari 2003 ⁽²⁵⁾), met daarnaast het volgen van de wetenschappelijke ontwikkelingen en publicatie hierover in jaarberichten van de Gezondheidsraad, past in het geschetste kader.

De commissie wijst er ten slotte nog op dat bij de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) een raamwerk wordt ontwikkeld voor het toepassen van het voorzorgsbeginsel.* Dit *Precautionary Framework* volgt dezelfde benadering als hierboven geschetst – een reeks van mogelijke maatregelen.

* Zie www.who.int/peh-emf.

Literatuur

- 1 Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. NIEHS Working Group report. Research Triangle Park, NC: National Institute of Environmental Health Sciences, National Institutes of Health, 1998. Publication NIH 98-3981.
- 2 Actieprogramma Gezondheid en milieu. Handelingen Tweede Kamer, vergaderjaar 2001-2002, nr 28089-2. Den Haag: SDU uitgeverij, 2002.
- 3 Verdrag tot oprichting van de Europese Gemeenschap. Geconsolideerde versie. Internet: http://europa.eu.int/eur-lex/nl/treaties/selected/livre2_c.html. Geraadpleegd November 2003.
- 4 Adair, E. R. Identifying serious science: some examples from mobile telecommunications. In: IBC conference Mobile Health and the Environment, London: 2003.
- 5 Ahlbom, A. and Feychting, M. Re: Use of cellular phones and the risk of brain tumours: a case-control study (letter). *Int J Oncol*, 1999; 15: 1045-1047.
- 6 Altpeter, E.S. e.a. Study on the health effects of the shortwave transmitter station of Schwarzenburg, Berne, Switzerland. Bern: Bundesamt fur Energiewirtschaft, 1995; BEW Publication Series Study No. 55.
- 7 Auvinen, A. e.a. Brain tumors and salivary gland cancers among cellular telephone users. *Epidemiology*, 2002; 13: 356-359.
- 8 Bartsch, H. e.a. Chronic exposure to a GSM-like signal (mobile phone) does not stimulate the development of DMBA-induced mammary tumors in rats: results of three consecutive studies. *Radiat Res*, 2002; 157: 183-190.
- 9 BBC News. Trains 'trap mobile phone radiation'. Internet: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/1961484.stm>. Geraadpleegd Mei 2002.
- 10 Boice, J.D. and McLaughlin, J.K. Epidemiologic studies of cellular telephones and cancer risk. Stockholm: Swedish Radiation Protection Authority, 2002; 2002:16.

- 11 Clemens, C.H.M. e.a. Study of the possible effects on health of the use of portable terminals within the
C2000 radionetwork. The Hague: TNO Physics and Electronics Laboratory, 2002; report nr FEL-02-C152.
- 12 Clemens, C.H.M. e.a. Stralingsniveaus in de nabijheid van C2000-basisstations. Den Haag: TNO Fysisch en
Electronisch Laboratorium, 2000; FEL-98-C236.
- 13 Commission of the European Communities. Communication from the Commission on the precautionary
principle. Brussels: Commission of the European Communities, 2000; rapport nr COM(2000) 1.
- 14 COST281. Scientific comment on individual statements of concern about health hazards of weak EMF.
Internet: http://www.cost281.org/activities/hyland_comment_final23-11-2001.pdf, 2001. Geraadpleegd
Maart 2003.
- 15 Eriksen, H.R. and Ursin, H. Sensitization and subjective health complaints. *Scand J Psychol*, 2002; 43: 189-
196.
- 16 Escobar, J.I. e.a. Medically unexplained physical symptoms in medical practice: a psychiatric perspective.
Environ Health Perspect, 2002; 110 Suppl 4: 631-636.
- 17 Faure MG e.a. Juridische afbakening van het voorzorgsbeginsel: mogelijkheden en grenzen. Den Haag:
Gezondheidsraad, 2003; publicatie nr A03/03.
- 18 Fenster, L. e.a. Caffeine consumption during pregnancy and spontaneous abortion. *Epidemiology*, 1991; 2:
168-174.
- 19 Fenster, L. e.a. Caffeinated beverages, decaffeinated coffee, and spontaneous abortion. *Epidemiology*,
1997; 8: 515-523.
- 20 Finnie, J.W. e.a. Effect of global system for mobile communication (gsm)-like radiofrequency fields on
vascular permeability in mouse brain. *Pathology*, 2001; 33: 338-340.
- 21 Gezondheidsraad. Ongerustheid over lokale milieufactoren; risicocommunicatie, blootstellingsbeoordeling
en clusteronderzoek. Den Haag: Gezondheidsraad, 2001; publicatie nr 2001/10.
- 22 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. GSM-basisstations. Den Haag:
Gezondheidsraad, 2000; publicatie nr 2000/16.
- 23 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2001.
Den Haag: Gezondheidsraad, 2001; publicatie nr 2001/14.
- 24 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Mobiele telefoons. Een gezondheidskundige
analyse. Den Haag: Gezondheidsraad, 2002; publicatie nr 2002/01.
- 25 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Gezondheidseffecten van blootstelling aan
elektromagnetische velden. Aanbevelingen voor onderzoek. Den Haag: Gezondheidsraad, 2003; publicatie
nr 2003/03.
- 26 Gezondheidsraad: Commissie ELF elektromagnetische velden. Elektromagnetische velden (0 Hz - 10
MHz). Den Haag: Gezondheidsraad, 2000; publicatie nr 2000/06.
- 27 Gezondheidsraad: Commissie Radiofrequente elektromagnetische velden. Radiofrequente
elektromagnetische velden (300 Hz - 300 GHz). Rijswijk: Gezondheidsraad, 1997; publicatie nr 1997/01.
- 28 Goldstein, L.S. e.a. Comments on "Long-term exposure of Eμ-Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz
microwaves does not increase lymphoma incidence" by Utteridge et al., *Radiat. Res.* 158, 357-364 (2002).
Radiat Res, 2003; 159: 275-276.
-

- 29 Goldstein, L.S. e.a. Further Comments on "Long-Term Exposure of Eμ-Pim1 Transgenic Mice to 898.4 MHz Microwaves does not Increase Lymphoma Incidence" by Utteridge et al. (Radiat. Res. 158, 357-364 2002). Radiat Res, 2003; 159: 835.
- 30 Hardell, L. e.a. Cellular and cordless telephones and the risk for brain tumours. Eur J Cancer Prev, 2002; 11: 377-386.
- 31 Hardell, L. e.a. Vestibular schwannoma, tinnitus and cellular telephones. Neuroepidemiology, 2003; 22: 124-129.
- 32 Hardell, L. e.a. Further aspects on cellular and cordless telephones and brain tumours. Int J Oncol, 2003; 22: 399-407.
- 33 Hardell, L. e.a. Ionizing radiation, cellular telephones and the risk for brain tumours. Eur J Cancer Prev, 2001; 10: 523-529.
- 34 Hardell, L. e.a. Case-control study on radiology work, medical X-ray investigations, and use of cellular telephones as risk factors for brain tumors. MedGenMed, 2000; May 4.
- 35 Hardell, L. e.a. Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: a case-control study. Int J Oncol, 1999; 15: 113-116.
- 36 Havenaar, J.M. e.a. Perception of risk and subjective health among victims of the Chernobyl disaster. Soc Sci Med, 2003; 56: 569-572.
- 37 Heikkinen, P. e.a. Effects of mobile phone radiation on UV-induced skin tumorigenesis in ornithine decarboxylase transgenic and non-transgenic mice. Int J Radiat Biol, 2003; 79: 221-233.
- 38 Heikkinen, P. e.a. Effects of mobile phone radiation on X-ray-induced tumorigenesis in mice. Radiat Res, 2001; 156: 775-785.
- 39 Hocking, B. e.a. Childhood leukaemia and TV towers revisited (letter). Aust N Z J Public Health, 1999; 23: 104-105.
- 40 Hondou T. Rising level of public exposure to mobile phones: Accumulation through additivity and reflectivity. J Phys Soc Jpn, 2002; 71: 432-435.
- 41 Hossmann, K.A. and Hermann, D.M. Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. Bioelectromagnetics, 2003; 24: 49-62.
- 42 Hyland, G.J. The physiological and environmental effects of non-ionising electromagnetic radiation. Internet: http://www.europarl.eu.int/stoa/publi/pdf/00-07-03_en.pdf, 2001. Geraadpleegd Maart 2003.
- 43 IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum, 2002; 80: 1-395.
- 44 Imaida, K. e.a. Lack of promotion of 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-initiated mouse skin carcinogenesis by 1.5 GHz electromagnetic near fields. Carcinogenesis, 2001; 22: 1837-1841.
- 45 Inskip, P.D. e.a. Cellular-telephone use and brain tumors. N Engl J Med, 2001; 344: 79-86.
- 46 International Commission on Non-ionising Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines on limits of exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (1 Hz - 300 GHz). Health Phys, 1998; 74: 494-522.
-

- 47 Johansen, C. e.a. Cellular telephones and cancer - a nationwide cohort study in Denmark. *J Natl Cancer Inst*, 2001; 93: 203-207.
- 48 Kundi, M. Comments on "Long-term exposure of E μ -Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence" by Utteridge et al., *Radiat. Res.* 158, 357-364 (2002). *Radiat Res*, 2003; 159: 274-278.
- 49 Lee, G.M. e.a. A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidemiology*, 2002; 13: 21-31.
- 50 Lerchl, A. Comments on the recent publication on microwave effects on E μ -Pim1 transgenic mice (Utteridge et al., *Radiat. Res.* 158, 357-364, 2002). *Radiat Res*, 2003; 159: 276-278.
- 51 Li, D.K. and Neutra, R.R. Magnetic fields and miscarriage. *Epidemiology*, 2002; 13: 237-238.
- 52 Li, D.K. e.a. A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidemiology*, 2002; 13: 9-20.
- 53 Mayou, R. and Farmer, A. ABC of psychological medicine: Functional somatic symptoms and syndromes. *BMJ*, 2002; 325: 265-268.
- 54 Muscat, J.E. e.a. Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer. *JAMA*, 2000; 284: 3001-3007.
- 55 National Radiological Protection Board. ELF electromagnetic fields and the risk of cancer. Chilton, Didcot, Oxon: National Radiological Protection Board, 2001. Documents of the NRPB, Vol 12, No 1.
- 56 National Radiological Protection Board. Possible health effects from Terrestrial Trunked Radio (TETRA). Report of an Advisory Group on Non-ionising Radiation. Chilton: National Radiological Protection Board, 2001. Documents of the NRPB, Vol 12, Nr 2.
- 57 Neutra, R.R., Delpizzo, V., and Lee, G.E. An evaluation of the possible risks from electric and magnetic fields (EMFs) from power lines, internal wiring, electrical occupations, and appliances. Oakland, CA: California Department of Health Services, 2002.
- 58 Persson, B.R.R. e.a. Blood-brain barrier permeability in rats exposed to electromagnetic fields used in wireless communication. *Wireless Netw*, 1997; 3: 455-461.
- 59 Raad van de Europese Unie. 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. *Publicatiebl Eur Gemeensch*, 1999; L199: 59-70.
- 60 Reid, S. e.a. Frequent attenders with medically unexplained symptoms: service use and costs in secondary care. *Br J Psychiatry*, 2002; 180: 248-253.
- 61 Repacholi, M.H. e.a. Lymphomas in E μ -Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat Res*, 1997; 147: 631-640.
- 62 Salford, L.G. e.a. 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: 535-542.
- 63 Salford, L. e.a. Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones. *Environ Health Perspect*, 2003; 111: 881-883.
- 64 Salkovskis PM. The cognitive approach to anxiety: threat beliefs, safety-seeking behavior, and the special case of health anxiety and obsessions. In: *Frontiers of cognitive therapy*, Salkovskis PM, Ed. New York: The Guilford Press, 1996.
-

- 65 Santini, R. e.a. Symptomes rapportes par des utilisateurs de telephones mobiles cellulaires. Pathol, 2001.
- 66 Savitz, D.A. Magnetic fields and miscarriage. Epidemiology, 2002; 13: 1-4.
- 67 Sjöberg, L. Risk perception and credibility of risk communication. Stockholm: Center for Risk Research, 1992; report nr 9.
- 68 Slovic, P. Perception of risk. Science, 1987; 236: 280-285.
- 69 Stang, A. e.a. The possible role of radofrequency radiation in the development of uveal melanoma. Epidemiology, 2001; 12: 7-12.
- 70 Stein, Z. and Susser, M. Miscarriage, caffeine, and the epiphenomena of pregnancy: the causal model. Epidemiology, 1991; 2: 163-167.
- 71 Toropainen, A. Human exposure by mobile phones in enclosed areas. Bioelectromagnetics, 2003; 24: 63-65.
- 72 Trower, B. Confidential Report on TETRA - Strictly for the Police Federation of England and Wales. Internet: <http://www.planningsanity.co.uk/reports/trower.htm>, 2001. Geraadpleegd Maart 2003.
- 73 Utteridge, T. Response to the letter of Goldstein et al. Radiat Res, 2003; 159: 836.
- 74 Utteridge, T.D. e.a. Long-term exposure of E- μ -Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence. Radiat Res, 2002; 158: 357-364.
- 75 Winters, W. e.a. Media warnings about environmental pollution facilitate the acquisition of symptoms in response to chemical substances. Psychosom Med, 2003; 65: 332-338.
- 76 Zook, B.C. and Simmens, S.J. The Effects of 860 MHz Radiofrequency Radiation on the Induction or Promotion of Brain Tumors and Other Neoplasms in Rats. Radiat Res, 2001; 155: 572-583.
-

A Commissie

B IARC classificatie

Bijlagen

Commissie

-
- prof. dr EW Roubos, *voorzitter*
hoogleraar dierkunde, neurobioloog; Katholieke Universiteit Nijmegen
 - dr LM van Aernsbergen, *adviseur*
fysicus; Ministerie van VROM, Den Haag
 - prof. dr ir G Brussaard
hoogleraar radiocommunicatie (emeritus); Technische Universiteit Eindhoven
 - dr J Havenaar
psychiater; Altrecht GGZ, Utrecht
 - drs FBJ Koops
bioloog; Arnhem
 - prof. dr ir FE van Leeuwen
hoogleraar epidemiologie van kanker; Vrije Universiteit Amsterdam,
epidemioloog; Nederlands Kanker Instituut, Amsterdam
 - dr HK Leonhard, *adviseur*
fysicus; Ministerie van Economische Zaken, Groningen
 - dr GC van Rhoon
fysicus; Erasmus universitair Medisch Centrum Rotterdam
 - dr GMH Swaen
epidemioloog; Universiteit Maastricht
 - DHJ van de Weerd, arts
medisch milieukundige; GGD Arnhem
-

- prof. dr ir APM Zwamborn
hoogleraar elektromagnetische effecten; Technische Universiteit Eindhoven,
fysicus; TNO, Den Haag
- dr E van Rongen, *secretaris*
radiobioloog; Gezondheidsraad, Den Haag

IARC classificatie

Sterkte van het bewijsmateriaal

Voldoende bewijs voor kankerverwekkendheid

Bij mensen: er is een oorzakelijk verband vastgesteld tussen blootstelling aan een agens en het optreden van kanker.

Bij proefdieren: er is een oorzakelijk verband vastgesteld tussen een agens en een toename van de incidentie van kwaadaardige tumoren of een adequate combinatie van goedaardige en kwaadaardige tumoren (a) in twee of meer soorten of (b) in twee of meer onafhankelijke onderzoeken aan één soort, die op verschillende tijden of in verschillende laboratoria en met verschillende proefopzetten zijn uitgevoerd. In uitzonderlijke gevallen kan van een enkel onderzoek aan één soort beschouwd worden dat het voldoende bewijs van kankerverwekkendheid levert, namelijk als er uitzonderlijke resultaten zijn gevonden met betrekking tot de incidentie, plaats of het type tumoren, of de leeftijd waarop de tumoren zich voordoen.

Beperkt bewijs voor kankerverwekkendheid

Bij mensen: er is een positieve associatie gevonden tussen het agens en het optreden van kanker. Een oorzakelijk verband wordt mogelijk geacht, maar het kan niet worden uitgesloten dat toeval, of vertekening een rol spelen.

Bij proefdieren: de gegevens wijzen op een kankerverwekkend effect maar een definitief oordeel kan niet worden gegeven omdat (a) de aanwijzingen afkomstig zijn van één onderzoek, of (b) er twijfels zijn over de opzet, uitvoering of interpretatie van het onderzoek, of (c) er alleen een toename is gevonden van goedaardige tumoren, van tumoren met een onduidelijke kwaadaardigheid of van tumoren die in bepaalde diersoorten spontaan een hoge incidentie hebben.

Onvoldoende bewijs van kankerverwekkendheid

Bij mensen: de kwaliteit, consistentie of statistische zeggingskracht van de onderzoeken zijn onvoldoende om een conclusie te kunnen trekken over een oorzakelijk verband, of er zijn geen gegevens over kanker bij mensen beschikbaar.

Bij proefdieren: de onderzoeken hebben belangrijke kwalitatieve of kwantitatieve beperkingen en daardoor kan geen conclusie getrokken worden over het al of niet aanwezig zijn van een kankerverwekkend effect, of er zijn geen gegevens over kanker in proefdieren beschikbaar.

Bewijs voor afwezigheid van kankerverwekkendheid

Bij mensen: er zijn meerdere onderzoeken beschikbaar die bij elkaar alle mogelijke situaties waaronder mensen aan het betreffende agens kunnen worden blootgesteld bestrijken en die er alle op wijzen dat er geen enkel verband is tussen blootstelling aan het agens en elke onderzocht vorm van kanker bij elk onderzocht blootstellingsniveau.

Bij proefdieren: er zijn onderzoeken beschikbaar aan ten minste twee diersoorten die er binnen de grenzen van de toepaste tests op wijzen dat het betreffende agens niet kankerverwekkend is. Conclusies over het ontbreken van kankerverwekkendheid zijn onvermijdelijk beperkt tot de onderzochte soorten, typen tumoren en blootstellingsniveaus.

Indeling in groepen

Groep 1 – het agens is kankerverwekkend bij mensen

Agentia komen in deze groep terecht als er *voldoende bewijs* is voor kankerverwekkendheid bij mensen. In uitzonderlijke gevallen kan een agens in deze categorie worden geplaatst als er niet voldoende bewijs is voor kankerverwekkendheid bij mensen, maar wel *voldoende bewijs* voor kankerverwekkendheid in proefdieren en als er sterke aanwijzingen zijn dat in blootgestelde mensen het agens werkt via een voor kankerverwekkendheid relevant mechanisme.

Groep 2A – het agens is waarschijnlijk kankerverwekkend bij mensen

Deze categorie wordt gebruikt als er *beperkte aanwijzingen* zijn voor kankerverwekkendheid bij mensen en *voldoende bewijs* voor kankerverwekkendheid bij proefdieren. In bepaalde gevallen kan een agens ook in deze categorie worden geplaatst als er *onvoldoende bewijs* is voor kankerverwekkendheid bij mensen, maar *voldoende bewijs* voor kankerverwekkendheid bij proefdieren en er sterke aanwijzingen zijn dat kankerverwekking plaatsvindt door middel van een mechanisme dat ook bij mensen werkzaam is. In uitzonderlijke gevallen kan een agens ook uitsluitend op basis van *beperkte aanwijzingen* voor kankerverwekkendheid bij mensen in deze categorie worden geplaatst.

Groep 2B – het agens is mogelijk kankerverwekkend bij mensen

In deze categorie worden agentia geplaatst waarvoor *beperkte aanwijzingen* zijn voor kankerverwekkendheid bij mensen en minder dan voldoende bewijs voor kankerverwekkendheid bij proefdieren. Ook wanneer er *onvoldoende bewijs* is voor kankerverwekkendheid bij mensen maar *voldoende bewijs* voor kankerverwekkendheid bij proefdieren kan het agens in deze categorie worden geplaatst. In bepaalde gevallen kan ook bij *onvoldoende bewijs* voor kankerverwekkendheid bij mensen en *beperkte aanwijzingen* voor kankerverwekkendheid bij proefdieren maar met ondersteunende aanwijzingen van andere relevante gegevens de keus op deze categorie vallen.

Groep 3 – indeling op grond van kankerverwekkendheid van het agens is niet mogelijk

In deze categorie vallen agentia waarvoor er *onvoldoende bewijzen* zijn voor kankerverwekkendheid bij mensen en *onvoldoende of beperkte aanwijzingen* voor kankerverwekkendheid bij proefdieren. In uitzonderlijke gevallen kan een agens waarvoor er *onvoldoende bewijs* is voor kankerverwekkendheid bij mensen, maar *voldoende bewijs* voor kankerverwekkendheid bij proefdieren in deze categorie worden geplaatst, indien er sterke bewijzen zijn dat het mechanisme van carcinogenese bij proefdieren niet bij mensen voorkomt. Agentia die niet in een andere groep vallen komen ook in deze categorie terecht.

Groep 4 – het agens is waarschijnlijk niet kankerverwekkend bij mensen

Deze categorie wordt gebruikt voor agentia waarvoor er aanwijzingen zijn dat ze niet kankerverwekkend zijn bij mensen en proefdieren. In sommige gevallen kunnen ook agentia waarvoor *onvoldoende bewijzen* bestaan voor kankerverwekkendheid bij men-

sen, maar aanwijzingen voor het ontbreken van kankerverwekkendheid bij proefdieren beschikbaar zijn, daarbij sterk ondersteund door een ruime hoeveelheid andere relevante gegevens, als zodanig geclassificeerd worden.

Electromagnetic Fields: Annual Update 2003

to:

the State Secretary of Housing, Spatial Planning and the Environment

the Minister of Health, Welfare and Sport

the State Secretary of Social Affairs and Employment

the Minister of Economic Affairs

the Minister of the Interior and Kingdom Relations

No. 2004/01, The Hague, 15 January 2004

The Health Council of the Netherlands, established in 1902, is an independent scientific advisory body. Its remit is “to advise the government and Parliament on the current level of knowledge with respect to public health issues...” (Section 21, Health Act).

The Health Council receives most requests for advice from the Ministers of Health, Welfare & Sport, Housing, Spatial Planning & the Environment, Social Affairs & Employment, and Agriculture, Nature and Food Quality. The Council can publish advisory reports on its own initiative. It usually does this in order to ask attention for developments or trends that are thought to be relevant to government policy.

Most Health Council reports are prepared by multidisciplinary committees of Dutch or, sometimes, foreign experts, appointed in a personal capacity. The reports are available to the public.

This report can be downloaded from www.healthcouncil.nl.

Preferred citation:

Health Council of the Netherlands. ELF Electromagnetic Fields Committee.
Electromagnetic Fields: Annual Update 2003. The Hague: Health Council of the
Netherlands, 2004; publication no. 2004/01.

all rights reserved

ISBN: 90-5549-510-7



The State Secretary of Housing, Spatial Planning and the Environment
Internal postcode 100
PO Box 30.951
2500 EZ Den Haag
The Netherlands

Subject : presentation Annual Update Electromagnetic Fields
Your reference : -
Our reference : U-2\EvR\RA\673-Z
Enclosure(s) : 1
Date : 15 January 2004

Dear Sir,

One of the remits of the Electromagnetic Fields Committee of the Health Council of the Netherlands is to regularly report on scientific developments relating to possible health effects of exposure to electromagnetic fields. To this end, the committee drafts Annual Updates, that are evaluated in their final stage by the Standing Committee on Radiation Hygiene of the Health Council. I herewith present you the second publication in this series. I have also presented this report today to the Minister of Health, Welfare and Sport, the State Secretary of Social Affairs and Employment, the Minister of Economic Affairs and the Minister of the Interior and Kingdom Relations.

The Annual Update 2003 discusses a variety of subjects, such as the possible influence of the extremely low frequency fields generated by power lines on the incidence of childhood leukaemia, the relation between the use of mobile telephones and the occurrence of brain tumours, and the possible health effects of the C2000 telecommunication system. The committee also discusses the relation between non-specific health complaints and electromagnetic field exposure. The committee feels that, for a number of subjects, further research is justified. In relation to this I would like to ask your attention for the research proposals the committee has made in February 2003 (*Health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields: Recommendations for research*; nr 2003/03) and the recently published advisory report *Environmental Health: Research for Policy* (nr 2003/20).

Sincerely,
(signed)
Professor dr M de Visser

Contents

1	Introduction	69
1.1	Background	69
1.2	The Annual Update	69
1.3	Structure of this Annual Update	70

2	Published advisory reports	71
2.1	Mobile phones	71
2.2	Recommendations for research	72

3	Developments in the area of low-frequency fields	73
3.1	Introduction	73
3.2	Comparison of IARC and DHS procedures	74
3.3	Exposure to ELF electromagnetic fields and miscarriage	78

4	Developments in the area of radiofrequency fields	85
4.1	Introduction	85
4.2	The implications of technical developments	85
4.3	Mobile phones in enclosed spaces	87
4.4	New communication system for emergency services, C2000 (TETRA)	88
4.5	Experimental animal studies	90
4.6	Epidemiological studies	95

5	Non-specific symptoms and exposure to electromagnetic fields	101
5.1	Introduction	101
5.2	Medically Unexplained Physical Symptoms	101
5.3	Explanatory psychological models	102
5.4	Conclusion	104

6	Precautionary Principle	105
6.1	Introduction	105
6.2	Precautionary Principle and electromagnetic fields in previous reports	106
6.3	Explanation of the Committee's point of view	106

	References	109
--	------------	-----

	Annexes	115
A	Committee	117
B	IARC classification	119

Introduction

1.1 Background

In recent years there has been a steep rise in public concern that exposure to electromagnetic fields might produce harmful effects. One cause of this has been the enormous increase in the use of mobile phones. Questions on this topic are often put to the Health Council by the government, parliament and members of the public. Accordingly, the President of the Council has decided to establish an Electromagnetic Fields Committee, for an initial period of four years. The Committee, which was installed on 6 March 2000, is charged with producing regular reports on scientific developments in its field of interest and with responding to requests for advice in this matter. In the intervening periods it will shed light on major scientific developments, whenever there is reason to do so. Details of the make-up of the Committee are set out in annex A.

1.2 The Annual Update

The Committee fulfils one of its set tasks, that of producing regular reports on major scientific developments, by issuing Annual Updates. The first Annual Update was published on 29 May 2001 ⁽³⁴⁾. The present Annual Report covers the period from May 2001 to May 2003.*

In its Annual Updates, the Committee briefly lists the advisory reports that it has published during the reporting period. It also discusses topics that have been highlighted in

the scientific press and the lay press. This might involve a situation in which recent publications cast new light on a topic that had been addressed in a previously published advisory report. Alternatively, it might be that reports in the media make it necessary to issue a provisional standpoint, while the Committee is still engaged in preparing an advisory report on the topic in question.

1.3 Structure of this Annual Update

This Annual Update discusses in chapter 2 the advisory reports published by the Electromagnetic Fields Committee between May 2001 and May 2003.

Subsequently, the Committee reports on several topics. Clearly, it is not possible to address all scientific developments.

Chapter 3 discusses recent data on low frequency fields. Chapter 4 focuses on new findings concerning radiofrequency fields. In chapter 5 the Committee discusses non-specific symptoms that are sometimes considered to be related to electromagnetic field exposure. Finally, in chapter 6 the Committee presents its view on application of the Precautionary Principle in the protection of people against possible harmful exposure to electromagnetic fields.

* The Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO) has carried out a study into the effects of exposure to electromagnetic fields emitted by GSM and UMTS antennas, on cognitive functions and on well-being. The results were published on 30 September 2003. This study needs also to be discussed by the Committee. In a letter to the Lower House of the Dutch Parliament, the government wrote that it would ask the Health Council for a recommendation concerning follow-up activities. In that advisory report, the Committee will discuss the TNO report as well as various other recent publications about possible effects on cognitive functions.

Published advisory reports

2.1 Mobile phones

The advisory report entitled *Mobile telephones. A health-based analysis* ⁽³⁵⁾ was published on 28 January 2002. It supplements the previously published report *GSM base stations* ⁽³³⁾.

In this advisory report, the Committee provides a summary of the technical aspects of mobile phones considered to be relevant to exposure to electromagnetic fields. This is followed by a brief summary of current scientific knowledge concerning the possible health effects of such exposure. On this basis, the Committee concludes that there is no reason to revise its recommendations with regard to exposure limits ^(36,37). Since the strength of the electromagnetic fields generated by mobile phones remains below those limits, the Committee concludes that no health problems can be expected to occur as a direct result of exposure to those fields. Furthermore, the Committee feels that there are no health-based reasons for limiting the use of mobile phones by children.

The Committee does think it possible, however, that health problems could arise indirectly as a result of electromagnetic interference with medical equipment. While most equipment is sufficiently well screened against such effects, malfunctions might occur in exceptional cases. For this reason, the Committee upholds previous recommendations about maintaining a minimum distance from certain types of equipment. It also urges that the technical specifications of the equipment in question be tightened up.

Finally, the Committee draws attention to the danger of using mobile phones while driving. Simply conducting a conversation via a mobile phone has an adverse effect on

concentration, and therefore on road safety. The Committee recommends to promote that individuals conducting vehicles in traffic refrain from using a mobile phone, even while using a hands-free set.

2.2 Recommendations for research

On 4 February 2003, the Committee published an advisory report entitled *Health effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields: Recommendations for research* ⁽²²⁾. In preparing this report, the Committee has complied with a government request to identify areas in which there are major gaps in scientific knowledge, as well as fields in which research could be carried out in the Netherlands. The Committee urges that a centre of scientific expertise be established, to coordinate research.

Developments in the area of low-frequency fields

3.1 Introduction

In recent years, several major state-of-the-art reports have been published on the possible effects of exposure to extremely low-frequency (ELF) electromagnetic fields. In previous publications, the Committee has examined a report by the National Institute of Environmental Health Services (NIEHS) in the USA, which was published in 1998 ⁽¹⁾. This report's authors concluded that they could not exclude the possibility that ELF magnetic fields might influence the development of leukaemia in children, and acute lymphatic leukaemia in adults. Subsequent reports by the International Agency for Research on Cancer (IARC) ⁽⁴⁴⁾ and the British National Radiological Protection Board (NRPB) were published in 2001 ⁽⁵⁶⁾. Both reports conclude that, while there is an association between exposure to ELF magnetic fields and leukaemia in children, there is no evidence of a causal relationship. In 2002, California's Department of Health Services (DHS) published a report by the California EMF Program ⁽⁵⁸⁾. While their conclusions are comparable to those of other the reports, the authors of this report were more firmly convinced about carcinogenicity than the others. It should be pointed out, however, that the Californian approach was radically different from that adopted elsewhere. Accordingly, the Committee feels that it is important for the procedures and conclusions reported in the Californian DHS report to be compared with those of the other organisations. It first discusses the formal evaluation of carcinogenicity by the IARC. This involved the use of fixed methods which are also employed for a wide range of other agents. Next, the Committee turns its attention to the DHS report.

The possibility that exposure to ELF electromagnetic fields might affect the course of pregnancy is, in the Committee's view, a topic which requires separate consideration. In 2002, a debate was unleashed by the publication of two epidemiological studies on this subject in the scientific literature ^(50,53).

3.2 Comparison of IARC and DHS procedures

3.2.1 Procedure followed by the IARC

Classification of carcinogenicity

The International Agency for Research on Cancer (IARC), an agency of the World Health Organization (WHO), has completed a formal evaluation of the possible carcinogenicity of static and extremely low-frequency fields ⁽⁴⁴⁾. This work was carried out in the context of the WHO's International EMF Project.

When conducting assessments of this kind, the IARC uses a fixed classification system for the strength of the scientific evidence (see table 1).

Table 1 IARC classification of the strength of the scientific evidence.

Sufficient evidence of carcinogenicity
Limited evidence of carcinogenicity
Insufficient evidence of carcinogenicity
Evidence suggesting lack of carcinogenicity

On the basis of this classification, a number of classes have been created into which the various agents are grouped (see table 2). The term 'agent' refers to a chemical substance or mixture of substances, to a physical agent such as radiation, or to a situation in which exposure can occur.

Table 2 IARC classification into groups on the basis of carcinogenicity.

Group	Description
1	the agent is carcinogenic to humans
2A	the agent is probably carcinogenic to humans
2B	the agent is possibly carcinogenic to humans
3	the agent is not classifiable as to its carcinogenicity to humans
4	the agent is probably not carcinogenic to humans

Annex B contains descriptions of the classification and of the various groups.

IARC conclusions

These IARC evaluations are carried out by working groups, consisting of external experts with a wide range of backgrounds. The IARC secretariat gathers the literature and draws up draft texts. These texts and the underlying literature are critically discussed by the working group during a multi-day meeting, after which a final evaluation of carcinogenicity is recorded.

The evaluation of static and ELF electric and magnetic fields was published as an IARC monograph ⁽⁴⁴⁾. This publication contains brief descriptions of all relevant studies, accompanied by the working group's comments, where appropriate. The final conclusions are as follows:

- There is *limited evidence* in humans for the carcinogenicity of ELF magnetic fields in relation to childhood leukaemia.
- There is *inadequate evidence* in humans for the carcinogenicity of ELF magnetic fields in relation to all other forms of cancer.
- There is *inadequate evidence* in humans for the carcinogenicity of static electric or magnetic fields and ELF electric fields.
- There is *inadequate evidence* in experimental animals for the carcinogenicity of ELF magnetic fields.
- No data relevant to the carcinogenicity of static electric or magnetic fields and ELF electric fields in experimental animals were available.

The final conclusions are as follows:

- ELF magnetic fields are *possibly carcinogenic to humans (group 2B)*.
- Static electric and magnetic fields and ELF electric fields *are not classifiable as to their carcinogenicity to humans (group 3)*.

Comments of the Committee on the IARC report

What are the ramifications of this conclusion? Firstly, the Committee emphasises that this does not mean that ELF magnetic fields are actually carcinogenic, simply that they *might* be. In this regard, IARC's conclusion is entirely consistent with the Committee's findings as reported in previous advisory reports, that there appears to be a statistically consistent association between living in the vicinity of overhead power lines (which involves exposure to elevated levels of ELF magnetic fields) and the occurrence of leukaemia in children.

The Committee, like the IARC itself, points out that there is no evidence to support the existence of a causal relationship here. Nor has research yet uncovered any evi-

dence that a causal relationship might exist. Nevertheless, new suggestions for possible mechanisms (such as the melatonin hypothesis^{*}) are regularly put forward. However, none of these hypotheses can presently explain how ELF magnetic fields exposure might lead to cancer.

Is this statement by the IARC sufficient reason to recommend that steps be taken to, for example, limit children's long-term exposure to ELF magnetic fields? Since the conclusion of the IARC is not different from that of the Committee, it adheres to its previously expressed view that, on the basis of the current level of knowledge, there is no reason to take such action.

The IARC has placed a total of 236 agents in group 2B. However, not for all of these agents has their possible carcinogenicity lead to measures by the authorities to limit exposure. In many cases these are agents with which there is regular contact in daily life.^{**}

3.2.2 Procedure followed by the California Department of Health Services

Estimation of disease probability

Another major report was recently produced by the Californian Department of Health Services (DHS)⁽⁵⁸⁾. Its approach to this topic was radically different from that adopted by the IARC, and from that used in other reports drawn up by groups of experts. In this report, three DHS employees (all of them experts in the effects of ELF electromagnetic fields) estimate the extent to which exposure to these fields increases the probability of suffering a range of different health effects. Unlike the IARC, they do not restrict themselves to the various forms of cancer. Their estimates also cover diseases such as Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS or Lou Gehrig's disease), Alzheimer's disease, and abnormalities of the heart, as well as miscarriages, congenital deformities and suicide.

At the start of the process, the researchers give an *a priori* estimate which is based on their general knowledge of the various effects. All three produced a low figure, ranging from five to twelve percent. They then carefully studied all of the available literature and discussed it with one another and with other experts. Following this, they made a fresh estimate. In the case of several forms of cancer and various other health effects, the

* Melatonin is a hormone produced by the pineal gland. It plays a role in the circadian rhythm, but it also acts as a free-radical scavenger. Free radicals are highly reactive molecules that can cause damage to DNA. There are indications that in rodents the melatonin level in the blood is influenced by exposure to ELF fields. In humans this has never been demonstrated, however.

** Examples of such agents include coffee, acetaldehyde (a substance naturally occurring in grapes and wine, and in higher concentrations in oxidised wines such as sherry and Madeira), pickled vegetables but also crude diesel oil, bitumen and carbon black (produced by burning scented candles and released into the air from toner during photocopying).

second estimates were considerable higher than the initial ones. In terms of the IARC classification, the first reviewer's results would cause childhood leukaemia, for example, to be classified into group 1. The second reviewer's findings would cause this disease to be classified into group 2B, while the third reviewer would place it in group 2A. The estimated classifications for other forms of cancer are also higher than those accorded by the IARC. Their respective classifications for adult leukaemia were groups 1, 2B and 2B, while brain tumours in adults were classified into group 2B. The estimates for miscarriages and ALS also fall into IARC's group 2B (possible cause).

Comments of the Committee to the DHS report

The differences between the individual researchers are quite striking. One tended to give higher estimates of the risks than the other two. The approach used has of course its limitations. It is based on the views of only three people. Nevertheless, the individuals in question are experts in the field of epidemiology, and they, in turn, were advised by other experts. There were none of the multidisciplinary group discussions that are so characteristic of expert committees, however, which may well have imposed certain limitations.

On the other hand, the report indicates that those involved in most committee processes endeavour to achieve a consensus. It sees this as a disadvantage, since divergent views are not put forward, except in exceptional cases, where a minority standpoint is expressed. In addition, since committee meetings are usually not open to the public, it is often unclear how these committees reached a given conclusion. The authors of the DHS report also participated in the meetings of the expert groups at the NIEHS and/or IARC. They highlight one problem with meetings of this type, which is that a tight meeting schedule is followed in a relatively short period of time. Not only is there a great deal to discuss and but attempts must be made to achieve a consensus. This is only feasible where well advanced draft texts are available prior to the meetings in question. The greater part of such meetings is often devoted to a discussion of the texts. There is virtually no discussion of individual studies. Another criticism of the IARC's approach is that, on the one hand, the classification (as shown above) is relatively inflexible and that, on the other hand, the definition of what is to be classified as *limited evidence* or *insufficient evidence* is, in fact, rather loosely delineated.

The Committee concurs with this criticism. It also agrees with the view expressed by the DHS researchers that the procedure they have followed is more transparent than that used by many committees. Another advantage is that individual differences become clearer. On the other hand, the Committee also sees this as a disadvantage, since it would tend to emphasize one individual's views at the expense of the opinions of others. This adverse effect would be compounded if the individual in question tended to give

higher estimates of the risks than did the others. The Committee prefers discussion of the scientific material in multidisciplinary expert groups. While this is not always the most ideal procedure, it is nevertheless the best of the available options.

The ideal approach would be for every relevant publication to be discussed and reviewed within a committee. This would provide a basis for selecting studies of sufficient scientific quality, the results of which would then be used to evaluate the effects. However, this would be impractical, unless the entire committee had the opportunity to investigate this matter on a full-time basis, over a period of many months. It should be born in mind that the IARC report contains more than 800 references, which represent only a fraction of what is available.

The Committee concludes that the Californian researchers' approach is interesting. One of the most important results of using this approach is that *a priori* views can change radically, following a careful study of the literature. Broadly speaking, the conclusions of the DHS report are in keeping with those of the IARC. Both feel that it is *possible* that ELF magnetic fields could have a carcinogenic effect. The Committee does note that in the case of the DHS report this is the view of only three individuals. It attaches greater value to the conclusions of a group of experts with a wide range of backgrounds, such as those who drew up the NIEHS, IARC and NRPB reports, in spite of the many limitations inherent to a group-based approach of this type.

The DHS report again is no reason for the Committee to revise its position regarding the risks of ELF magnetic field exposure.

3.3 Exposure to ELF electromagnetic fields and miscarriage

The risk of miscarriage, related to exposure to ELF magnetic fields, was investigated in two large-scale epidemiological studies which were published in 2002^(50,53). They will be discussed in sections 3.3.2 and 3.3.3. First a short overview is given of earlier research.

3.3.1 Previous studies

Previous studies into the relation between ELF electric and magnetic fields and miscarriages focused on exposure caused by computer monitors in the work environment, by electric blankets, or by electrically heated waterbeds. Many epidemiological studies have investigated the connection between miscarriages and the use of computer monitors by pregnant women; however, no relation has been found. Nor have studies into the link between miscarriages and the use of an electric blanket, or an electrically heated waterbed revealed a consistent relationship.

The major limitation of most studies is that there is no reliable estimation of personal exposure. Exposure is often derived from the intensity and duration with which the computer monitor or electric blanket is used. In just a few cases, measurements of the electric or magnetic field at the source were taken. The use of proxy measures of exposure is likely to lead to errors in the estimate of actual exposure. Also, studies do not take account of other sources. Such limitations impair the ability of an epidemiological study to detect an association.

In recent studies, exposure to ELF magnetic fields in various types of surroundings was determined by measuring personal exposure over a 24-hour period. In the following two sections the Committee discusses what these studies show regarding the risk of miscarriage.

3.3.2 *The first study in California*

Lee *et al.* carried out a case-control study* as part of a larger study into pregnancy and health in California⁽⁵⁰⁾. Cases were defined as women who had suffered a miscarriage prior to the 20th week of pregnancy. Controls were women in their 30th week of pregnancy. In the 30th week, 24-hour measurements were made of the exposure of cases and controls to ELF magnetic fields using personal exposure meters. This was supplemented by a daily activity diary completed by each of the participants.

The selected measures of personal exposure were (1) the time-weighted average magnetic field strength, (2) the variation in field strength and (3) the maximum field strength. The participants' exposure was divided into four equal categories (quartiles), in which exposure in the lowest category served as the reference value. The final study group consisted of 155 patients and 509 controls. A limited sub-study was carried out to determine whether personal exposure in the 30th week was the same as in the 12th week (the first 'susceptible' trimester of pregnancy) prior to a miscarriage. The study population consisted of a random sample taken from the 531 individuals participating in the larger study. In the sub-study, the first measurement was carried out in the 12th week, after which the participants were monitored until the 30th week, when the second measurement was carried out.

* In a case-control study, a group of patients suffering from a certain disease is compared with a control group which is comprised of individuals not suffering from the disease, but who correspond as closely as possible to the study group with regard to a number of relevant characteristics. Researchers then investigate whether exposure to the factor of interest differs between the groups. If this is the case, then this is an indication that the factor might be causal to the disease.

In addition to the personal exposure measurements, the wire code^{*} was used as a parameter of exposure. Magnetic field strength was also measured at the participants' front doors and inside their dwellings.

The study found a positive link between the occurrence of miscarriages on the one hand and the variation in the magnetic field strength and the maximum magnetic field strength on the other. These measures of exposure show a dose-response relationship for exposure to higher field strengths and miscarriages. Exposure to the maximum field strength in the highest category (more than 3.5 microtesla, μT) was found to be associated with a significantly increased risk (*odds ratio*)^{**} of 2.3 (95% confidence interval: 1.2 - 4.4)^{***}.

No statistically significant positive link was found for the mean time-weighted exposure over the course of the measurement period. The risk in the highest exposure category (above 0.128 μT) was 1.7 (confidence interval 0.9 - 3.2). Nor were any links found with the wire code or with the field strengths measured in the domestic environment. The analysis included a thorough investigation of other factors that might provide an explanation for the link in question.

The study had a number of limitations. Personal exposure measurements were limited to fifty percent of the initial number of participants. The researchers could not entirely exclude the possibility of selection bias. Conversely, cases and controls for whom exposure measurements had been obtained had a virtually equal distribution (51% and 48% respectively).

The sub-study revealed a weak correlation between the exposure measurements made in the 12th week and the 30th week. The correlation for maximum field strength and the variation in field strength scored particularly poorly (0.09 and 0.19). There was a better correlation for exposure to the time-weighted mean field strength (0.64). These

* The wire code is a division of all of the components of an overhead electricity distribution system into a limited number of categories – the number of lines with high and low voltage, their respective locations and the positioning of the transformers – with all of these factors being related to the distance from a residence. There is a certain correlation between the categories and the strength of the electromagnetic field at the residence.

** The odds ratio is the ratio of the risks for a certain event for those who are exposed to a given risk factor (in this case ELF electromagnetic fields) and for those who are not so exposed. The term is used in case-control studies. With infrequent events, such as a miscarriage, the odds ratio (like the relative risk in follow-up studies) can be seen as the factor by which the risk of a miscarriage increases at a given exposure. An odds ratio or relative risk of 1 means that there is no elevated risk of suffering a miscarriage.

*** The uncertainty associated with a mean value falls within the 95% confidence interval, which indicates the limits within which it is 95% certain that the risk is located. If 1 falls within the confidence interval, the relationship is statistically not significant.

poor correlations mean that the study's assumed values for maximum field strength and for variation in field strength are unreliable.

3.3.3 *The follow-up study*

The results of Lee's study⁽⁵⁰⁾ prompted a follow-up study by Li *et al*, in which 2729 pregnant women (with a known pregnancy duration of 10 weeks or less) were approached⁽⁵³⁾. Of these women, 1380 agreed to participate in this study.

Personal interviews were used to obtain information about possible risk factors for suffering a miscarriage and other disruptive factors. After the interview, the women were fitted with a personal exposure meter. This device measured and recorded their exposure to ELF magnetic fields over a 24-hour period. In addition, the participants maintained a daily activity diary throughout the measurement period. In addition, more extensive measurements than those used in Lee's study were made inside and around the participants' dwellings. The wire code was also identified and recorded. Useful data was obtained from 969 women (39% of the original number of pregnant women approached).

The measures of exposure used were (1) the mean time-weighted exposure (with an a priori selected cut-off point of 0.3 μT) and (2) the maximum magnetic field strength (with a post hoc selected cut-off point of 1.6 μT). In this study, the measurement of exposure took place prior to miscarriage rather than afterwards. This represents a major improvement over the previous study.

The results of the study showed that the risk of miscarriage increased at higher maximum magnetic field strengths, with a threshold at around 1.6 μT . The relative risk (RR) was 1.8 (95% confidence interval 1.2 - 2.7). The association was stronger for early miscarriages (within the first 10 weeks of pregnancy) (RR = 2.2; 95% confidence interval 1.2 - 4.0) and for women with a previous history of multiple miscarriages or reduced fertility (RR = 3.1; 95% confidence interval 1.3 - 7.7). Exclusion of women whose activity pattern deviated from their normal activity pattern throughout the measurement period led to an even stronger association between exposure to maximum magnetic field strength (in excess of 1.6 μT) and suffering a miscarriage. No associations were found with mean time-weighted exposure, environmental measurements or with the wire code.

One limitation of the study is the relatively small number of participants (equivalent to 39% of the original number of candidate participants), even though the authors maintained that this bore no relationship to exposure to maximum magnetic field strengths. Another point of discussion is whether the 24-hour measurement is representative of the relevant period of pregnancy. The authors point out that any errors in estimating the

exposure to magnetic fields would, if anything, tend to diminish the identified association.

3.3.4 *Comments of the Committee*

One of the strengths of both of these epidemiological studies is the use of personal exposure meters to measure participants' exposure to ELF magnetic fields. This is important, because exposure is closely associated with daily activities and with any variation in such activities. Savitz, however, points out that the measurements of personal exposure and the exposure measures derived from them might actually introduce errors into estimates of exposure. This is because behavioural characteristics are closely intertwined with exposure to magnetic fields⁽⁶⁶⁾. In Lee's study, an elevated risk of miscarriages was associated with the maximum field strength and with the variability in field strength⁽⁵⁰⁾. Personal exposure was measured in the 30th week, both in pregnant women and in women who had suffered a miscarriage. Savitz pointed out that non-pregnant women are more mobile than their pregnant counterparts. Accordingly, this would tend to increase their risk of coming into contact with sources having a higher magnetic field strength, which means that both the maximum field strength and the variation in field strength would be larger. The question is then whether these measures of exposure can be used to explain the risk of suffering a miscarriage, especially in view of the poor correlation between these measures in the sub-study (as measured in the 12th and 30th weeks).

Similar points can be made with the follow-up study by Li *et al*⁽⁵³⁾. The absence of nausea in early pregnancy is a known risk factor for miscarriage^(19,20,70). This is also confirmed by Li's study. Savitz feels that the possibility cannot be excluded that nausea reduces the mobility of pregnant women. They would then be less at risk of coming into contact with higher magnetic field strength sources than would pregnant women who do not suffer from nausea. In short, the absence of nausea can account for the association between magnetic fields and miscarriages. Li showed in a further analysis in response to Savitz's comments, however, that symptomatic nausea is evenly distributed among the group of pregnant women with high exposure (peak magnetic field strength > 1.6 μ T) and the group of pregnant women with low exposure (peak magnetic field strength < 1.6 μ T)⁽⁵²⁾.

The evaluation discussed in section 3.2.2, which was carried out in the context of the Californian EMF Program, includes an assessment of the risk of miscarriages as a result of exposure to ELF magnetic fields. Ten computer monitor studies, three studies of electric blankets, and the two studies using measurements of personal exposure, which are described here were considered. All three reviewers feel that there may be a connection between exposure to ELF fields and miscarriages. However, it should be

remembered that two of the three reviewers (Lee and Neutra) are co-authors of one of the two studies using measurements of personal exposure.

The recent studies raise the question, once again, of whether there is a link between exposure to ELF magnetic fields and miscarriages. On the basis of the currently available data, still no conclusions can be drawn concerning a possible cause-effect relationship. Further prospective epidemiological studies, with careful exposure assessment, are needed to determine whether the association is consistent. In addition, research into a possible mechanism of action for the effect of ELF magnetic fields on pregnancy should be performed.

Developments in the area of radiofrequency fields

4.1 Introduction

What information has become available in the period reported upon on the possible adverse health effects of radiofrequency fields? And what is the opinion of the Committee on this new information? This is the central question in this chapter. First the Committee discusses briefly in section 4.2 the most important technical developments. Next, information from various sources is discussed: reports from the popular press on mobile telephones in enclosed spaces (section 4.3) and on communication systems used by the emergency services (section 4.2), data from experimental animal studies (section 4.5) and epidemiological data (section 4.6).

4.2 The implications of technical developments

4.2.1 UMTS

In the next two years, second generation mobile services (2G, GSM) will be supplemented and extended with 3rd generation (3G) services (UMTS). Besides speech, this will also enable video information to be transmitted at speeds of 64 to approximately 400 kbit/s. The network for these services will consist of a larger number of base stations than with GSM, but smaller service areas. In cities, this will involve small base stations fitted to the facades of buildings or to lampposts, with a coverage of several hundred metres (so-called picocells). The field strength imposed by UMTS antennas

will generally be smaller than that from GSM antennas, since UMTS enables the field strength to be adjusted to the area in which the user is located. However, constructing a 3G network alongside the existing 2G network will of course entail an increase in the total field strength.

4.2.2 *Wireless networks*

Over the course of the next two years there will probably be a rapid expansion of wireless networks (Wireless Local Area Network or WLAN) for computer systems and for access to Internet. Network equipment of this kind, which is already available from suppliers, is marketed under names such as WiFi and Wavelan. The current generation (11 Mbit/s) uses the 2.5 GHz band, however, new broadband systems (56 Mbit/s) using the 5 GHz band will soon be available. Aside from their in-home use, these systems are being increasingly used for public mobile Internet access for computers and PDAs (Personal Digital Assistants) in 'hot spots' such as hotels, stations, airports, industrial areas and shopping malls. The range of the access points in these systems is 50 - 100 m. The generated fields are comparable in strength to those of the 2G and 3G telecommunications services.

4.2.3 *Wireless peripheral equipment*

In addition to these networks, which are primarily targeted at wireless Internet access and communication between computers, wireless peripherals are likely to experience a period of enormous growth. Devices such as the computer mouse, the keyboard, the interactive tablet, the PDA, the GSM mobile phone and others will increasingly use wireless technology. They will be linked to the computer and to one another using technology such as Bluetooth.

Bluetooth is intended to link in particular small devices across short distances (up to 10 m) using a single radio chip. In addition to its use in wireless computer networks and mobile communication, Bluetooth can be used for numerous other applications, such as the remote control of domestic equipment or for reading data generated by such devices (washing machine, microwave, fridge, TV, alarm system, etc.). These miniature radio transmitters use very little power (a few milliwatts) and they only transmit for very short periods of time. Even though if large numbers of these tiny transmitters are in use, this does not mean that these technologies will result in any appreciable increase in field exposure.

4.2.4 Scanners

Finally, mention should be made of the rise of 'intelligent label' technology, which uses micro-radiotransponders operating in the 900 MHz and 2.5 GHz bands. The RFID tags are actually electronic barcodes which are activated by a radio scanner over short distances (several centimetres to several meters). The scanners will require little power, and there will be relatively few of them (cash registers in shops, warehouses, check-in desks, and the like). This means that they will not give rise to any appreciable field exposure, even at short distances.

4.3 Mobile phones in enclosed spaces

In May 2002, reports appeared in the media ⁽⁹⁾ that the simultaneous use of mobile phones by several individuals in enclosed spaces (such as train carriages, elevators and cars), could exceed the exposure limits proposed by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) ⁽⁴⁷⁾. These speculations were put forward by the Japanese researcher Hondou ⁽⁴¹⁾. This effect could lead to situations that might be hazardous to health, which would necessitate the introduction of measures to limit the use of mobile phones in such spaces.

However, Toropainen criticised various assumptions made in Hondou's calculations, and performed corrected calculations ⁽⁷¹⁾. In that, he took no account of absorption by furnishings and wall coverings, nor of radiation loss through windows and doors. He also assumed that the mobile phones would be continually transmitting at full power. In reality, therefore, the situation would always be better than in these calculations.

Toropainen calculated how many mobile phones would have to be present in a given space in order for the reference levels proposed by ICNIRP (the electrical and magnetic field strengths) or the basic restrictions (SAR values) to be exceeded.* In the case of 900 and 1800 MHz GSM mobile phones, 440 to 3200 telephones would be needed in train carriages, 80 to 640 telephones in an elevator, and 20 to 160 telephones in a car. In all

* The exposure limits proposed by the Health Council of the Netherlands ^(36,37), by ICNIRP ⁽⁴⁷⁾ and by the Council of the European Union ⁽¹⁵⁾ distinguish two types of limits. The basic restrictions are the actual exposure limits. These are values for parameters directly related to processes that may lead to health effects in an organism. The basic restrictions in the radiofrequency range are the Specific Absorption Rate (SAR) for frequencies up to 10 GHz and the power density of the electromagnetic field for frequencies between 10 and 300 GHz. The relevant biological effect is heating of the organism. The SAR is a measure of the rate of uptake of electromagnetic energy in the body. With that it is a measure of the conversion of this energy into heat and therefore of heating. In practice, the SAR is difficult to determine. Therefore so-called reference levels have been derived from the basic restrictions. These are values of the electric and magnetic field present at the location of the exposure in the absence of the exposed object. These fields strengths are relatively easy to determine. The reference levels are tools to assess compliance with the actual exposure limits, the basic restrictions.

cases, these figures vastly exceed the number of mobile phones that could possibly be present in such spaces.

The Committee considers the calculations of Toropainen to be correct and concludes that, even in the least favourable situation, the use of mobile phones in enclosed spaces cannot exceed the ICNIRP exposure guidelines.

4.4 New communication system for emergency services, C2000 (TETRA)

In the Netherlands and other European countries, the emergency services (police, fire brigade, ambulance) use a variety of communication systems. As a result, they cannot communicate directly with one another and all such communications have to be routed through a central switchboard. The current systems are no longer adequate, either in terms of capacity or quality. Several years ago, this led the Ministry of the Interior and Kingdom Relations, together with its counterparts in several other European countries, to select a new telecommunications system for the emergency services. A standard was developed for a digital system, known as TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*). This standard is used by all participating countries, therefore also communication across frontiers is possible. In the Netherlands, TETRA forms the basis for the C2000 system. The Ministry of the Interior and Kingdom Relations is currently engaged in setting up this system in the Netherlands.*

In England and Wales, the use of TETRA equipment has caused something of a commotion among police officers. Several hundred officers attribute a range of health complaints to the electromagnetic fields produced by the new handhelds. Two recent reports have fed the disquiet. One of these was drawn up by Trower⁽⁷²⁾, at the commission of the British police unions. The other, which was the largest source of information for Trower's report, was produced by Hyland⁽⁴³⁾. According to the Committee, the latter report contains dubious propositions and conclusions regarding the health effects of exposure to pulsed radiofrequency electromagnetic fields in particular. Hyland's views about the effects of electromagnetic fields on the human body have been severely criticised in the past, for example by scientists collaborating within COST (European Cooperation in the field of Science and Technology) action 281: *Potential Health Implications of Mobile Communication Systems*⁽¹⁴⁾.

In the Netherlands, publications on the above-mentioned reports and views have also led to concerns with the potential users of the C2000 system. Hyland's theories, however, are not based on scientific research.

* See <http://www.c2000.nl/>, for example.

One of Hyland's main arguments is that the TETRA signal could affect certain brain functions, since it is not emitted continuously but in pulses whose frequency corresponds to the frequency of natural brain activity. This reasoning is flawed, however, as previously described by the Committee in its report *Mobile telephones* ⁽³⁵⁾. Here, it briefly explains the issue once again.

The brain is known to function by means of chemical and electrical processes. That electrical activity can be measured, and the results show certain fixed wave patterns. These natural brain waves have frequencies of between 1 and 60 Hz. TETRA's basic frequency is around 390 MHz. That basic signal is not broadcast continuously, however, but in small simultaneous quantities. Like the GSM signal, the TETRA signal is divided into frames, which in turn are divided into a number of time slots. During each time slot, the system deals with information from a single conversation. Each TETRA frame is 56.7 milliseconds in length and contains four time slots, each 14.2 milliseconds in length. So one 14.2-ms packet is transmitted every 56.7 ms. Accordingly, 17.6 such packets are transmitted each second, giving a pulse frequency of 17.6 Hz.

In the report *Mobile telephones*, the Committee indicated that a pulse modulation of this kind can produce side-band frequencies, in addition to the main frequency. In this case, they are situated at a distance of 17.6 Hz from the main frequency. The entire signal therefore consists of a mix of 389.9999824 MHz, 390 MHz, 390.0000176 MHz, etc. Hyland and Trower are therefore incorrect in stating that the TETRA signal contains a 17.6 Hz signal, and that this is capable of adversely affecting mood or alertness, for example. There is no evidence that the brain can, in some way, extract a low frequency component from the complex TETRA signal.

It is pure speculation to suppose that the pulsating TETRA signal has the same effect on epileptics as flashing lights. It is indeed the case that light and TETRA signals are both types of electromagnetic field, but while the body has a sense organ (the eye) for sensing the former, this is not true of the latter. There is no scientific evidence that humans are able to detect those parts of the electromagnetic spectrum whose frequencies are lower than that of infrared (heat) radiation.

Altogether, Hyland's ideas do not accurately reflect the scientific situation. Trower goes even further by attributing a large number of diseases and defects to exposure to radiofrequency electromagnetic fields in general, and to TETRA signals in particular. The Committee considers this to be a resentful action. Under such circumstances it is hardly surprising that people are concerned, and that, partly as a result, they attribute any complaints that they may acquire to the new equipment.

The Committee emphasises that, in all cases, exposure resulting from the use of C2000 equipment does not exceed the limit values put forward in its previous advisory

reports, nor those of ICNIRP ^(37,47). Research carried out by TNO (the Netherlands Organisation for Applied Scientific Research) has shown that this applies both to portable and to fixed equipment and antennas ^(11,12). The Committee therefore fully endorses TNO's conclusions and those of the National Radiological Protection Board in the United Kingdom ⁽⁵⁷⁾ that, according to current standards, TETRA equipment is safe. There is no reason to assume that other, presently unknown, health effects might occur.

4.5 Experimental animal studies

4.5.1 Influence on the blood-brain barrier

In its report *Mobile telephones* ⁽³⁵⁾, the Committee presented a brief summary of scientific data concerning the possible influence of radiofrequency electromagnetic fields on the blood-brain barrier. * At the time, it concluded that research carried out during the 1970s and 1980s seemed to indicate that pulsed radiofrequency electromagnetic fields could affect the permeability of the blood-brain barrier in experimental animals, but that later research failed to confirm this. In two studies, however, Salford's group in Sweden found an effect at extremely low SAR values of approximately 1 mW/kg. The effect of continuous fields was larger than that of pulsed fields ^(59,62). To date, no satisfactory explanation has been put forward to account for these findings.

In 2001, Finnie reported measurements of the permeability of the blood-brain barrier in mice that had been exposed as non-genetically modified controls in the Utteridge study (see 4.2.2) ^(21,74). The animals were exposed to 900 MHz GSM-like electromagnetic fields, with whole-body average SARs of 0.25, 0.5, 1.0, and 4.0 W/kg for one hour per day and five days per week, for 104 weeks. None of the animals showed a change in the permeability of the blood-brain barrier.

In February 2003, Salford's group published a new study into effects on the blood-brain barrier. This work attracted considerable attention in the media ⁽⁶³⁾. In particular, a great deal of publicity was generated by the paper's suggestion that the frequent use of mobile phones by children might possibly cause them to develop Alzheimer-like symptoms at a relatively young age. However, many aspects of this study fail to meet the scientific quality requirements which should be imposed on research and which the Committee has repeatedly summarised in its reports ^(22,35,36). Adair has made a convincing case that this paper lacks essential information ⁽⁴⁾. For instance, there is no data regarding measurements of the field strength to which the experimental animals were exposed, no details of the dosimetry, and a lack of information concerning various vital

* The blood-brain barrier is a hydrophobic barrier formed by a continuous layer of cells between the interior of blood vessels and the surrounding nerve tissue in the brain. It is generally impermeable for water-soluble substances.

aspects of the exposure conditions. As a result, there is no way of determining what the SAR value in the brain has been. Questions still surround the method of determining neurological damage, both on the basis of the animals' behaviour during the follow-up period (which, incidentally, at approximately fifty days, is somewhat short) and by means of histopathology. In short, the article has serious scientific flaws.

In a recent review ⁽⁴²⁾, Hossman and Herman conclude that an increased permeability of the blood-brain barrier is probably of only limited neuropathological relevance. In addition, these effects fade rapidly following the termination of exposure.

Bearing all this in mind, the Committee maintains its standpoint from the *Mobile telephones* report ⁽³⁵⁾, that it has not been scientifically established that exposure to electromagnetic fields has any effect on the blood-brain barrier. Additional studies into such effects are currently in progress.

4.5.2 Carcinogenesis

Previous statements

In the report *Mobile telephones*, the Committee presented a brief summary of scientific data available at the time concerning the possible influence of radiofrequency electromagnetic fields, like those used in mobile phones, on the induction or development of cancer ⁽³⁵⁾. It concluded that there was no evidence of such effects, with the exception of the Repacholi study into the incidence of lymphomas ⁽²⁾. At that time, the Committee indicated that several groups were attempting to replicate the results of this study. One of these, which was published in the course of 2002, caused quite some discussion in the scientific world. Accordingly, the Committee feels that it is important to start this section by discussing this study at length and by comparing it to Repacholi's work. This is followed by a brief discussion of the other carcinogenesis studies.

Lymphomas in genetically modified mice

In 1997, Repacholi published the results of a study in which the exposure of mice to a 900 MHz GSM-like signal led to an increased incidence of lymphomas ⁽⁶¹⁾. The mice were genetically modified, resulting in a higher background incidence of these tumours compared to wild-type animals.

This study is often quoted as one of the strongest pieces of evidence that long-term exposure to the radiofrequency electromagnetic fields generated by mobile phones can promote the development of cancer. There are, however, various objections to the design and implementation of this study, so its conclusions cannot be taken at face

value. For instance, the animals were allowed to move freely around their cage during the period of exposure, which made it impossible to determine the SAR value of each individual mouse. These values could have been anywhere between 0.008 and 4.2 W/kg. In addition, the possibility cannot be excluded that localised hot spots might have developed, where the animals lay against one another. Another problem is that animals which survived to the end of the 18-month study were never subjected to a histopathological examination, to check that they were in fact free of tumours. Many animals in the control group survived to the end of this period, some of whom may indeed have had tumours that had not yet manifested. It is now too late to find out whether this was the case, and whether the results are consequently biased.

Following the publication of Repacholi's results, several groups, for instance in Italy and Australia, developed initiatives to replicate this work. The Italian study is not yet finished, but the Australian study has been completed. The results were published in 2002, by Utteridge⁽⁷⁴⁾. That publication has generated a great deal of criticism, leading to various reactions^(23,24,49,51). While many aspects of the original publication were indeed unclear or contradictory, some of these issues have been rectified by the authors' replies to the letters⁽⁷³⁾. The Committee concurs with the view that the Utteridge study cannot be seen as a replication of Repacholi's work. This is because there are too many differences between the two studies, partly as a result of improvements in the exposure set-up.

First, in Utteridge's study, the animals were kept in plastic cylinders during the period of exposure, in contrast to the procedure followed by Repacholi. This enabled an individual SAR to be obtained for each animal. However, restricting the animals' freedom to move may have resulted in stress, which might have influenced any response to the exposure⁽⁴⁹⁾. A supplementary report by Utteridge showed, however, that there was no difference between the number of lymphomas developed by animals which were placed in the plastic tubes but not exposed, and those which remained in the cages⁽⁷³⁾.

Another major point of difference between the two studies concerns the exposure schedule. In Repacholi's study, the animals were exposed for 30 minutes, twice a day, at set times. This was carried out seven days a week, for a period of 18 months. In Utteridge's study, logistical considerations dictated that exposure took place just once a day, for a period of one hour in the morning, although there are no details of the exact times. No animals were exposed at the weekends or on national holidays. The total period of exposure was 24 months. This difference alone means that the second study can not be considered to be a replication of the first.

A third important difference is the incidence of lymphomas in the non-exposed controls at the time when the final analysis of the data was being carried out. In Repacholi's study, this was approximately 28 percent at the end of the 18-month period. In

Utteridge's study, however, it was approximately 75 percent after 24 months, although the incidence after 18 months was about 20 percent. Thus, while there seems to be reasonable agreement between the incidence in both studies, it is difficult to make a meaningful comparison, since the first study's failure to examine the surviving animals meant that incidence may have been underestimated. Furthermore, in the second study, it is not clear how the animals who developed tumours after 18 months (and which, at that time, may well have had non-manifest tumours) were incorporated into that interim incidence. In any case, a background incidence of 75 percent is a poor basis on which to establish a possible effect of exposure. For this reason, the Committee does not attach any great value to Utteridge's figures for incidence at 24 months after the start of exposure (table 1 in Utteridge's publication⁽⁷⁴⁾). The odds ratios (see figures 3 and 4 in the same publication⁽⁷⁴⁾), which were calculated on the basis of the incidence, simply do not lend themselves to interpretation. This is because the numbers cited in this figure differ from those shown in table 1 of that publication. The only items to which the Committee can attach any value are the survival curves as plotted by the researchers after they had corrected the figures in response to comments regarding their original publication⁽⁷³⁾. These corrected survival curves showed that exposure involving SARs from 0.25 - 4 W/kg had no effect on survival.

The Committee concludes that the Utteridge study is not a replication of Repacholi's work, and that it should therefore be assessed independently. This leads to the conclusion that, in this genetically modified mouse strain, the pattern of survival is not affected by weekday exposures of one hour to a GSM signal of approximately 900 MHz that produced SAR values of 0.15 - 4 W/kg.

Other recent studies on lymphomas and other tumours

Other recent studies have also addressed the effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields like those used in mobile phones on lymphomas, and on other tumours.

Zook and Simmens' study in rats primarily focused on the effect of continuous or pulsed 860 MHz electromagnetic fields on the induction of brain tumours and on the development of chemically induced brain tumours⁽⁷⁶⁾. Following the experiment, all of the remaining animals were subjected to a histopathological examination. This was not restricted to brain tumours alone, but looked for a range of cancers, including lymphomas. Exposure took place for six hours per day, five days per week, starting when the animals were two months old and continuing until they reached an age of twenty four months. The average SAR was 1 W/kg in the brain and 0.27 - 0.42 W/kg for the rest of the body. While the researchers found no effects, they did record that the group which

had received the highest dose of chemicals and which had been exposed to pulsed fields tended to have more brain tumours than the controls. However, since the difference was not significant, it cannot be concluded that this was actually an effect. Nor does the data show any difference between the two control groups, which indicates that being confined inside a plastic cylinder for six hours had no effect. Furthermore, on the basis of behavioural observations, the authors reported that the animals rapidly became accustomed to being confined in the cylinders.

Heikkinen studied the influence of exposure to continuous fields such as those generated by (analogue) NMT phones, and of pulsed GSM-like signals on the development of tumours induced by ionising radiation, including lymphomas⁽³⁹⁾. The animals were exposed to 900 MHz fields, with SAR values of 1.5 W/kg (NMT) or 0.35 W/kg (GSM), 1.5 hours per day, 5 days per week for 78 weeks. The animals were held in plastic cylinders throughout the period of exposure. All animals were subjected to a histopathological examination. Exposure to electromagnetic fields had no significant effect on any of the tumour types investigated.

One commonly used model for inducing mammary tumours in rats involves administering the animals with the chemical dimethylbenz[a]anthracene (DMBA). Using this model, Bartsch studied the effect of a 900 MHz GSM signal on tumour development⁽⁸⁾. After being given DMBA, animals were continuously exposed in their cages using SAR values of 0.018 - 0.07 W/kg, until virtually all of them had developed a tumour (after about one year). Three sequential experiments found no effects on the time of tumour induction, or on the rate and nature of mammary tumour development.

Two other studies investigated the effect of exposure to electromagnetic fields on skin tumours. Imaida used a model in which treatment with DMBA is used to induce skin tumours in mice⁽⁴⁵⁾. The animals are then treated with a second agent to determine whether it is capable of acting as a tumour promoter. One week after the administration of DMBA, the animals were exposed to a 1.5 GHz signal like that used by mobile phones in Japan. In this instance, the animals were exposed 1.5 hours per day, five days per week for a period of 19 weeks. The SAR on the skin was 2 W/kg. The average value for the entire body was 0.084 W/kg. The animals were held in plastic cylinders throughout the period of exposure. Upon completion of this 20-week period of treatment, the animals were sacrificed and their tumours subjected to a histopathological examination. Treatment with DMBA alone caused tumours in 3 percent (1/30) of the animals. A single treatment with the tumour promoter tetradecanoylphorbolacetate (TPA) was used as a positive control. This produced a tumour incidence of 97 percent (29/30). In animals exposed to electromagnetic fields and in sham-exposed controls, the incidence was 0 percent (0/48). The conclusion is that exposure to electromagnetic fields has no effect on the development of DMBA-induced skin tumours.

The second skin-tumour study was carried out by Heikkinen ⁽³⁸⁾. The initiating factor in this case was UV radiation. For 52 weeks, the animals were exposed to UV radiation (three times a week) and pulsed electromagnetic fields (five days a week, for 1.5 hours per day). The latter were either 849 MHz fields, as used in Digital Advanced Mobile Phone Systems, or 902 MHz GSM fields. The average SAR on those parts of the skin that were exposed to the UV radiation was 0.3-0.4 W/kg. In addition to wild-type mice, animals that had been genetically modified to express elevated levels of the enzyme ornithine decarboxylase were used in this study. Exposure to electromagnetic fields did not result in any effect on the development of the UV-radiation-induced skin tumours. The only exception was a slightly accelerated development of these tumours in the wild-type animals, but the difference with sham controls was not significant.

Conclusions

The evidence from the studies by Zook and Simmens ⁽⁷⁶⁾ and by Heikkinen ⁽³⁹⁾ is comparable to that found in Utteridge's work ^(73,74). It indicates that long-term exposure to radiofrequency electromagnetic fields has no effect either on the induction or the development of lymphomas, at least in non-genetically modified animals. In animals that had been genetically modified to experience a higher background incidence of lymphomas, Repacholi found an increased incidence of such tumours following exposure to GSM-like fields ⁽⁶¹⁾. No such finding emerged from Utteridge's study, which had a slightly different design.

The Committee concludes that there is no convincing evidence that, in experimental animals, the incidence of lymphomas and other types of tumours is influenced by life-time, virtually daily exposure to electromagnetic fields such as those used in mobile telecommunications.

4.6 Epidemiological studies

4.6.1 Brain tumours

Studies by Hardell

In its report *Mobile telephones* ⁽³⁵⁾, the Committee reported a study by Hardell into the incidence of brain tumours in users of mobile phones ⁽³⁰⁾. Hardell found no difference in mobile phone use between patients with brain tumours and healthy controls. The location of the tumour, however, was found to be associated with that side of the head against which the patients usually held their phone. Unfortunately, the small number of

patients included in the study, and problems with its design, make it impossible to draw any conclusions regarding a possible causal relationship.

Hardell and co-workers have since carried out a more extensive study (25-27). In addition to the use of mobile phones, this study also examined that of cordless telephones. Such telephones are only suitable for in-home use. Both the older types of cordless telephone and modern DECT models, have a power of 10 mW. This is well below that of mobile phones, which is a maximum of 2 W for the old 'analogue' telephones and 1 W for GSM phones (35).

In the new study, Hardell used the cancer registry to identify all patients in four Swedish regions who were diagnosed with brain tumours between 1997 and 2001. Suitable controls for the surviving patients were sought. This resulted in 1303 patient-control pairs. Information on the type and location of the patients' brain tumours was obtained from their medical records. Questionnaires were used to gather information about the extent of telephone use and about the side of the head against which the phones were preferentially held. A large number of relative risks was then calculated on the basis of this data. In some cases, the authors identified elevated risks, especially with regard to the incidence of certain benign tumours and the use of analogue mobile phones or cordless telephones.

In a Swedish Radiation Protection Authority report, two eminent epidemiologists, Boice and McLaughlin, commented on all previously published epidemiological studies into the relation between the use of mobile phones and the occurrence of cancer (10). In discussing Hardell's publications, these authors make various comments concerning the design and implementation of the study, and the interpretation of the data.

First of all, they state that the cases and controls are not sufficiently matched. Twice as many cases as controls (176 to 86) had previously been diagnosed with cancer before participating in the study. This may have influenced the incidence of brain tumours or even the use of a mobile phone. Since nothing is known about the distribution of these patients (and ex-patients) across the various groups of users, there is no way of determining the extent of such influence.

As indicated, only surviving patients were included in the study. This has the advantage that the patients can fill in the questionnaire personally and that a supplementary diagnosis can be made, enabling the tumour's location and histological type to be accurately determined. A problem with this approach is that no data is available for the more than 500 patients who died before the questionnaires were distributed. As a result, the distribution of tumours in those patients who were included is not representative of the entire group. Only 36 percent of the tumours in the selected group were malignant, although the percentage of brain tumours that are malignant is generally much higher (5,46). It is not known how this non-representative distribution might have affected the results.

Hardell reported that the use of both analogue mobile phones and cordless telephones was associated with elevated risks. As stated, however, the power of cordless telephones is a factor of 200 less than that of analogue mobile phones. The field strengths to which the cordless telephone users are being exposed are therefore correspondingly lower. If it is assumed that exposure to the electromagnetic fields emitted by the telephones is the cause of the development of brain tumours, then it is highly unlikely that such large differences in power would be found to have a comparable degree of risk. Furthermore, there is no known biological effect that might be able to account for such risks. Also, Boice and McLaughlin point out that multivariate analysis produced substantially lower relative risk values for analogue telephones than did univariate analysis, yet this did not apply for cordless telephones. These inconsistencies indicate that there are flaws in the study's design. They assume that patients with brain tumours were able to recall their use of both mobile and cordless telephones better and in greater detail than were the controls, because they consider this use as a possible cause of their disease. This introduces bias into the results.

Another debatable item in the Hardell study is the 'laterality'. This involves the possibility that tumours occur more often on that side of the head against which the telephone is usually held. Using the phone on the right or left side of the head is largely determined by whether one is left or right handed. No correction was made for this in Hardell's study, and it is therefore not known whether left or right handedness is related to the location of the brain tumour.

In this paper, Hardell calculated more than 200 relative risk values. For this reason, Boice and McLaughlin propose that many elevated risks can be accounted for by chance. The Committee does not entirely concur with this view. While this is theoretically possible, the elevated relative risks are nevertheless too structured for them all to be attributed to chance. Many elevated relative risks can be accounted for by the relative large number of acoustic neuromas in Hardell's extensive study. An analysis of histological subtypes shows that this is the only type of tumour with a substantially elevated incidence in brain tumour patients who have made extensive use of analogue mobile phones. No mention was made of this in Hardell's first study⁽²⁸⁻³⁰⁾, nor in the other epidemiological studies^(46,48,55).

Boice and McLaughlin conclude that Hardell's more extensive study also has so many flaws that it cannot be used as a basis for drawing conclusions about whether there is a relation between the use of a mobile or cordless telephone and the incidence of brain tumours. The Committee endorses this point of view.

The Auvinen study

A second recently published epidemiological study is that by Auvinen from Finland ⁽⁷⁾. Three hundred and ninety-eight patients who had been diagnosed with a brain tumour in 1996 were selected from the cancer registry. Five controls were identified for each case. Data obtained from mobile phone companies was used to determine whether the cases and controls had private subscriptions. It was not possible to establish whether there was a relation between having a subscription of this kind and the incidence of brain tumours.

The Committee would like to make a few remarks on this study. Firstly, the mere possession of a subscription conveys little information about a person's exposure. The authors were unable to determine whether the subscriber and the user were one and the same person. Furthermore, business subscribers were excluded, even though it was stated that in 1996 more than half of all subscriptions in Finland were business-related. In addition, it was found that in all groups the percentage of subscribers was low. With regard to analogue telephones, only ten percent of the cases and seven percent of the controls had a subscription. For digital telephones, this was four percent for both groups. Moreover, subscriptions had been held for only relatively short periods. Only 4 percent of the cases with an analogue telephone, and 3 percent of their controls had held a subscription for more than 2 years. For digital telephones, 3 percent of cases and 2 percent of controls had subscribed for a period of 1 to 2 years, and no-one had held a subscription for more than 2 years. Consequently, there are only very small numbers of subjects in the categories with the longest subscription periods.

On the basis of these considerations, the Committee concludes that this study provides little or no relevant information about a possible causal relationship between the use of a mobile phone and the occurrence of brain tumours.

4.6.2 *Melanomas of the eye*

In Germany, Stang used questionnaires to investigate the effect of risk factors in the workplace on the incidence of various rare types of cancer ⁽⁶⁹⁾. One of the questions concerned the long-term use of radios, mobile phones or comparable equipment. One of the conclusions based on the combined data from two studies was that the risk of developing melanoma of the eye is four times greater for mobile phone users than for others. However, it is unclear how this study distinguished one piece of equipment from the others in the study, in terms of the extent to which they were used. Nor is there any data about the duration of actual use, or about exposure. Furthermore, no account was taken of an individual's private use of a mobile phone. In addition, no correction was made for exposure to UV radiation or other possible causal factors.

The Committee concludes that, on the basis of this study, no statements can be made regarding a possible causal relationship between mobile phone use and the incidence of melanoma of the eye. It would like to add that, when normal use is made of a mobile phone, the resultant electromagnetic fields within the eye are of relatively low strength.

In Denmark, Johansen carried out a cohort study into the incidence of various forms of cancer in mobile phone users ⁽⁴⁸⁾. In previous publications, the Committee focused on the results of this study relating to brain tumours, which indicated that there was no association ⁽³⁵⁾. This study also investigated the incidence of melanomas of the eye. Here too, no association was found.

The Committee concludes that there is no evidence of an association between mobile phone use and the incidence of melanomas of the eye.

Non-specific symptoms and exposure to electromagnetic fields

5.1 Introduction

The health problems that have been linked to the effects of electromagnetic fields on the nervous system are very varied, nor are they specific to any generally recognised disease category. They are usually designated as non-specific physical symptoms.

Information on these symptoms is the central issue in section 5.2. In medical circles, the symptoms are often assumed to have a psychological background, while those affected by these symptoms usually feel that there is a neuronal explanation. Section 5.3 discusses explanatory psychological models.

5.2 Medically Unexplained Physical Symptoms

Several studies have examined the occurrence of non-specific symptoms in response to exposure to electromagnetic fields ^(6,40,65). However, various objections have been raised concerning the methodology used in these studies. The main objection is that these symptoms occur quite frequently in the general population. In most cases, those participating in the studies were asked about the occurrence of such symptoms in relation to exposure to electromagnetic fields generated by mobile phones or base stations. Experimental designs of this type tend to favour reporting bias, all the more so when subjects are aware of the purpose of the study.

Physical and psychological symptoms, such as headache, locomotor system complaints (especially lower back pain), gastrointestinal symptoms, pseudo-neurological

symptoms (including fatigue, inability to concentrate, difficulty sleeping) and hypersensitivity symptoms are very common in the general population^(16,17). The estimates vary widely, depending on the methods and criteria used. Reid⁽⁶⁰⁾ states that, at any given time, 75 percent of people suffer at least one of these symptoms for a period of one month. On an annual basis, 3 to 36 percent experience a more distinct 'syndrome'.

In the literature, these symptoms are referred to by a variety of terms. The most commonly-used and neutral term is Medically Unexplained Physical Symptoms (MUPS). Another frequently used term is 'functional syndrome'. The preferred term, however, is MUPS. In addition, there are various psychiatric disorders which are mainly characterised by the occurrence of physical symptoms and worries about physical health. In the Netherlands, the *Diagnostic and Statistical Manual*, 4th edition, (DSM-IV) of the American Psychiatric Association and the *International Classification of Diseases* (ICD-10) are the most widely used classification systems for psychiatric disorders. These systems use the term 'somatoform disorders'.

Various studies, especially those carried out in the primary health care system, have demonstrated that there is a statistical association between the occurrence of MUPS and psychiatric disorders. Such symptoms are particularly common in patients with anxiety disorders and depression⁽⁵⁴⁾. However, it would be incorrect to assume that individuals with MUPS invariably also suffer from a psychiatric disorder.

5.3 Explanatory psychological models

Regardless of whether there is sufficient scientific evidence that exposure to electromagnetic fields produces health effects, patients or their doctors regularly attribute symptoms or disorders to such exposure. Some of these patients have a demonstrable medical disorder, others do not. Some brain-tumour patients have taken legal action against mobile phone companies.

Two core notions play a role in this: stress and attribution. Stress involves psychologically mediated physical changes, particularly affecting the autonomic nervous system and the components of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis. The stress response can be seen as the physiological response to a threat. It can be associated with physical symptoms such as palpitations, heightened muscle tension (resulting in a headache) or nervousness. Cognitive factors play an important role, since they determine the degree to which a given event or situation is seen as threatening.

Attribution is the cognitive process involved when someone with these symptoms attributes them to a given cause. Attribution is determined by a large number of factors, including psychological ones such as mood and personality, and external factors such as prevailing views about the causes of diseases. In individual cases, stress and attribution can both be involved, and can reinforce one another. For example, a stimulus that is

related to exposure, such as the humming sound produced by some items of electrical equipment, can produce anxiety. This might produce autonomic arousal symptoms such as palpitations or disturbed sleep, which subsequently can be attributed to exposure to electromagnetic fields. This may invoke a state of anxiety, especially since the heightened state of arousal can produce heightened alertness to both internal stimuli (physical symptoms) and external stimuli (in this case, the humming signal) ⁽⁶⁴⁾.

Also of importance in the explanation of frequently occurring symptoms is the nocebo response. Unlike a placebo effect, a nocebo effect is when someone who is influenced by an *expected* reaction to a medication, or some other agent, develops an adverse reaction even though the agent in question has not actually been administered or is unlikely to have caused the response in question. Various epidemiological studies have shown that there is an overlap between Environmental Hypersensitivity (EHS) and Multiple Chemical Sensitivity (MCS). This certainly makes studies of alleged exposure to chemical or nuclear substances all the more interesting. Winters *et al* ⁽⁷⁵⁾ showed in healthy volunteers that it is possible to generate an aversive reaction by exposing them to an unpleasant olfactory stimulus (ammonia). In the first phase of the experiment, conditioning (with the aid of CO₂) was used to link the odour to subjective distress. Test subjects who had been informed in advance that the experiment was part of a study into the health effects of air pollution showed a more marked nocebo response (distress) than test subjects who had been given neutral information about the study.

Nocebo effects are also considered to be pertinent in the case of symptoms that arise in the wake of environmental disasters. Havenaar *et al* ⁽³¹⁾ found evidence that previous marked deteriorations in perceived health are statistically correlated to the perceived risk arising from the disaster in question. After the event, those who saw the disaster as a top-category hazard and who felt that they had the least control over their degree of exposure, suffered the highest number of symptoms and visited their GP most often.

Risk perception is more generally considered to be of major importance when disquiet arises with regard to local environmental factors ⁽³²⁾. Besides individual factors, there are social factors involved, particularly the way in which details of the risk factor are communicated within the community. This involves a phenomenon known as 'amplification of risk' ⁽⁶⁸⁾. This term describes the phenomenon that some risks are seen as more hazardous by the general population than they are by experts. This phenomenon has been frequently investigated for various risks, including the risk posed by ionising radiation ⁽⁶⁷⁾, but it is also quite likely to be relevant in the case of non-ionising electromagnetic fields.

5.4 Conclusion

Some people attribute a variety of symptoms to exposure to electromagnetic fields. However, past work involving experimental exposure has shown that there is no causal relationship between these symptoms and any kind of exposure.

Precautionary Principle

6.1 Introduction

While scientific knowledge regarding exposure and health risks plays a vital role in standard setting, the government must also take social and political factors into consideration. In recent years, society have been increasingly demanding that the Precautionary Principle be used in a range of areas, including exposure to electromagnetic fields. One reason in particular has led to this, and that is the possibility of the occurrence of non-thermal effects. In the perception of the public, application of the Precautionary Principle is equivalent to reducing exposure.

The Precautionary Principle was explicitly included in the EC treaty, as one of the basic principles of environmental policy ⁽³⁾. Partly on the basis of jurisprudence by the Court of Justice of the European Communities, however, it is also being used in other areas of policy such as public health ⁽¹⁸⁾. In February 2000, the European Commission presented a statement on the use of the Precautionary Principle, for the information of the member states ⁽¹³⁾.

Early 2004, the Health Council will establish a Precaution and Public Health Committee. This committee will prepare an elaborate and general advisory report on precaution. In this chapter, the Electromagnetic Fields Committee of the Health Council discusses its statements on application of the Precautionary Principle from previous reports (section 6.2). Next, the Committee gives a further explanation of its views on the Precautionary Principle (section 6.3).

6.2 Precautionary Principle and electromagnetic fields in previous reports

The Committee has made statements in previous advisory reports about the restriction of exposure, on the basis of the Precautionary Principle, to levels below the exposure limits proposed by the Health Council and other advisory bodies. This was partly in response to specific questions on this topic in various requests for advice. In the report on GSM base stations, the Committee concluded that in none of the three categories of non-thermal effects under review (biological effects, carcinogenesis and non-specific symptoms) were there any reasonable grounds for suspecting the existence of a health risk⁽³³⁾. It therefore saw no reason to set the exposure limits, on the basis of the Precautionary Principle, at levels below those which were proposed on the basis of thermal effects. Nevertheless, the Committee did urge that further research be conducted to determine whether the fields could cause non-thermal effects. The Committee reached similar conclusions in the advisory reports on low-frequency electromagnetic fields and on mobile phones^(35,36).

6.3 Explanation of the Committee's point of view

Those responding to these advisory reports often enquired about the Health Council's apparently contradictory standpoint. On the one hand it stated that no health effects had been found other than those on which the exposure limits were based, and that these limits do not need to be reduced even if the Precautionary Principle is invoked. On the other hand, the Council urged that further research be carried out. In the light of such enquiries, the Committee takes this opportunity to further clarify its point of view on the Precautionary Principle.

The central message that the Committee wishes to convey is that application of the Precautionary Principle is not, by definition, the same thing as taking measures to reduce exposure. It can also include other actions. The banner of the Precautionary Principle actually covers a multitude of measures, varying from moderate measures such as the monitoring of (scientific) developments or the provision of information, through more active participation in the process of acquiring knowledge by carrying out research, up to stronger measures such as lowering exposure limits. In the Committee's view, the latter type of measures is what the European Commission means when it states that the Precautionary Principle should be applied when there is a *reasonable suspicion* of the existence of a health risk.

The Committee formulates the approach to always apply the Precautionary Principle in association with exposure to electromagnetic fields more explicitly here than was the case in previous reports. It also concludes that this approach is actually already being

followed in practice, when the Precautionary Principle is interpreted as described above. After all, the Committee was originally established for the purpose of monitoring scientific developments in this field, and reporting on them. If it feels that, at a given point in time, scientific knowledge appears to be on the verge of indicating that health effects might occur at exposure levels below the current limits, then it will make a statement to this effect in its publications, and make proposals to reduce exposure. The Committee takes the view that carrying out further research, as indicated in its February 2003 report ⁽²²⁾, together with monitoring scientific developments and publishing its findings in the Annual Updates, are adequate steps in the current context of precautionary measures.

The Committee finally points out that the World Health Organization (WHO) is currently developing a framework for the application of the Precautionary Principle.* This Precautionary Framework uses the same approach as that outlined above – a range of possible measures.

* See www.who.int/peh-emf .

References

- 1 Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. NIEHS Working Group report. Research Triangle Park, NC: National Institute of Environmental Health Sciences, National Institutes of Health, 1998. Publication NIH 98-3981.
 - 2 Actieprogramma Gezondheid en milieu. Handelingen Tweede Kamer, vergaderjaar 2001-2002, nr 28089-2. Den Haag: SDU uitgeverij, 2002. (In Dutch)
 - 3 Treaty establishing the European Community. Consolidated version. Internet: http://europa.eu.int/eur-lex/en/treaties/selected/livre2_c.html. Consulted November 2003.
 - 4 Adair, E. R. Identifying serious science: some examples from mobile telecommunications. In: IBC conference Mobile Health and the Environment, London: 2003.
 - 5 Ahlbom, A. and Feychting, M. Re: Use of cellular phones and the risk of brain tumours: a case-control study (letter). *Int J Oncol*, 1999; 15: 1045-1047.
 - 6 Altpeter, E.S. *et al.* Study on the health effects of the shortwave transmitter station of Schwarzenburg, Berne, Switzerland. Bern: Bundesamt fur Energiewirtschaft, 1995; BEW Publication Series Study No. 55.
 - 7 Auvinen, A. *et al.* Brain tumors and salivary gland cancers among cellular telephone users. *Epidemiology*, 2002; 13: 356-359.
 - 8 Bartsch, H. *et al.* Chronic exposure to a GSM-like signal (mobile phone) does not stimulate the development of DMBA-induced mammary tumors in rats: results of three consecutive studies. *Radiat Res*, 2002; 157: 183-190.
 - 9 BBC News. Trains 'trap mobile phone radiation'. Internet: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/1961484.stm>. Consulted May 2002.
 - 10 Boice, J.D. and McLaughlin, J.K. Epidemiologic studies of cellular telephones and cancer risk. Stockholm: Swedish Radiation Protection Authority, 2002; 2002:16.
-

- 11 Clemens, C.H.M. *et al.* Study of the possible effects on health of the use of portable terminals within the
C2000 radionetwork. The Hague: TNO Physics and Electronics Laboratory, 2002; report nr FEL-02-C152.
- 12 Clemens, C.H.M. and Woltering, A.B. Stralingsniveaus in de nabijheid van C2000-basisstations. Den Haag:
TNO Fysisch en Electronisch Laboratorium, 1998; rapport nr FEL-98-C236. (In Dutch)
- 13 Commission of the European Communities. Communication from the Commission on the precautionary
principle. Brussels: Commission of the European Communities, 2000; rapport nr COM(2000) 1.
- 14 COST281. Scientific comment on individual statements of concern about health hazards of weak EMF.
Internet: http://www.cost281.org/activities/hyland_comment_final23-11-2001.pdf, 2001. Consulted March
2003.
- 15 Council of the European Union. Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of
the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz). Off J Eur Comm, 1999; L199: 59-70.
- 16 Eriksen, H.R. and Ursin, H. Sensitization and subjective health complaints. Scand J Psychol, 2002; 43: 189-
196.
- 17 Escobar, J.I. *et al.* Medically unexplained physical symptoms in medical practice: a psychiatric perspective.
Environ Health Perspect, 2002; 110 Suppl 4: 631-636.
- 18 Faure MG *et al.* Juridische afbakening van het voorzorgsbeginsel: mogelijkheden en grenzen. Den Haag:
Gezondheidsraad, 2003; publicatie nr A03/03. (Partly in Dutch)
- 19 Fenster, L. *et al.* Caffeine consumption during pregnancy and spontaneous abortion. Epidemiology, 1991; 2:
168-174.
- 20 Fenster, L. *et al.* Caffeinated beverages, decaffeinated coffee, and spontaneous abortion. Epidemiology,
1997; 8: 515-523.
- 21 Finnie, J.W. *et al.* Effect of global system for mobile communication (gsm)-like radiofrequency fields on
vascular permeability in mouse brain. Pathology, 2001; 33: 338-340.
- 22 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Gezondheidseffecten van blootstelling aan
elektromagnetische velden. Aanbevelingen voor onderzoek. Den Haag: Gezondheidsraad, 2003; publicatie
nr 2003/03. (In Dutch)
- 23 Goldstein, L.S. *et al.* Comments on "Long-term exposure of E μ -Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz
microwaves does not increase lymphoma incidence" by Utteridge *et al.*, Radiat. Res. 158, 357-364 (2002).
Radiat Res, 2003; 159: 275-276.
- 24 Goldstein, L.S. *et al.* Further Comments on "Long-Term Exposure of E μ -Pim1 Transgenic Mice to 898.4
MHz Microwaves does not Increase Lymphoma Incidence" by Utteridge *et al.* (Radiat. Res. 158, 357-364
2002). Radiat Res, 2003; 159: 835.
- 25 Hardell, L. *et al.* Cellular and cordless telephones and the risk for brain tumours. Eur J Cancer Prev, 2002;
11: 377-386.
- 26 Hardell, L. *et al.* Vestibular schwannoma, tinnitus and cellular telephones. Neuroepidemiology, 2003; 22:
124-129.
- 27 Hardell, L. *et al.* Further aspects on cellular and cordless telephones and brain tumours. Int J Oncol, 2003;
22: 399-407.
-

- 28 Hardell, L. *et al.* Ionizing radiation, cellular telephones and the risk for brain tumours. *Eur J Cancer Prev*, 2001; 10: 523-529.
- 29 Hardell, L. *et al.* Case-control study on radiology work, medical X-ray investigations, and use of cellular telephones as risk factors for brain tumors. *MedGenMed*, 2000; May 4.
- 30 Hardell, L. *et al.* Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: a case-control study. *Int J Oncol*, 1999; 15: 113-116.
- 31 Havenaar, J.M. *et al.* Perception of risk and subjective health among victims of the Chernobyl disaster. *Soc Sci Med*, 2003; 56: 569-572.
- 32 Health Council of the Netherlands. Local environmental health concerns; risk communication, exposure assessment and cluster investigation. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2001; publication nr 2001/10E.
- 33 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. GSM base stations. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2000; publication nr 2000/16E.
- 34 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. Electromagnetic Fields: Annual Update 2001. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2001; publication nr 2001/14.
- 35 Health Council of the Netherlands: Electromagnetic Fields Committee. Mobile telephones. A health-based analysis. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2002; publication nr 2002/01E.
- 36 Health Council of the Netherlands: ELF Electromagnetic Fields Committee. Exposure to electromagnetic fields (0 Hz - 10 MHz). The Hague: Health Council of the Netherlands, 2000; publication nr 2000/06E.
- 37 Health Council of the Netherlands: Radiofrequency Radiation Committee. Radiofrequency electromagnetic fields (300 Hz - 300 GHz). report nr 1997/01, Rijswijk: Health Council of the Netherlands, 1997.
- 38 Heikkinen, P. *et al.* Effects of mobile phone radiation on UV-induced skin tumorigenesis in ornithine decarboxylase transgenic and non-transgenic mice. *Int J Radiat Biol*, 2003; 79: 221-233.
- 39 Heikkinen, P. *et al.* Effects of mobile phone radiation on X-ray-induced tumorigenesis in mice. *Radiat Res*, 2001; 156: 775-785.
- 40 Hocking, B. *et al.* Childhood leukaemia and TV towers revisited (letter). *Aust N Z J Public Health*, 1999; 23: 104-105.
- 41 Hondou T. Rising level of public exposure to mobile phones: Accumulation through additivity and reflectivity. *J Phys Soc Jpn*, 2002; 71: 432-435.
- 42 Hossmann, K.A. and Hermann, D.M. Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. *Bioelectromagnetics*, 2003; 24: 49-62.
- 43 Hyland, G.J. The physiological and environmental effects of non-ionising electromagnetic radiation. Internet: http://www.europarl.eu.int/stoa/publi/pdf/00-07-03_en.pdf, 2001. Consulted March 2003.
- 44 IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum*, 2002; 80: 1-395.
- 45 Imaida, K. *et al.* Lack of promotion of 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-initiated mouse skin carcinogenesis by 1.5 GHz electromagnetic near fields. *Carcinogenesis*, 2001; 22: 1837-1841.
- 46 Inskip, P.D. *et al.* Cellular-telephone use and brain tumors. *N Engl J Med*, 2001; 344: 79-86.
-

- 47 International Commission on Non-ionising Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines on limits of exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (1 Hz - 300 GHz). *Health Phys*, 1998; 74: 494-522.
- 48 Johansen, C. *et al.* Cellular telephones and cancer - a nationwide cohort study in Denmark. *J Natl Cancer Inst*, 2001; 93: 203-207.
- 49 Kundi, M. Comments on "Long-term exposure of E μ -Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence" by Utteridge *et al.*, *Radiat. Res.* 158, 357-364 (2002). *Radiat Res*, 2003; 159: 274-278.
- 50 Lee, G.M. *et al.* A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidemiology*, 2002; 13: 21-31.
- 51 Lerchl, A. Comments on the recent publication on microwave effects on E μ -Pim1 transgenic mice (Utteridge *et al.*, *Radiat. Res.* 158, 357-364, 2002). *Radiat Res*, 2003; 159: 276-278.
- 52 Li, D.K. and Neutra, R.R. Magnetic fields and miscarriage. *Epidemiology*, 2002; 13: 237-238.
- 53 Li, D.K. *et al.* A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidemiology*, 2002; 13: 9-20.
- 54 Mayou, R. and Farmer, A. ABC of psychological medicine: Functional somatic symptoms and syndromes. *BMJ*, 2002; 325: 265-268.
- 55 Muscat, J.E. *et al.* Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer. *JAMA*, 2000; 284: 3001-3007.
- 56 National Radiological Protection Board. ELF electromagnetic fields and the risk of cancer. Chilton, Didcot, Oxon: National Radiological Protection Board, 2001. Documents of the NRPB, Vol 12, No 1.
- 57 National Radiological Protection Board. Possible health effects from Terrestrial Trunked Radio (TETRA). Report of an Advisory Group on Non-ionising Radiation. Chilton: National Radiological Protection Board, 2001. Documents of the NRPB, Vol 12, Nr 2.
- 58 Neutra, R.R., Delpizzo, V., and Lee, G.E. An evaluation of the possible risks from electric and magnetic fields (EMFs) from power lines, internal wiring, electrical occupations, and appliances. Oakland, CA: California Department of Health Services, 2002.
- 59 Persson, B.R.R. *et al.* Blood-brain barrier permeability in rats exposed to electromagnetic fields used in wireless communication. *Wireless Netw*, 1997; 3: 455-461.
- 60 Reid, S. *et al.* Frequent attenders with medically unexplained symptoms: service use and costs in secondary care. *Br J Psychiatry*, 2002; 180: 248-253.
- 61 Repacholi, M.H. *et al.* Lymphomas in E μ -Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat Res*, 1997; 147: 631-640.
- 62 Salford, L.G. *et al.* 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: 535-542.
- 63 Salford, L. *et al.* Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones. *Environ Health Perspect*, 2003; 111: 881-883.
- 64 Salkovskis, P. M. The cognitive approach to anxiety: threat beliefs, safety-seeking behavior, and the special case of health anxiety and obsessions. In: *Frontiers of cognitive therapy*, Salkovskis, P. M., Eds. New York: The Guilford Press, 1996.
-

- 65 Santini, R. *et al.* Symptomes rapportes par des utilisateurs de telephones mobiles cellulaires. *Pathol*, 2001.
- 66 Savitz, D.A. Magnetic fields and miscarriage. *Epidemiology*, 2002; 13: 1-4.
- 67 Sjöberg, L. Risk perception and credibility of risk communication. Stockholm: Center for Risk Research, 1992; report nr 9.
- 68 Slovic, P. Perception of risk. *Science*, 1987; 236: 280-285.
- 69 Stang, A. *et al.* The possible role of radofrequency radiation in the development of uveal melanoma. *Epidemiology*, 2001; 12: 7-12.
- 70 Stein, Z. and Susser, M. Miscarriage, caffeine, and the epiphenomena of pregnancy: the causal model. *Epidemiology*, 1991; 2: 163-167.
- 71 Toropainen, A. Human exposure by mobile phones in enclosed areas. *Bioelectromagnetics*, 2003; 24: 63-65.
- 72 Trower, B. Confidential Report on TETRA - Strictly for the Police Federation of England and Wales. Internet: <http://www.planningsanity.co.uk/reports/trower.htm>, 2001. Consulted March 2003.
- 73 Utteridge, T. Response to the letter of Goldstein *et al.* *Radiat Res*, 2003; 159: 836.
- 74 Utteridge, T.D. *et al.* Long-term exposure of E- μ -Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence. *Radiat Res*, 2002; 158: 357-364.
- 75 Winters, W. *et al.* Media warnings about environmental pollution facilitate the acquisition of symptoms in response to chemical substances. *Psychosom Med*, 2003; 65: 332-338.
- 76 Zook, B.C. and Simmens, S.J. The Effects of 860 MHz Radiofrequency Radiation on the Induction or Promotion of Brain Tumors and Other Neoplasms in Rats. *Radiat Res*, 2001; 155: 572-583.

A Committee

B IARC classification

Annexes

Committee

-
- Prof. dr EW Roubos, *chair*
professor of zoology, neurobiologist; University of Nijmegen
 - Dr LM van Aernsbergen, consultant
physicist; Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, The Hague
 - Prof. dr G Brussaard
professor of radiocommunications (emeritus); Eindhoven University of Technology
 - Dr J Havenaar
psychiatrist; ‘Altrecht’ Mental Health Care Foundation, Utrecht
 - FBJ Koops
biologist; Arnhem
 - Prof. dr FE van Leeuwen
professor of cancer epidemiology; Free University, Amsterdam
epidemiologist; The Netherlands Cancer Institute, Amsterdam
 - Dr HK Leonhard, consultant
physicist; Ministry of Economic Affairs, Groningen
 - Dr GC van Rhoon
physicist; Erasmus MC - University Medical Center Rotterdam
 - Dr GMH Swaen
epidemiologist; University of Maastricht
 - DHJ van de Weerd, MD
specialist in environmental medicine; Arnhem Municipal Health Service
-

- Prof. dr APM Zwamborn
professor of electromagnetic effects; Eindhoven University of Technology
physicist; Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO), The Hague
- Dr E van Rongen, *secretary*
radiobiologist; Health Council of the Netherlands, The Hague

IARC classification

Strength of the evidence

Sufficient evidence of carcinogenicity

In humans: a causal relationship has been established between exposure to the agent and human cancer.

In experimental animals: a causal relationship has been established between the agent and an increased incidence of malignant neoplasms or of an appropriate combination of benign and malignant neoplasms in (a) two or more species of animals or (b) in two or more independent studies in one species carried out at different times or in different laboratories or under different protocols. Exceptionally, a single study in one species might be considered to provide sufficient evidence of carcinogenicity when malignant neoplasms occur to an unusual degree with regard to incidence, site, type of tumour or age at onset.

Limited evidence of carcinogenicity

In humans: a positive association has been observed between exposure to the agent and cancer for which a causal interpretation is considered to be credible, but chance, bias or confounding could not be ruled out with reasonable confidence.

In experimental animals: the data suggest a carcinogenic effect but are limited for making a definitive evaluation because, e.g. (a) the evidence of carcinogenicity is

restricted to a single experiment; or (b) there are unresolved questions regarding the adequacy of the design, conduct or interpretation of the study; or (c) the agent increases the incidence only of benign neoplasms or lesions of uncertain neoplastic potential, or of certain neoplasms which may occur spontaneously in high incidences in certain strains.

Inadequate evidence of carcinogenicity

In humans: the available studies are of insufficient quality, consistency or statistical power to permit a conclusion regarding the presence or absence of a causal association between exposure and cancer, or no data on cancer in humans are available.

In experimental animals: the studies cannot be interpreted as showing either the presence or absence of a carcinogenic effect because of major qualitative or quantitative limitations, or no data on cancer in experimental animals are available.

Evidence suggesting lack of carcinogenicity

In humans: there are several adequate studies covering the full range of levels of exposure that human beings are known to encounter, which are mutually consistent in not showing a positive association between exposure to the agent and any studied cancer at any observed level of exposure.

In experimental animals: adequate studies involving at least two species are available which show that, within the limits of the tests used, the agent is not carcinogenic. A conclusion of evidence suggesting lack of carcinogenicity is inevitably limited to the species, tumour sites and levels of exposure studied.

Classification in groups

Group 1: The agent is carcinogenic to humans

This category is used when there is *sufficient evidence* of carcinogenicity in humans. Exceptionally, an agent may be placed in this category when evidence of carcinogenicity in humans is less than sufficient but there is *sufficient evidence* of carcinogenicity in experimental animals and strong evidence in exposed humans that the agent acts through a relevant mechanism of carcinogenicity.

Group 2A: The agent is probably carcinogenic to humans

This category is used when there is *limited evidence* of carcinogenicity in humans and *sufficient evidence* of carcinogenicity in experimental animals. In some cases, an agent

may be classified in this category when there is *inadequate evidence* of carcinogenicity in humans and *sufficient evidence* of carcinogenicity in experimental animals and strong evidence that the carcinogenesis is mediated by a mechanism that also operates in humans. Exceptionally, an agent may be classified in this category solely on the basis of *limited evidence* of carcinogenicity in humans.

Group 2B: The agent is possibly carcinogenic to humans

This category is used for agents for which there is limited evidence of carcinogenicity in humans and less than sufficient evidence of carcinogenicity in experimental animals. It may also be used when there is inadequate evidence of carcinogenicity in humans but there is sufficient evidence of carcinogenicity in experimental animals. In some instances, an agent for which there is inadequate evidence of carcinogenicity in humans but limited evidence of carcinogenicity in experimental animals together with supporting evidence from other relevant data may be placed in this group.

Group 3: The agent is not classifiable as to its carcinogenicity to humans

This category is used most commonly for agents for which the *evidence of carcinogenicity is inadequate* in humans and *inadequate or limited* in experimental animals. Exceptionally, agents for which the evidence of carcinogenicity is inadequate in humans but sufficient in experimental animals may be placed in this category when there is strong evidence that the mechanism of carcinogenicity in experimental animals does not operate in humans. Agents that do not fall into any other group are also placed in this category.

Group 4: The agent is probably not carcinogenic to humans

This category is used for agents for which there is *evidence suggesting lack of carcinogenicity* in humans and in experimental animals. In some instances, agents for which there is *inadequate evidence* of carcinogenicity in humans but *evidence suggesting lack of carcinogenicity* in experimental animals, consistently and strongly supported by a broad range of other relevant data, may be classified in this group.

