
TNO-onderzoek naar effecten van GSM- en UMTS-signalen op welbevinden en cognitie

Beoordeling en aanbevelingen voor nader onderzoek





Aan de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Onderwerp : aanbieding advies
Uw kenmerk : VGB/P&L 2444800
Ons kenmerk : U-886\EvR\RA\673-A2
Bijlagen : 1
Datum : 28 juni 2004

Mijnheer de minister,

Op 30 september 2003 heeft de Minister van Economische Zaken de Tweede Kamer geïnformeerd over de resultaten van een door TNO uitgevoerd onderzoek naar de mogelijke effecten op de gezondheid van blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van antennes voor mobiele telecommunicatie. Uit dit onderzoek bleek dat UMTS-signalen wellicht een negatieve invloed hebben op het welbevinden. Op 16 maart 2004 verzocht u de Gezondheidsraad, mede namens de Minister van Economische Zaken, de Staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en de Staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, u te informeren over de wetenschappelijke kwaliteit van het TNO-onderzoek, om aan te geven welk replicatie- en aanvullend onderzoek gedaan zou kunnen worden, om de objectiveerbaarheid van het begrip “ervaren welzijn” aan te geven en om te beoordelen of vermindering van het ervaren welzijn een voldoende ernstig gezondheidseffect is om maatregelen te rechtvaardigen. In het voorliggende advies beantwoordt de Commissie Elektromagnetische velden de door u gestelde vragen. De Beraadsgroep Stralingshygiëne van de Gezondheidsraad heeft het advies in de eindfase beoordeeld.

Ik bied u het advies *TNO-onderzoek naar effecten van GSM- en UMTS-signalen op welbevinden en cognitie. Beoordeling en aanbevelingen voor nader onderzoek* hierbij aan. Tevens heb ik dit advies vandaag aangeboden aan de Minister van Economische Zaken, de Staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en de Staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

Het TNO-onderzoek heeft in Nederland, maar veel meer nog in het buitenland, invloed op de perceptie van de bevolking over eventuele gezondheidseffecten van installaties voor mobiele

Gezondheidsraad

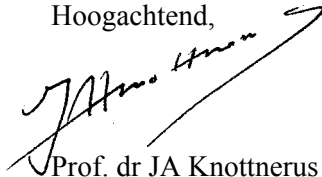
Health Council of the Netherlands



Onderwerp : aanbieding advies
Ons kenmerk : U-886\EvR\RA\673-A2
Pagina : 2
Datum : 28 juni 2004

telecommunicatie. Teneinde adequaat te kunnen reageren op die bezorgdheid onder de bevolking acht ik het van belang dat er op korte termijn meer wetenschappelijke duidelijkheid komt over de vraag of blootstelling aan UMTS-signalen een ongunstige invloed heeft op gezondheid en welbevinden. Ik onderschrijf daarom het pleidooi in dit advies en in het advies van 4 februari 2003 voor nader onderzoek.

Hoogachtend,



Prof. dr JA Knottnerus

TNO-onderzoek naar effecten van GSM- en UMTS-signalen op welbevinden en cognitie

Beoordeling en aanbevelingen voor nader onderzoek

aan:

de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

de minister van Economische Zaken

de staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

de staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

Nr 2004/13, Den Haag, 28 juni 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 & 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. *TNO-onderzoek naar effecten van GSM- en UMTS-signalen op welbevinden en cognitie*. Den Haag: Gezondheidsraad, 2004; publicatie nr 2004/13.

auteursrecht voorbehouden

ISBN: 90-5549-528-X

Inhoud

Samenvatting 8

1 Inleiding 13

1.1 De aanleiding: het onderzoek van TNO 13

1.2 De adviesaanvraag 14

1.3 De commissie 14

1.4 Leeswijzer 15

2 Het TNO-onderzoek 16

2.1 Doel 16

2.2 Opzet 16

2.3 Resultaten van het TNO-onderzoek 17

2.4 Aanvullende gegevens 18

2.5 Kwaliteit vragenlijsten 18

2.6 Conclusies en commentaar van de commissie 19

3 Elektromagnetische velden, cognitie en welbevinden 22

3.1 Effecten van blootstelling op cognitieve functies 22

3.2 Effecten van blootstelling op welbevinden 23

3.3 Lopend onderzoek 26

4	Advies	28
4.1	Beoordeling van het TNO-onderzoek	28
4.2	Wenselijkheid van aanvullend onderzoek	30
4.3	De meetbaarheid van welbevinden	32
4.4	Welbevinden en gezondheid	32

Literatuur 34

	Bijlagen	36
A	De adviesaanvraag	37
B	De commissie	39
C	Gegevens TNO-onderzoek	41
D	Vragen over het onderzoek en de daarop door TNO gegeven antwoorden	46
E	Commentaar op de in het TNO-onderzoek gebruikte methode voor meten van het welbevinden	51

Samenvatting

In september 2003 publiceerde TNO de resultaten van een onderzoek naar de effecten op het welbevinden en op cognitieve functies van blootstelling van proefpersonen onder gecontroleerde omstandigheden aan elektromagnetische velden in de vorm van GSM- en UMTS-achtige signalen (het COFAM* -onderzoek). Er zijn twee groepen proefpersonen onderzocht. Groep A bestond uit mensen met gezondheidsklachten die zij toeschrijven aan blootstelling aan elektromagnetische velden, doorgaans afkomstig van antennes van GSM-basisstations. Groep B was samengesteld uit mensen die dergelijke klachten niet hadden. Op grond van de uitkomsten van het onderzoek concluderen de TNO-onderzoekers dat er een negatieve invloed uitgaat van een UMTS-achtig signaal op het welbevinden in beide groepen.

Op verzoek van de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport geeft de commissie Elektromagnetische velden van de Gezondheidsraad in dit advies een oordeel over de wetenschappelijke kwaliteit van het TNO-onderzoek. Bovendien doet de commissie voorstellen voor replicatie- en vervolgonderzoek, en beantwoordt zij vragen over de definitie van het begrip ‘welbevinden’ en over de consequenties van een eventuele vermindering van het welbevinden.

* *COgnitive Functions And Mobiles*; in dit advies aangeduid als ‘het TNO-onderzoek’.

Oordeel met kanttekeningen

Het TNO-rapport heeft bij deskundigen binnen en buiten de commissie diverse vragen opgeroepen. Alvorens het TNO-onderzoek te beoordelen, heeft de commissie de naar haar oordeel belangrijkste vragen aan TNO voorgelegd. Deze vragen en de beantwoording daarvan door de projectleider van het TNO-onderzoek, zijn als bijlage bij dit advies gevoegd.

Op basis van het rapport en de antwoorden op de vragen, komt de commissie tot de conclusie dat opzet en uitvoering van het TNO-onderzoek van goede kwaliteit zijn. Bij de interpretatie van de gegevens maakt de commissie enkele kanttekeningen.

Blootstelling aan elektromagnetische velden in de vorm van een GSM-900 of GSM-1800 signaal had in geen van beide groepen proefpersonen effect op het welbevinden. Echter, bij blootstelling aan een UMTS-achtig signaal werd in beide groepen een weliswaar kleine, maar statistisch significante verhoging van de score voor het welbevinden gevonden (een hogere score duidt op verminderd welbevinden). Dit effect is gevonden na een blootstelling van slechts ongeveer een half uur, bij een voor de normale leefsituatie relatief hoge veldsterkte. In de praktijk zal blootstelling in de omgeving van operationele UMTS-antennes permanent plaatsvinden, maar aan lagere veldsterkten. Er kan op grond van de gegevens uit het TNO-onderzoek geen inschatting worden gemaakt of, en zo ja in welke mate, ook in de normale leefsituatie een effect op het welbevinden zal optreden.

De validiteit van de voor het meten van het welbevinden gebruikte vragenlijst staat ter discussie. Er kan daarom thans niet geconcludeerd worden dat een verandering in de score met die vragenlijst ook een verandering in het welbevinden aangeeft. Er zijn in het TNO-onderzoek voldoende gegevens verzameld om een beperkte controle op de zeggingskracht van de vragenlijst te kunnen uitvoeren. De commissie beveelt aan om die controle alsnog te verrichten.

Omdat de samenstelling van de twee groepen proefpersonen in een aantal opzichten verschilt, mogen de voor beide groepen gevonden uitkomsten niet onderling worden vergeleken. Er kan dus geen antwoord gegeven worden op de vraag of het gevonden effect bij de ene groep verschilt van dat bij de andere.

Na correctie voor meervoudige vergelijkingen, geven de resultaten van de cognitieve functietesten slechts op één onderdeel een klein maar statistisch significant verschil te zien tussen blootstelling en controle: groep B voerde de geheugenvergelijkingstest tijdens blootstelling aan het UMTS-signaal sneller uit dan tijdens gesimuleerde blootstelling. Het is onduidelijk of dit resultaat van belang is voor de gezondheid.

De TNO-onderzoekers hebben niet gevraagd of gecontroleerd of proefpersonen blootstelling konden waarnemen of meenden te ervaren.

Replicatie gewenst

Volgens de commissie zijn er goede redenen om het TNO-onderzoek te repliceren. De belangrijkste hiervan is dat, vanwege de grootschalige blootstelling, de resultaten van belang kunnen zijn voor de volksgezondheid. Het TNO-onderzoek is een eerste, explorerend onderzoek op dit gebied en is bovendien onderhevig aan de statistische onzekerheden die experimenteel onderzoek eigen zijn. De betrouwbaarheid van de resultaten wordt duidelijker na replicatieonderzoek. Een replicatieonderzoek zou moeten worden uitgevoerd door van TNO onafhankelijke onderzoekers, in dezelfde blootstellingssituatie als het TNO-onderzoek. Beperkte technische verbeteringen in de onderzoeksopzet zijn acceptabel en zelfs wenselijk, zoals het opnemen van meer proefpersonen en het controleren of het veld op een of andere wijze door de proefpersonen kan worden waargenomen.

De commissie beveelt aan om bij replicatieonderzoek dezelfde vragenlijst te gebruiken als in het TNO-onderzoek, om een goede vergelijking met het originele onderzoek te kunnen maken. Tegelijkertijd zou echter ook een gevalideerd meetinstrument voor het bepalen van de mate van welbevinden moeten worden gebruikt. Overeenkomst in de uitkomsten is dan een indicatie voor de validiteit van de TNO-vragenlijst. De vragenlijst zou, behalve met een vraag over het waarnemen van het elektromagnetische veld, ook kunnen worden uitgebreid met enkele vragen over verbetering van het welbevinden.

De commissie acht het van belang dat de groepen proefpersonen met en zonder klachten zoveel mogelijk met elkaar overeenkomen wat betreft leeftijd, geslacht en sociaal-economische status, zodat een onderlinge vergelijking van beide groepen mogelijk is. Op basis van het TNO-onderzoek kan de onderzoekshypothese voor replicatieonderzoek gedetailleerd worden geformuleerd en vervolgens worden getoetst met gebruikmaking van een vooraf in het onderzoeksprotocol vastgelegde statistische procedure.

Aanvullend onderzoek is wenselijk

De commissie concludeert, mede op grond van internationale consultaties, dat er behoefte is aan onderzoeken waarin – zoals in het TNO-onderzoek – blootstelling in de woonomgeving wordt gesimuleerd. Zij heeft dat al aangegeven in haar in februari 2003 uitgebrachte advies *Gezondheidseffecten van blootstelling aan elektromagnetische velden. Aanbevelingen voor onderzoek*. In slechts één van de thans lopende onderzoeksprojecten elders in de wereld wordt een situatie onderzocht die lijkt op die van het wonen in de nabijheid van een basisstation. In de overige onderzoeken vindt blootstelling plaats

door middel van een mobiele telefoon. In geen van de thans beschikbare onderzoeksbeschrijvingen wordt gerept over blootstelling aan een UMTS-sigitaal. Hier ligt een belangrijk onderzoeksterrein braak: juist omdat het TNO-onderzoek er op duidt dat UMTS-blootstelling wellicht tot gezondheidseffecten leidt, acht de commissie het van groot belang dat onderzoek wordt verricht naar effecten van UMTS-signalen.

Het TNO-onderzoek laat in de huidige opzet nog veel vragen open en roept ook nieuwe, belangrijke vragen op. De commissie adviseert daarom om vervolgonderzoek uit te voeren om antwoord op deze vragen te krijgen. De aanbevelingen voor verbeteringen in de opzet die zij hierboven voor replicatieonderzoek heeft gedaan, zijn uiteraard ook op vervolgonderzoek van toepassing.

Belangrijke vragen om in vervolgonderzoek te beantwoorden, zijn:

- Kan objectief worden vastgesteld dat sommige mensen gevoeliger zijn dan anderen voor blootstelling aan elektromagnetische velden?
- Is bij mensen die klachten hebben en die zij toeschrijven aan blootstelling aan elektromagnetische velden, de mate van eventuele veranderingen in het welbevinden of in cognitieve functies anders dan bij mensen die dergelijke klachten niet hebben?
- Wat is de invloed van geslacht en leeftijd op het effect van blootstelling?
- Bestaat er een dosis-effectrelatie tussen blootstelling aan elektromagnetische velden en effecten op het welbevinden en op cognitieve functies?
- Wat is de invloed van de blootstellingsduur op deze effecten?
- Leiden verschillende vormen van modulatie van de basisfrequentie tot verschillende effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden op het welbevinden en op cognitieve functies? Zo ja, wat is dat effect en hoe groot is het?
- Heeft terugkoppeling van de onderzoeksresultaten naar de proefpersoon een effect op het welbevinden? Kan, bijvoorbeeld, bij mensen die klachten hebben, de wetenschap dat deze bij blootstelling in het onderzoek niet optraden een geruststellend effect hebben?

Volgens de commissie en de door haar geraadpleegde deskundige kan welbevinden door middel van goed opgestelde vragen(lijsten) op een wetenschappelijke manier gemeten worden. De betrouwbaarheid van dergelijke metingen neemt toe naarmate de vragenlijsten meer zijn toegesneden op de vraagstelling. Inbreng door deskundigen op het gebied van psychologie en psychometrie acht de commissie bij dergelijk onderzoek onontbeerlijk.

Verminderd welbevinden heeft niet altijd gevolgen voor de gezondheid

De commissie meent dat vermindering van het welbevinden niet noodzakelijkerwijs een voldoende ernstig gezondheidseffect is om maatregelen te rechtvaardigen die dit effect

teengaan, maar dat dit afhangt van de mate van de vermindering van het welbevinden. Het is daarbij uiteraard van belang hoe vermindering van welbevinden gedefinieerd wordt. De Wereldgezondheidsorganisatie noemt gezondheid 'een toestand van volledig lichamelijk, geestelijk en sociaal welzijn, en niet louter het afwezig zijn van ziekte of gebrek.'^{*} Op grond van deze definitie zou elke vermindering van het welbevinden beschouwd moeten worden als een negatief effect op de gezondheid. Maar het is de vraag of een geringe mate van vermindering van welbevinden, bijvoorbeeld een zekere mate van hinder die niet tot psychische of lichamelijke effecten leidt, als negatief voor de gezondheid beschouwd moet worden. De commissie stelt zich op het standpunt dat slechts wanneer sprake is van objectief-aantoonbare opwekking of vergroting van lichamelijke of psychische klachten, sprake is van een gezondheidseffect dat om maatregelen vraagt.

De commissie is van mening dat er op grond van de resultaten uit het TNO-onderzoek niet kan worden vastgesteld of er een oorzakelijk verband bestaat tussen blootstelling aan elektromagnetische velden enerzijds en vermindering van welbevinden of schade voor de gezondheid anderzijds.

* Health is a state of complete physical, mental and social well-being, and not merely the absence of disease or infirmity.

Inleiding

1.1 De aanleiding: het onderzoek van TNO

Op 30 september 2003 zijn de resultaten bekend gemaakt van het door TNO uitgevoerde COFAM-onderzoek* naar de effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van GSM- en UMTS-antennes op cognitieve functies en op het welbevinden bij mensen. De resultaten van dit onderzoek zijn gepubliceerd in een TNO-rapport⁽²⁴⁾. De onderzoekers concluderen dat:

...er een statistisch significante relatie gevonden is tussen de aanwezigheid van radiofrequente velden die lijken op die van een UMTS basisstationsignaal en het ervaren welzijn van de proefpersonen.

Met betrekking tot de cognitieve prestaties vinden we, net als in de literatuur, statistisch significante relaties die veelal een verbetering van de cognitieve prestaties inhouden. Afhankelijk van de cognitieve taak vinden we voor GSM900, GSM1800 en UMTS voor zowel groep A als groep B statistisch significante relaties tussen de uitgevoerde taak en het wel of niet aanwezig zijn van het elektromagnetische veld. Een eenduidige conclusie over de oorzaken en het biologische mechanisme hierachter is op basis van deze resultaten niet te geven.

* *COgnitive Functions And Mobiles*; in dit advies aangeduid als 'het TNO-onderzoek'.

Met name de bevindingen betreffende de invloed van blootstelling aan een UMTS-sig-naal op het welbevinden hebben zowel in Nederland als in vele andere landen de aandacht getrokken.

De minister van Economische Zaken heeft, mede namens de minister van Volksge-zondheid, Welzijn en Sport en de staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimte Orde-ning en Milieu, de resultaten van het TNO-onderzoek aan de Tweede Kamer aangeboden. In de begeleidende brief schrijft hij:

Deze resultaten worden door ons serieus genomen, maar kunnen nu niet leiden tot definitieve beleidsconclu-sies. Onderzoeken als deze dienen op verschillende wijzen gevalideerd te worden. Zij dienen besproken te worden in internationaal verband. Het is van groot belang aandacht te schenken aan de vraagstelling of er daadwerkelijk, en zo ja in welke mate, een (blijvend) effect op de gezondheid is.

Verder stelt de minister:

Opgemerkt moet worden dat de opzet en het resultaat van dit onderzoek vooralsnog uniek zijn; herhaling hiervan door een onafhankelijk instituut is nodig om te bezien of de bevindingen van het door TNO gevoerde onderzoek bevestigd kunnen worden.

De minister heeft tevens aangegeven dat er vervolgonderzoek dient te komen:

Verder zal nader wetenschappelijk onderzoek moeten worden uitgevoerd of er een effect is van het veld-sterkteniveau, de gebruikte frequentie en signaalvormen maar ook of er verschillen te vinden zijn tussen mannen en vrouwen en tussen volwassenen en kinderen.

Aan de Gezondheidsraad zou gevraagd worden over dat vervolgonderzoek te adviseren.

1.2 De adviesaanvraag

Op 16 maart 2004 ontving de Gezondheidsraad een verzoek van de minister van VWS, mede namens de minister van EZ, de staatssecretaris van VROM en de staatssecretaris van SZW, om een wetenschappelijk oordeel te geven over het TNO-onderzoek en om aan te geven welk onderzoek als vervolg op dit onderzoek zou moeten worden uitge-voerd. De adviesaanvraag is als bijlage A bij dit advies opgenomen.

1.3 De commissie

De voorzitter van de Gezondheidsraad heeft de adviesaanvraag voorgelegd aan de Com-missie Elektromagnetische velden. Deze commissie is op 1 januari 2000 ingesteld voor

een periode van vier jaar. De raadsvoorzitter heeft inmiddels het mandaat van de commissie met twee jaar, tot eind 2005, verlengd. De samenstelling van de commissie is vermeld in bijlage B.

Bij het opstellen van dit advies is het commissielid prof. dr ir APM Zwamborn, projectleider van het bovengenoemde TNO-onderzoek, geen lid maar adviseur van de commissie geweest.

1.4 Leeswijzer

Het advies begint in hoofdstuk 2 met een korte beschrijving van het TNO-onderzoek. Hierna geeft de commissie in het vervolg van dit hoofdstuk haar oordeel over het onderzoek. In bijlage D zijn vragen opgenomen die het onderzoek heeft opgeroepen, en de antwoorden die TNO hierop heeft gegeven. De commissie heeft bij haar oordeel met deze gegevens rekening gehouden.

Omdat in de adviesaanvraag verzocht wordt om de aanbevelingen te plaatsen in het kader van internationaal onderzoek, geeft hoofdstuk 3 een kort overzicht van de stand van wetenschappelijke kennis over de effecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op cognitie en welbevinden, en van onderzoeken die, voor zover de commissie bekend, in uitvoering of gepland zijn.

Op grond van hetgeen in de hoofdstukken 2 en 3 is besproken, geeft de commissie in hoofdstuk 4, in haar antwoorden op de vragen van de bewindslieden, haar oordeel over het TNO-onderzoek en doet zij aanbevelingen voor replicatie- en vervolgonderzoek.

Het TNO-onderzoek

2.1 Doel

Het TNO-onderzoek is opgezet om vast te stellen of blootstelling aan het type elektromagnetische velden dat bij mobiele telefonie wordt gebruikt, bij een veldsterkte die in de leefomgeving voor kan komen, invloed heeft op het welbevinden of op het cognitief functioneren. De aanleiding daarvoor zijn specifieke gezondheidsklachten die door sommigen worden toegeschreven aan het wonen in de directe nabijheid van antennes voor mobiele telecommunicatie.

2.2 Opzet

Het TNO-onderzoek had een experimentele opzet en is dubbelblind uitgevoerd. Dit betekent dat noch de proefpersonen noch de onderzoekers wisten of er blootstelling plaatsvond. De proefpersonen zijn blootgesteld aan elektromagnetische velden die afkomstig waren van een GSM- of een UMTS-antenne. De blootstelling vond plaats in een zogenoemde anechoïsche ruimte, die zodanig is geconstrueerd dat er geen elektromagnetische velden van buitenaf kunnen binnendringen. De in de ruimte opgestelde antenne is daarmee de enige mogelijke bron van elektromagnetische velden waaraan de proefpersonen tijdens het onderzoek kunnen zijn blootgesteld.

Blootstelling vond plaats aan een 900 MHz GSM-signaal, een 1800 MHz GSM-signaal, of een 2100 MHz UMTS-signaal. De effectieve veldsterkte waaraan de proefpersonen waren blootgesteld was 0,7 V/m voor GSM en 1 V/m voor UMTS.

Iedere proefpersoon werd gedurende vier opeenvolgende blootstellingsperiodes getest. De eerste periode was steeds een oefensessie, waarin geen blootstelling plaatsvond, maar men vertrouwd werd gemaakt met de blootstellingsruimte en de uit te voeren cognitieve testen. In de drie daaropvolgende periodes vond gedurende twee daadwerkelijk blootstelling plaats, terwijl de blootstelling tijdens de derde periode gesimuleerd was. De simulatie hield in dat alle omstandigheden gelijk waren aan die in de periodes met daadwerkelijke blootstelling, zij het dat de antenne geen elektromagnetische velden uitzond. Elke proefpersoon werd aan twee van de drie frequentie-modaliteiten blootgesteld. Alle mogelijke combinaties en volgorden van blootstelling c.q. simulatie kwamen in gelijke aantallen in het onderzoek voor. Het proefschema is weergegeven in tabel C-2 in bijlage C.

Er waren, volgens de onderzoekers, zoveel mogelijk voorzorgen genomen om elke aanwijzing of de antenne aan of uit stond te vermijden. De aanwezigheid van een elektromagnetisch veld kon niet worden waargenomen door geluid of lichtsignalen. Er is echter niet gecontroleerd of de proefpersonen zich toch van de blootstelling konden vergewissen, bijvoorbeeld door een detector bij zich te dragen.

Tijdens de sessies werd aan de proefpersonen gevraagd om een aantal computergestuurde testen uit te voeren voor het bepalen van cognitieve functies (reactietijd, geheugenvergelijking, selectieve visuele aandacht, meervoudige taken). Om een mogelijke invloed van elektromagnetische velden die afkomstig zijn van de computermonitor te minimaliseren, is gebruik gemaakt van een TFT-beeldscherm. Direct aansluitend op elke sessie diende men een lijst met vragen te beantwoorden die betrekking hadden op het welbevinden tijdens de sessie.

In alle gevallen zijn de gegevens die zijn verkregen tijdens de sessies waarbij daadwerkelijke blootstelling plaatsvond, vergeleken met de gegevens van de sessies met gesimuleerde blootstelling.

Er waren twee groepen proefpersonen. Groep A bestond uit mensen die geregistreerd staan bij de Stichting Meldpuntennetwerk Gezondheid en Milieu met klachten die zij toeschrijven aan het wonen in de directe nabijheid van (doorgaans GSM-)antennes. De reden om uit deze groep proefpersonen te rekruteren was dat zij wellicht gevoeliger zijn voor elektromagnetische velden dan de doorsnee bevolking. De tweede groep proefpersonen, groep B, bestond uit vrijwilligers zonder dergelijke klachten. Demografische gegevens van beide groepen zijn te vinden in tabel C-1 in bijlage C. Er is geen informatie verzameld over de sociaal-economische status van de proefpersonen.

2.3 Resultaten van het TNO-onderzoek

De resultaten van de bepalingen van de cognitieve functies geven geen duidelijk patroon te zien. TNO heeft de gegevens getoetst met een onzekerheidsniveau van vijf procent en

vindt dan in sommige gevallen een statistisch significante verbetering of verslechtering van de betreffende functie. De verdeling van deze significante bevindingen over de onderzochte combinaties van categorie proefpersoon en type blootstelling lijkt echter willekeurig (zie de tabellen C-3 tot en met C-7 in bijlage C).

Wat betreft het welbevinden, zoals dat bepaald is door middel van de vragenlijst, is er een statistisch significant hogere score gevonden, dat wil zeggen een vermindering van het welbevinden, bij blootstelling aan het UMTS-signaal (zie tabellen C-8 en C-9 in bijlage C). Blootstelling aan de GSM-signalen, daarentegen, leverde geen significante verschillen in de score van het welbevinden op. Het verschil bij UMTS-blootstelling is bij beide groepen proefpersonen gevonden. In absolute zin is het effect bij de groep met klachten groter dan bij de andere groep (3,4 punten tegenover 0,9 punten op de gesommeerde score van maximaal 69). Vergelijking van beide groepen is echter niet mogelijk, omdat de samenstelling van de groepen in een aantal opzichten niet overeenkomt, met name zijn er verschillen in de leeftijdsopbouw en de man/vrouw-verhouding (zie tabel C-1 in bijlage C).

2.4 Aanvullende gegevens

Het door TNO gepubliceerde rapport over het onderzoek heeft vanuit de wetenschappelijke wereld diverse vragen opgeroepen over opzet en uitvoering van de experimenten en over de analyse van de gegevens. TNO is voornemens een aanvullend rapport op te stellen waarin deze vragen beantwoord worden. Op het moment van opstellen van dit advies was dit rapport nog niet beschikbaar. De commissie heeft de voor haar relevante vragen, aangevuld met eigen vragen, voorgelegd aan TNO. Deze vragen en de antwoorden van TNO, gegeven door prof. dr ir APM Zwamborn, de projectleider van het TNO-onderzoek, zijn vermeld in bijlage D.

2.5 Kwaliteit vragenlijsten

De commissie heeft aan een deskundige op het gebied van de psychometrie, drs HCM Vorst van de Universiteit van Amsterdam, om een oordeel gevraagd over de wetenschappelijke kwaliteit, relevantie en zeggingskracht van de in het TNO-onderzoek gebruikte vragenlijsten. Tevens is zijn oordeel gevraagd over de validiteit van de conclusies over veranderingen in het welbevinden die door TNO op grond van het vragenlijst-onderzoek zijn getrokken. De reactie van de heer Vorst is weergegeven in bijlage E.

Samengevat komt zijn oordeel er op neer dat de voor het meten van het welbevinden gebruikte vragenlijst in principe voor dit doel geschikt is, maar voor een heel ander type onderzoek gevalideerd is. Het is daarom volgens de heer Vorst onduidelijk of de zeggingskracht van de lijst, zeker in de door TNO gebruikte afgeslankte vorm, groot genoeg

is. De in het TNO-onderzoek verzamelde gegevens maken weliswaar enige controle op de meetkwaliteit van de vragenlijsten en de tests mogelijk, maar een dergelijke controle is niet uitgevoerd.

De geconstateerde effecten betreffende de vermindering van het welbevinden bij UMTS-blootstelling, lijken gezien hun systematische karakter zeker betrouwbaar. Dat geldt niet voor de afwezigheid van dergelijke effecten bij de GSM-blootstellingen. Die kan ook verklaard worden uit ruis of uit onbetrouwbare en/of gebrekkige metingen, en daarom vals-negatief zijn.

De commissie onderschrijft deze conclusies.

2.6 Conclusies en commentaar van de commissie

Het TNO-onderzoek is een van de eerste experimenten die volgens de algemeen geldende principes van experimenteel onderzoek zijn opgezet met als doel het mogelijk effect van elektromagnetische velden afkomstig van basisstations op het menselijk functioneren te onderzoeken. Het onderzoek is van goede kwaliteit en de verkregen gegevens worden door de commissie niet betwist.

Bij de interpretatie van de gegevens door TNO maakt de commissie echter de volgende kanttekeningen.

- Voorafgaande aan het TNO-onderzoek was er weinig tot geen gelijksoortig onderzoek uitgevoerd. Omdat het daardoor niet mogelijk was om op basis van bestaande gegevens hypothesen voor het TNO-onderzoek op te stellen, moet het onderzoek als exploratief worden beschouwd. Dat betekent dat het onderzoek niet puur hypothesetoetsend is geweest, maar ook deels hypothesegenererend. Dit is een argument om het onderzoek te repliceren, maar nu met een experimenteel gefundeerde hypothese (voortgekomen uit het TNO-onderzoek).
- Er zijn in het TNO-onderzoek meerdere variabelen gebruikt bij zowel de blootstelling (drie verschillende frequentie-modaliteiten) als bij de gemeten effecten (welbevinden en verschillende cognitieve functies). Er zijn dus in feite meerdere vraagstellingen onderzocht. Bij de statistische analyse van de gegevens dient hiervoor te worden gecorrigeerd, om te voorkomen dat statistisch significante resultaten worden gevonden op grond van toeval. Een hiertoe veel toegepaste methode is de Bonferroni-correctie (zie bijlage D voor uitleg). De commissie meent dat het TNO-rapport onvoldoende duidelijk maakt of en in hoeverre een dergelijke correctie voor meervoudige vergelijkingen is toegepast. De vragen die de commissie hierover vervolgens heeft gesteld zijn door TNO op een bevredigende wijze beantwoord en de Bonferroni-correctie is alsnog toegepast (zie bijlage D).
- De mate van zeggingskracht van de vragenlijst die is gebruikt om het welbevinden te meten, is onduidelijk. Het TNO-onderzoek heeft voldoende gegevens opgeleverd

om een (beperkte) controle op deze zeggingskracht uit te voeren, maar dit is niet gebeurd. De commissie beveelt aan om dit alsnog te doen. Daarnaast beveelt zij aan om bij vervolgonderzoek de door TNO gebruikte vragenlijst eerst te testen op meetkwaliteit. Een alternatieve mogelijkheid is om een ander meetinstrument te kiezen waarvan de kwaliteiten beter bekend en gevalideerd zijn

- De commissie constateert dat er geen informatie is verzameld over het eventueel ervaren van blootstelling, en dat niet is gecontroleerd of de proefpersonen op enigerlei wijze konden waarnemen of blootstelling plaatsvond. In replicatie- en vervolgonderzoek moet dit wel gebeuren.

Volgens de commissie kunnen, mede in het licht van de antwoorden op de aan TNO gestelde vragen, de volgende conclusies uit het onderzoek getrokken worden:

- Er is in beide groepen een statistisch significante verhoging van de score voor het welbevinden gevonden als gevolg van blootstelling aan elektromagnetische velden in de vorm van een UMTS-achtig signaal. Het effect is in absolute zin gering: 3,4 punten voor groep A en 0,9 punten voor groep B op een schaal van 69 (zie tabellen C-8 en C-9). Op basis van deze gegevens kan niet worden bepaald welke aspecten van het welbevinden zijn beïnvloed en evenmin wat de betekenis is van het effect voor de gezondheid.
- Blootstelling aan een GSM-900- of GSM-1800-signaal heeft in geen van beide groepen proefpersonen een effect op het welbevinden.
- Onverlet de onzekerheid over de validiteit van het gebruikte meetinstrument, de vragenlijst, lijkt de gemeten vermindering van het welbevinden bij UMTS-blootstelling, vooral vanwege het systematische karakter ervan, betrouwbaar. Dat geldt niet voor de afwezigheid van dergelijke effecten bij de GSM-blootstellingen; hier kan sprake zijn van vals-negatieve resultaten. Een beter inzicht in de zeggingskracht van de vragenlijst kan deze onzekerheid verminderen.
- Omdat de samenstelling van de twee groepen proefpersonen niet overeenkomt, mogen de voor beide groepen gevonden uitkomsten niet met elkaar worden vergeleken; in feite zijn het twee afzonderlijke, zij het simultaan, uitgevoerde experimenten.
- TNO heeft, op verzoek van de commissie, correcties uitgevoerd voor meervoudige vergelijkingen. De resultaten van de cognitieve functietesten geven, na deze correcties, slechts in één geval een statistisch significante uitslag: door groep B is de geheugenvergelijkingstest sneller uitgevoerd bij blootstelling aan het UMTS-signaal dan bij gesimuleerde blootstelling (tabel C-4). Het gevonden effect is gering (6,5 milliseconden) en de mogelijke betekenis van een dergelijk effect voor de gezondheid is onduidelijk.

De commissie merkt op dat de waargenomen vermindering van het welbevinden in het TNO-onderzoek is gevonden na een blootstelling aan UMTS-achtige elektromagnetische velden gedurende slechts ongeveer een half uur, en bij een veldsterkte die voor de normale leefsituatie relatief hoog is. In de praktijk zal blootstelling in de omgeving van operationele UMTS-antennes permanent plaatsvinden, maar aan lagere veldsterkten en aan een enigszins andere signaalvorm dan die welke in het TNO-onderzoek is toegepast. Er kan op grond van de gegevens uit het TNO-onderzoek geen inschatting worden gemaakt of, en zo ja in welke mate, ook in de normale leefsituatie een effect op het welbevinden kan optreden. Voorts kan de commissie niet uitsluiten dat de huidige significante effecten op toeval gebaseerd zijn. Zij acht het van belang om het onderzoek te repliceren, met name vanwege de te verwachten grootschalige blootstelling van de maatschappij aan UMTS-velden, het exploratieve karakter van het TNO-onderzoek en de mogelijke implicaties van de daarin gevonden effecten voor de volksgezondheid.

Elektromagnetische velden, cognitie en welbevinden

In de adviesaanvraag wordt verzocht om de aanbevelingen te plaatsen in het kader van internationaal onderzoek. Daarom geeft de commissie in dit hoofdstuk een kort overzicht van de stand van de wetenschappelijke kennis omtrent effecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op cognitie en welbevinden. Tevens geeft zij aan welke onderzoeken, voor zover haar bekend, in uitvoering of gepland zijn.

3.1 Effecten van blootstelling op cognitieve functies

Enkele recent verschenen *review* artikelen ^(6,7,16) geven een goed beeld van de wetenschappelijke kennis over de relatie tussen blootstelling aan elektromagnetische velden, onder meer door velden die afkomstig zijn van antennes die gebruikt worden bij mobiele telecommunicatie, en effecten op cognitieve functies. Bij alle onderzoeken naar de invloed van blootstelling aan GSM-gemoduleerde radiofrequente elektromagnetische velden op cognitieve functies bij de mens zijn mobiele telefoons als bron gebruikt. Blootstelling was altijd kortdurend. Samengevat luiden de conclusies:

- In sommige onderzoeken is een invloed gevonden van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op cognitieve functies.
- Er is weinig of geen consistentie tussen de resultaten van de onderzoeken.
- Onderzoeken zijn doorgaans niet dubbelblind uitgevoerd, wat afbreuk doet aan de waarde van de resultaten: het niet dubbelblind uitvoeren van experimenten kan leiden tot vals-positieve resultaten en – in zeldzame gevallen – tot vals-negatieve resultaten.

- Er is een groot aantal testen gebruikt om cognitieve functies te onderzoeken; het is daarbij niet altijd duidelijk of de gebruikte testen gevalideerd zijn.
- Er zijn geen effecten gevonden in een recent, uitgebreid en goed opgezet en uitgevoerd onderzoek van Haarala ⁽¹³⁾.

De commissie beschouwt het onderzoek van Haarala als het meest betrouwbare dat momenteel beschikbaar is. Het is uitgevoerd om te testen of de bevindingen van een eerder onderzoek ⁽¹⁹⁾ reproduceerbaar waren. In dit eerdere onderzoek stelden Koivisto en medewerkers proefpersonen bloot aan 902 MHz-signalen van een mobiele telefoon en maten het effect daarvan op een aantal cognitieve functies. Zij vonden een verandering in drie van de veertien toegepaste cognitieve functietesten. De blootstelling was echter niet duidelijk gedefinieerd en er waren geen metingen of berekeningen uitgevoerd van de veldsterkte waaraan de proefpersonen blootstonden. Bovendien werd in de analyse niet gecorrigeerd voor meervoudige vergelijkingen. Het herhalingsonderzoek van Haarala was uitgebreider en beter van opzet. Er waren meer proefpersonen (64 tegen 48 in het eerdere onderzoek) en er werd getest in twee onafhankelijk werkende laboratoria in Zweden en Finland. Ook werden uitgebreide metingen en berekeningen van de veldsterkte en van de lichaamstemperatuur verricht en is het onderzoek dubbelblind uitgevoerd. De proefpersonen voerden negen cognitieve testen uit waarvan er zes ook deel uitmaakten van het eerdere onderzoek. Er werd in dit uitgebreide onderzoek geen effect van blootstelling op enige geteste cognitieve functie gevonden.

De commissie concludeert dat er weinig onderzoek op het betreffende gebied is verricht. Zij vindt in de beschikbare gegevens geen overtuigende aanwijzingen voor het bestaan van enig effect van elektromagnetische velden op cognitieve functies bij de mens.

3.2 Effecten van blootstelling op welbevinden

Nog minder dan naar effecten op cognitieve functies, is onderzoek gedaan naar effecten op het welbevinden. Ook in deze onderzoeken was de mobiele telefoon steeds de bron van blootstelling. In vergelijking met het TNO-onderzoek was de veldsterkte waaraan de proefpersonen werden blootgesteld dus aanmerkelijk hoger.

Er zijn twee epidemiologische onderzoeken naar effecten op het welbevinden gepubliceerd. Sandström ⁽²¹⁾ onderzocht in Zweden en Noorwegen met behulp van een vragenlijst of er verschil is in het voorkomen van klachten* bij gebruikers van analoge *versus* digitale mobiele telefoons. Er werd geen verschil aangetoond. Wel werd er een

* Gevraagd werd naar duizeligheid, onbehaaglijkheid, concentratieproblemen, geheugenverlies, moeheid, hoofdpijn, warmte achter of in het oor, brandend gevoel in de huid, tintelingen of overige klachten.

statistisch significante associatie gevonden tussen de duur en het aantal gesprekken per dag enerzijds en het vóórkomen van warmte bij het oor, hoofdpijn en vermoeidheid anderzijds. Santini ⁽²²⁾ gebruikte eveneens vragenlijsten om gezondheidsklachten te inventariseren bij gebruikers van mobiele telefoons. In dit onderzoek werden meer concentratieproblemen gemeld bij gebruikers van GSM-1800-telefoons dan bij GSM-900-gebruikers. Vrouwen die een mobiele telefoon gebruikten, hadden meer last van slapeloosheid dan vrouwen die niet mobiel belden. Gebruikers van digitale telefoons hadden vaker klachten naarmate zij langer en vaker belden.

Alhoewel volgens de commissie adequaat opgezet epidemiologisch onderzoek een nuttige bijdrage kan leveren aan de oplossing van deelvragen, meent ze dat het type klachten dat in beide onderzoeken is bestudeerd, zich bij uitstek leent voor experimenteel onderzoek, omdat hierin het beste kan worden onderzocht of er een oorzaak-gevolgrelatie bestaat tussen blootstelling en effect. In het advies met aanbevelingen voor onderzoek dat de commissie in 2003 heeft uitgebracht ⁽¹²⁾, verwoordt zij het belang van experimenteel onderzoek als volgt:

De commissie vindt humaan experimenteel onderzoek van groot belang, gezien de maatschappelijke onrust over gezondheidsklachten, het vrijwel ontbreken van goede onderzoeksgegevens op dit gebied en de mogelijkheid dat er voor elektromagnetische velden gevoelige subpopulaties bestaan. Ze stelt voor om vooral op onderzoek naar gezondheidsklachten in te zetten, onder de voorwaarde dat de effecten objectiveerbaar zijn. Daarom moet dit onderzoek een experimentele opzet hebben en plaatsvinden onder gecontroleerde omstandigheden in een proefopstelling.

De onderzoeken van Sandström en Santini hadden geen experimentele opzet. Zij zijn derhalve niet onder gecontroleerde omstandigheden uitgevoerd en dat beperkt hun wetenschappelijke betekenis voor de onderhavige problematiek. Juist omdat het gaat om (subjectieve) klachten, is het goed denkbaar dat deze, vanwege de niet-experimentele opzet van de onderzoeken, achteraf ten onrechte aan het gebruik van een mobiele telefoon zijn toegeschreven ('attributie bias'). Een ander probleem in deze onderzoeken is dat de exacte mate van blootstelling niet bekend is. De mobiele telefoongebruikers is gevraagd naar het aantal en de duur van hun gesprekken, en deze informatie is gebruikt als indicatie voor de mate van blootstelling. De nauwkeurigheid van deze gegevens is echter klein. De resultaten kunnen bovendien ook sterk zijn beïnvloed als de vragen op een suggestieve manier zijn gesteld. Ook hierover ontbreken gegevens. Dit alles overziende, meent de commissie dat uit de onderzoeken van Sandström en Santini geen conclusies getrokken kunnen worden over het mogelijk bestaan van een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan door mobiele telefoons opgewekte elektromagnetische velden en veranderingen in het welbevinden.

Bovengenoemde methodologische problemen komen bij experimenteel onderzoek niet voor, alhoewel dit type onderzoek weer als nadeel heeft dat het maar in beperkte mate de leefsituatie kan simuleren. Koivisto ⁽¹⁸⁾ onderzocht bij twee groepen van 48 klachtenvrije vrijwilligers of blootstelling gedurende dertig of zestig minuten aan elektromagnetische velden van een GSM-telefoon leidde tot klachten als hoofdpijn, duizeligheid en vermoeidheid. Het onderzoek vond plaats door middel van vragenlijsten die aan het begin, halverwege en aan het eind van elke sessie werden ingevuld. Iedere proefpersoon onderging een periode met en een periode zonder blootstelling, maar was zich niet van de blootstelling bewust. De onderzoekers kenden de status van het signaal wel. Sommige klachten (hoofdpijn, duizeligheid, vermoeidheid) namen in de loop van de 60 minuten die het experiment duurde in lichte mate toe. Blootstelling aan GSM-elektromagnetische velden had echter noch op bovengenoemde noch op de andere drie onderzochte klachten (jeuk, roodheid van de huid, warmtesensatie in de huid) enige aantoonbare invloed.

Het enig andere experimentele onderzoek is verricht door Hietanen ⁽¹⁴⁾. In dit onderzoek zijn personen die aangaven overgevoelig te zijn voor elektromagnetische velden van mobiele telefoons, blootgesteld aan velden die afkomstig waren van analoge (NMT) of digitale mobiele telefoons (GSM-900 en GSM-1800). De proefpersonen wisten niet of de telefoon tijdens de blootstellingsessies wel of niet aanstond, de experimentator wist dit wel. Gedurende de maximaal dertig minuten durende sessies werd iedere vijf minuten bloeddruk en hartfrequentie gemeten en gaven de proefpersonen aan welke klachten zich voordeden. Deze werden met het tijdstip van optreden genoteerd. Van de twintig onderzochte personen gaven er negentien aan klachten te hebben. Alleen de aard van de klachten werd vastgelegd, niet de ernst. Er bleek geen significant verschil te zijn in het aantal klachten dat werd gerapporteerd bij echte en bij gesimuleerde blootstelling. Vrouwen hadden meer en ook vaak andere klachten dan mannen. Omdat de leeftijdsopbouw van de groep vrouwen verschilde van die van de mannen, is een goede vergelijking tussen beide groepen niet mogelijk. Geen van de proefpersonen kon echte van gesimuleerde blootstelling onderscheiden. Zowel bloeddruk als hartfrequentie namen in de loop van het experiment af. De hoogste waarden voor beide parameters werden altijd gemeten tijdens de eerste van de drie of vier blootstellingsessies. Dit duidt op een gewenning aan de algemene proefomstandigheden. Blootstelling was niet van invloed op bloeddruk en hartfrequentie.

De auteurs geven aan dat een statische houding gedurende de 30 minuten durende sessies wellicht van invloed is geweest op het optreden van klachten. Dit wordt echter niet ondersteund door de rapportage dat de klachten vaak al aan het begin van de sessie begonnen. Daarnaast sluiten de onderzoekers niet uit dat onderling contact tussen de proefpersonen van invloed is geweest op het aangeven van klachten. Op grond van met

name dit laatste feit, meent de commissie dat de waarde van dit onderzoek zeer beperkt is.

De commissie concludeert dat de onderzoeken van Koivisto en Hietanen geen aanwijzingen geven voor effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van analoge of digitale mobiele telefoons op het welbevinden bij de mens.

3.3 Lopend onderzoek

Volgens de informatie die de commissie ter beschikking staat ⁽²⁾, zijn de volgende onderzoeken gestart of zullen binnenkort worden gestart:

- In Australië wordt in het project *The Effect of 900 MHz RF Radiation on Human Neuropsychological Responses* bij proefpersonen de invloed van blootstelling op aandacht, concentratie en geheugen onderzocht.
 - In Duitsland loopt het project *Microwave Exposure and Effects on Human Orientation*.
 - In Finland worden proefpersonen blootgesteld aan 900 en 1800 MHz GSM-signalen in het project *The Effects of Radiofrequency Electromagnetic Fields on Cognition and Brain Function*.
 - In het Verenigd Koninkrijk loopt sinds enige tijd een onderzoeksprogramma dat deels door de overheid en deels door de industrie wordt gefinancierd, het *Link Mobile Telecommunications and Health Research Programme* (MTHR) ⁽¹⁾. Een onafhankelijk *Program Management Committee* beslist welke projecten gefinancierd worden. In het kader van dit programma lopen de volgende projecten:
 - *Mobile Cellular Communication and Cognitive Functioning*: gezonde proefpersonen worden blootgesteld aan 900 MHz GSM-velden en cognitieve functies en geheugen worden getest.
 - *Study to Evaluate the Effects of Mobile Telephone Usage on Labyrinthine Function*: blootstelling van proefpersonen met en zonder hoofdpijnklachten aan 900 MHz GSM-velden door middel van een gesimuleerde mobiele telefoon; bepaling van hoofdpijn, misselijkheid en ruimtelijke desoriëntatie.
 - *The Effect of Mobile Phone use on Symptoms and Neuroendocrine Function in 'Normal' and 'Hypersensitive' Users*: blootstelling van proefpersonen met en zonder gezondheidsklachten aan 900 MHz GSM-velden van een mobiele telefoon; vragen naar specifieke klachten en bloedonderzoek.
 - *Hypersensitivity Symptoms Associated with Electromagnetic Field Exposure*: dit project bestaat uit twee delen; allereerst zal een vragenlijst worden ontwikkeld om symptomen van elektromagnetische overgevoeligheid te bepalen (de *EHS Symptoms scale*); in het tweede deel zullen zowel mensen die hoog als die laag
-

scoren op die schaal worden onderzocht onder blootstelling aan een elektromagnetisch veld zoals dat aanwezig is bij een basisstation voor mobiele telefonie, of wanneer dat signaal is uitgeschakeld. Deze opzet is in belangrijke mate gelijk aan die van het TNO-onderzoek. Een reeks psychologische, fysiologische en algemene gezondheidsindicatoren zal worden bepaald.

- In Italië loopt momenteel het project *Human Cognitive Performance and Tympanic Temperature with Exposure to a 902.4 MHz GSM Signal During and Prior to Four Performance Tasks*: proefpersonen worden blootgesteld aan 900 MHz GSM-signalen, waarbij cognitieve functies worden bepaald en de temperatuur ter hoogte van het trommelvlies wordt gemeten.
- In Zweden zijn twee onderzoeken gaande naar effecten van blootstelling aan 900 en 1800 MHz GSM-velden; in het eerste wordt het optreden van hoofdpijn onderzocht en in het tweede overgevoeligheid van de huid.

De commissie is van mening dat er behoefte is aan onderzoek waarin blootstelling in de leefomgeving wordt gesimuleerd. In slechts één van de hier genoemde onderzoeken wordt een situatie onderzocht die vergelijkbaar is met die van het wonen in de nabijheid van een basisstation. In de andere onderzoeken vindt blootstelling plaats door middel van een mobiele telefoon. In geen van de hierboven beschreven onderzoeken vindt blootstelling plaats aan een UMTS-sigitaal. Hier ligt een belangrijk onderzoeksterrein braak. Mede omdat het TNO-onderzoek er op duidt dat UMTS-blootstelling wellicht tot gezondheidseffecten leidt, acht de commissie het van belang dat nader onderzoek wordt verricht naar mogelijke UMTS-effecten. Replicatie van het TNO-onderzoek zou daarin een eerste stap moeten zijn.

Advies

In dit hoofdstuk geeft de commissie antwoord op de vier vragen die de minister in de adviesaanvraag aan de Gezondheidsraad stellen.

4.1 **Beoordeling van het TNO-onderzoek**

Vraag 1 van de minister luidde:

Wat vindt de Gezondheidsraad van de kwaliteit van het COFAM-onderzoek en hoe zou replicatieonderzoek het beste uitgevoerd kunnen worden?

Het TNO-rapport heeft bij deskundigen binnen en buiten de commissie diverse vragen opgeroepen. Alvorens het TNO-onderzoek te beoordelen, heeft de commissie de naar haar oordeel belangrijkste van deze vragen aan TNO voorgelegd. Deze vragen en de beantwoording daarvan door de projectleider van het TNO-onderzoek, zijn als bijlage bij dit advies gevoegd.

Op basis van het rapport en de antwoorden op de vragen, komt de commissie tot de conclusie dat opzet en uitvoering van het TNO-onderzoek van goede kwaliteit zijn. Ten aanzien van de onderzoekresultaten merkt de commissie het volgende op:

- Er is in beide groepen proefpersonen een statistisch significante verhoging van de score voor het welbevinden gevonden bij blootstelling aan elektromagnetische velden in de vorm van een UMTS-achtig signaal (een verhoging van de score duidt op een vermindering van het welbevinden). Het effect is in absolute zin gering (3,4
-

- punten voor groep A en 0,9 punten voor groep B, op een schaal van 69). De gegevens laten niet toe te bepalen welke aspecten van het welbevinden zijn beïnvloed.
- Blootstelling aan een GSM-900 of GSM-1800 signaal had in geen van beide groepen proefpersonen effect op de score voor het welbevinden.
 - Een openstaande vraag is, wat de validiteit is van de voor het welbevinden gebruikte vragenlijst. Er kan daarom niet geconcludeerd worden dat een verandering in de score met die vragenlijst ook een verandering in het welbevinden aangeeft. Er zijn in het TNO-onderzoek voldoende gegevens verzameld om een beperkte controle op de zeggingskracht van de vragenlijst te kunnen uitvoeren. De commissie beveelt aan dat die controle plaatsvindt.
 - Omdat de samenstelling van de twee groepen proefpersonen in een aantal opzichten verschilt, mogen de voor beide groepen gevonden uitkomsten niet onderling worden vergeleken. Ze betreffen eigenlijk twee afzonderlijke, zij het simultaan uitgevoerde, experimenten. Er kan dus geen antwoord gegeven worden op de vraag of het gevonden effect bij de ene groep verschilt van dat bij de andere.
 - De resultaten van de cognitieve functietesten geven, na correctie voor meervoudige vergelijkingen, slechts op één onderdeel een statistisch significant verschil te zien tussen blootstelling en controle: door groep B werd de geheugenvergelijkingstest sneller uitgevoerd tijdens blootstelling aan het UMTS-signaal dan onder gesimuleerde blootstelling. Het gevonden effect is echter in absolute zin gering (6,5 milliseconden) en het is onduidelijk of dit resultaat van belang is voor de gezondheid.
 - Er is geen informatie verzameld of proefpersonen blootstelling meenden te ervaren. Evenmin is gecontroleerd of er fysieke aanwijzingen waren waardoor de proefpersonen konden waarnemen of er blootstelling plaatsvond.
 - De verandering in de score voor het welbevinden is gevonden na een blootstelling van slechts ongeveer een half uur, zij het bij een, voor de normale leefsituatie relatief hoge veldsterkte. In de praktijk zal blootstelling in de omgeving van operationele UMTS-antennes permanent plaatsvinden, maar aan lagere veldsterkten. Er kan op grond van de gegevens uit het TNO-onderzoek geen inschatting worden gemaakt of, en zo ja in welke mate, ook in de normale leefsituatie een effect op het welbevinden zal optreden.

Volgens de commissie zijn er goede redenen om het TNO-onderzoek te repliceren. De belangrijkste hiervan is dat, vanwege de grootschalige blootstelling, de resultaten van belang kunnen zijn voor de volksgezondheid. Het TNO-onderzoek is een eerste, explorerend onderzoek op dit gebied en het is bovendien onderhevig aan de statistische onzekerheden die aan experimenteel onderzoek eigen zijn (het werken met een steekproef laat ruimte voor zowel vals-positieve als vals-negatieve resultaten). De betrouwbaarheid van de resultaten zal duidelijker worden na replicatieonderzoek. Een replicatieonder-

zoek zou moeten worden uitgevoerd door van TNO onafhankelijke onderzoekers, in dezelfde blootstellingssituatie als het TNO-onderzoek. Beperkte technische verbeteringen in de onderzoeksopzet zijn acceptabel en zelfs wenselijk, zoals het opnemen van meer proefpersonen en het controleren of de proefpersonen het veld door middel van bijvoorbeeld licht, geluid of mechanische trillingen kunnen waarnemen.

De commissie beveelt aan dat bij replicatieonderzoek dezelfde vragenlijst wordt gebruikt als in het TNO-onderzoek, om een goede vergelijking met het originele onderzoek te kunnen maken. Tegelijkertijd zou ook een gevalideerd meetinstrument voor het bepalen van de mate van welbevinden moeten worden gebruikt. Overeenkomst in de uitkomsten is dan een indicatie voor de validiteit van de TNO-vragenlijst. De vragenlijst zou, behalve met een vraag over het waarnemen van het elektromagnetische veld, ook kunnen worden uitgebreid met enkele vragen over verbetering van het welbevinden.

De commissie acht het van belang dat de groepen proefpersonen met en zonder klachten zoveel mogelijk met elkaar overeenkomen wat betreft leeftijd, geslacht en sociaal-economische status, zodat een onderlinge vergelijking van beide groepen mogelijk is. Op basis van het TNO-onderzoek kan de onderzoekshypothese voor replicatieonderzoek gedetailleerd worden geformuleerd en vervolgens worden getoetst met gebruikmaking van een vooraf in het onderzoeksprotocol vastgelegde statistische procedure.

4.2 Wenselijkheid van aanvullend onderzoek

Vraag 2 van de minister luidde:

Is het wenselijk dat aanvullend onderzoek wordt uitgevoerd en zo ja, welke aandachtspunten acht u bij dat verdere onderzoek van belang, mede rekening houdend met onderzoeksinspanningen elders?

De commissie concludeert dat er behoefte is aan onderzoeken waarin, zoals in het TNO-onderzoek, blootstelling in de woonomgeving wordt gesimuleerd. Zij heeft dat al aangegeven in haar in februari 2003 uitgebrachte advies *Gezondheidseffecten van blootstelling aan elektromagnetische velden. Aanbevelingen voor onderzoek*⁽¹²⁾. In slechts één van de thans lopende onderzoeksprojecten elders in de wereld wordt een situatie onderzocht die vergelijkbaar is met die van het wonen in de nabijheid van een basisstation. In de overige onderzoeken vindt blootstelling plaats door middel van een mobiele telefoon. In geen van de thans beschikbare onderzoeksbeschrijvingen wordt gerept over blootstelling aan een UMTS-signaal. Hier ligt een belangrijk onderzoeksterrein braak: mede omdat het TNO-onderzoek er op duidt dat UMTS-blootstelling wellicht tot gezondheidseffecten leidt, acht de commissie het van groot belang dat naar effecten van UMTS-signalen onderzoek wordt verricht.

Het TNO-onderzoek laat in de huidige opzet veel vragen open en roept ook nieuwe, belangrijke vragen op. De commissie adviseert daarom om vervolgonderzoek uit te voeren om antwoord op deze vragen te krijgen. De aanbevelingen voor verbeteringen in de opzet die zij hierboven voor replicatieonderzoek heeft gedaan, zijn uiteraard ook op vervolgonderzoek van toepassing.

Enkele specifieke vragen voor vervolgonderzoek zijn:

- Kan objectief worden vastgesteld dat sommige mensen gevoeliger zijn dan anderen voor blootstelling aan elektromagnetische velden? (Er kan vervolgonderzoek uitgevoerd worden met verschillende groepen personen: enerzijds mensen met klachten die zij toeschrijven aan blootstelling aan elektromagnetische velden, anderzijds mensen zonder dergelijke klachten. Indien deze groepen een overeenkomstige samenstelling hebben wat betreft leeftijd, geslacht en sociaal-economische status, is onderlinge vergelijking van de groepen mogelijk.)
- Indien er ‘gevoelige groepen’ vastgesteld kunnen worden, is dan de mate van verandering in hun welbevinden of cognitieve functies anders dan bij mensen die geen klachten hebben die zij toeschrijven aan blootstelling aan elektromagnetische velden?
- Wat is de invloed van geslacht en leeftijd op het effect van blootstelling?
- Bestaat er een dosis-effectrelatie tussen blootstelling aan elektromagnetische velden en effecten op het welbevinden en op cognitieve functies?
- Wat is de invloed van de blootstellingsduur op effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden op het welbevinden en op cognitieve functies?
- Leiden verschillende vormen van modulatie van de basisfrequentie tot verschillende effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden op het welbevinden en op cognitieve functies? Zo ja, wat is dat effect en hoe groot is het? (Het nu in de praktijk toegepaste UMTS-signaal verschilt van het signaal dat in het TNO-onderzoek is gebruikt.)
- Heeft terugkoppeling van de onderzoeksresultaten naar de proefpersoon een effect op het welbevinden? (Gegeven het feit dat proefpersonen na afloop van het experimentele onderzoek geïnformeerd kunnen worden over hun eigen resultaten, rijst de vraag in hoeverre deze informatie invloed heeft op hoe mensen hun gezondheidstoestand ervaren. Deze vraag is vooral van belang bij personen die hun gezondheidsklachten toeschrijven aan elektromagnetische velden. Kan bijvoorbeeld de wetenschap dat de klachten bij blootstelling in het onderzoek niet optraden een geruststellend effect hebben?)

De commissie wijst verder op de aanbevelingen voor onderzoek die zij in het in februari 2003 uitgebracht advies ⁽¹²⁾ heeft gedaan.

4.3 De meetbaarheid van welbevinden

Vraag 3 van de minister luidde:

Is 'ervaren welzijn' een voldoende objectief begrip om tot wetenschappelijke conclusies te komen?

Volgens de commissie en de door haar geraadpleegde deskundige kan welbevinden door middel van goed opgestelde vragen(lijsten) op een wetenschappelijke manier gemeten worden. De commissie meent echter dat de betrouwbaarheid van dergelijke metingen kan toenemen naarmate de vragenlijsten meer zijn toegesneden op de vraagstelling. Inbreng door deskundigen op het gebied van psychologie en psychometrie acht de commissie bij dergelijk onderzoek onontbeerlijk.

4.4 Welbevinden en gezondheid

Vraag 4 van de minister, ten slotte, luidde:

Is vermindering van het 'ervaren welzijn' een voldoende ernstig gezondheidseffect om maatregelen te rechtvaardigen die dit effect tegengaan?

De commissie meent dat dit niet noodzakelijkerwijs het geval is, maar dat dit afhangt van de mate van de vermindering van het welbevinden. Het is daarbij uiteraard van belang hoe vermindering van welbevinden gedefinieerd wordt. De Wereldgezondheidsorganisatie omschrijft gezondheid als 'een toestand van volledig lichamelijk, geestelijk en sociaal welzijn, en niet louter het afwezig zijn van ziekte of gebrek.'^{*} Op grond van deze definitie zou elke vermindering van het welbevinden beschouwd moeten worden als een negatief effect op de gezondheid. Maar het is de vraag of een geringe mate van vermindering van welbevinden, bijvoorbeeld een zekere mate van hinder die niet tot psychische of lichamelijke effecten leidt, als negatief voor de gezondheid beschouwd moet worden. De commissie stelt zich op het standpunt dat slechts wanneer sprake is van objectief-aantoonbare opwekking of vergroting van lichamelijke of psychische klachten, sprake is van een gezondheidseffect dat om maatregelen vraagt.

De commissie is van mening dat er op grond van de resultaten uit het TNO-onderzoek niet kan worden vastgesteld of er een oorzakelijk verband bestaat tussen blootstelling

* Health is a state of complete physical, mental and social well-being, and not merely the absence of disease or infirmity.

aan elektromagnetische velden enerzijds en vermindering van welbevinden of schade voor de gezondheid anderzijds.

Literatuur

-
- 1 Mobile Telecommunications and Health Research programme. Internet: <http://www.mthr.org.uk/>. Geraadpleegd Februari 2004.
 - 2 WHO International EMF Project: EMF World Wide Standards Database. Internet: <http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Worldmap5.htm>. Geraadpleegd Februari 2004.
 - 3 Bulpitt, CJ and Fletcher, AE. The measurement of quality of life in hypertensive patients: a practical approach. *Br J Clin Pharmacol*, 1990; 30: 353-364.
 - 4 Costa, PT and McCrea, RR. The NEO Personality Inventory manual. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources, 1985.
 - 5 Costa, PT and McCrea, RR. The NEO-PI/NEO-FFI manual supplement. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources, 1989.
 - 6 D'Andrea, JA, Adair, ER, and De Lorge, JO. Behavioral and cognitive effects of microwave exposure. *Bioelectromagnetics*, 2003; Suppl 6: S39-S62.
 - 7 D'Andrea, JA, Chou, CK, Johnston, SA e.a. Microwave effects on the nervous system. *Bioelectromagnetics*, 2003; Suppl 6: S107-S147.
 - 8 Dingemans, J, Bury, M, Hussain, Y e.a. Comparative tolerability, pharmacodynamics, and pharmacokinetics of a metabolite of a quinolizone hypnotic and zolpidem in healthy subjects. *Drug Metab Dispos*, 2000; 28: 1411-1416.
 - 9 Dingemans, J, Bury, M, Roncari, G e.a. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of Ro 41-3696, a novel nonbenzodiazepine hypnotic. *J Clin Pharmacol*, 1995; 35: 821-829.
 - 10 Evers, A, Vliet-Mulder, JC, and Groot, CJ. Documentatie van tests en testresearch in Nederland. Deel I en II. Amsterdam: NIP / Assen: Van Gorcum, 2000.
-

- 11 Gaillard, AW, Gruisen, A, and de Jong, R. The influence of antihistamines on human performance. *Eur J Clin Pharmacol*, 1988; 35: 249-253.
- 12 Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. Gezondheidseffecten van blootstelling aan elektromagnetische velden. Aanbevelingen voor onderzoek. Den Haag: Gezondheidsraad, 2003; publicatie nr 2003/03.
- 13 Haarala, C, Bjornberg, L, Ek, M e.a. Effect of a 902 MHz electromagnetic field emitted by mobile phones on human cognitive function: A replication study. *Bioelectromagnetics*, 2003; 24: 283-288.
- 14 Hietanen, M, Hamalainen, AM, and Husman, T. Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link. *Bioelectromagnetics*, 2002; 23: 264-270.
- 15 Hoekstra, HA, Ormel, J, and de Fruyt, F. NEO PI-R - NEO FFI. Big Five Persoonlijkheidsvragenlijst. Handleiding. Lisse: Swets (Harcourt), 1996.
- 16 Hossmann, KA and Hermann, DM. Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. *Bioelectromagnetics*, 2003; 24: 49-62.
- 17 Kellner, R and Sheffield, BF. A self-rating scale of distress. *Psychol.Med.*, 1973; 3: 88-100.
- 18 Koivisto, M, Haarala, C, Krause, CM e.a. GSM phone signal does not produce subjective symptoms. *Bioelectromagnetics*, 2001; 22: 212-215.
- 19 Koivisto, M, Revonsuo, A, Krause, C e.a. Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans. *Neuroreport*, 2000; 11: 413-415.
- 20 McNair, DM, Lorr, M, and Droppleman, LF. Manual for the Profile of Mood States. San Diego, CA: Educational and Industrial Testing Service, 1992.
- 21 Sandstrom, M, Wilen, J, Oftedal, G e.a. Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occup.Med.(Lond)*, 2001; 51: 25-35.
- 22 Santini, R, Seigne, M, Bonhomme, FL e.a. Symptomes rapportes par des utilisateurs de telephones mobiles cellulaires. *Pathol*, 2001.
- 23 Van Bortel, LM, Breed, JG, Joosten, J e.a. Nebivolol in hypertension: a double-blind placebo-controlled multicenter study assessing its antihypertensive efficacy and impact on quality of life. *J Cardiovasc.Pharmacol.*, 1993; 21: 856-862.
- 24 Zwamborn, APM, Vossen, SHJA, Leersum, Bv e.a. Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. The Hague: TNO Physics and Electronics Laboratory, 2003; FEL-03-C148.
-

A De adviesaanvraag

B De commissie

C Gegevens TNO-onderzoek

D Vragen over het onderzoek en de daarop door TNO gegeven antwoorden

E Commentaar op de in het TNO-onderzoek gebruikte methode voor meten van het welbevinden

Bijlagen

De adviesaanvraag

Op 16 maart 2004 ontving de voorzitter van de Gezondheidsraad het volgende verzoek.

Mede namens de Minister van Economische Zaken, de Staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en de Staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, vraag ik uw aandacht voor het volgende.

Op 30 september 2003 is het TNO onderzoek naar de relatie tussen blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van GSM en UMTS antennes enerzijds en cognitieve functies en welbevinden anderzijds verschenen. De resultaten van het onderzoek zijn de volgende:

- Er is door TNO een statistisch significante relatie gevonden tussen de aanwezigheid van radiofrequente velden die lijken op die van een UMTS basisstation en het ervaren welzijn van de proefpersonen. Dit is nog niet eerder waargenomen. Het ervaren welzijn van de proefpersonen is als minder goed beoordeeld.
- Er zijn statistisch relevante relaties gevonden tussen de aanwezigheid van velden van UMTS- en GSM-basisstations en de uitvoering van diverse cognitieve functies. Veelal betreft dit een verbetering. Soortgelijke resultaten zijn eerder beschreven in de literatuur.

Deze onderzoeksresultaten worden door de betrokken departementen serieus genomen en zijn voor ons aanleiding om vervolgonderzoek naar de relatie tussen EM-velden en welbevinden en cognitieve functies te laten uitvoeren. Graag willen wij van de expertise van uw Raad gebruik maken.

Naar aanleiding van het voorgaande verzoek ik u een beknopt advies uit te brengen over de volgende vragen:

- 1 Wat vindt de Gezondheidsraad van de kwaliteit van het COFAM onderzoek en hoe zou replicatieonderzoek het beste uitgevoerd kunnen worden?
- 2 Is het wenselijk dat aanvullend onderzoek wordt uitgevoerd en zo ja, welke aandachtspunten acht u bij dat verdere onderzoek van belang, mede rekening houdend met onderzoeksinspanningen elders?
- 3 Is “ervaren welzijn” een voldoende objectief begrip om tot wetenschappelijke conclusies te komen.
- 4 Is vermindering van het “ervaren welzijn” een voldoende ernstig gezondheidseffect om maatregelen te rechtvaardigen die dit effect tegengaan.

Graag verneem ik uw aanbevelingen.

Hoogachtend,

de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport,
(w.g.) H Hoogervorst

De 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 MM Sitskoorn
psycholoog; Universitair Medisch Centrum Utrecht
 - dr GMH Swaen
epidemioloog; Universiteit Maastricht
-

- DHJ van de Weerd, arts
medisch milieukundige; GGD Zwolle
- prof. dr ir APM Zwamborn, *adviseur*
hoogleraar elektromagnetische effecten; Technische Universiteit Eindhoven,
fysicus; TNO, Den Haag
- dr E van Rongen, *secretaris*
radiobioloog; Gezondheidsraad, Den Haag

De commissie heeft over het onderzoek naar welbevinden, dat TNO door middel van een vragenlijst heeft uitgevoerd, advies ingewonnen bij drs HCM Vorst, psycholoog, afdeling Psychologie, Faculteit de Maatschappij en Gedragwetenschappen, Universiteit van Amsterdam.

Gegevens TNO-onderzoek

Tabel C-1 geeft een overzicht van de demografische gegevens van beide groepen proefpersonen. Groep A betreft de mensen met klachten; groep B de mensen zonder klachten.

Tabel C-1 Demografische gegevens proefpersonen.

		Groep A	Groep B
Geslacht	Man (N)	11	22
	Vrouw (N)	25	14
	Totaal (N)	36	36
Leeftijd	Gemiddelde \pm standaarddeviatie (jaar)	55,7 \pm 12,0	46,6 \pm 16,4
	Bereik (min - max) (jaar)	(31 - 74)	(18 - 72)

De proefpersonen zijn willekeurig toegewezen volgens een evenwichtige toevallige verdeling in blokken (Voor groep A 18 blokken van 2 proefpersonen en voor groep B, 18 blokken van 2 proefpersonen) waarbij rekening is gehouden met alle volgordes. Tabel C-2 geeft een overzicht van alle toegepaste blootstellingschema's.

Tabel C-2 Overzicht blootstellingschema's.

Groep	Blok	N	Sessie 1	Sessie 2	Sessie 3	Sessie 4
A/B	1	2	Oefening	Placebo	2100 MHz	900 MHz
	2	2	Oefening	Placebo	2100 MHz	1800 MHz
	3	2	Oefening	Placebo	900 MHz	2100 MHz
	4	2	Oefening	Placebo	1800 MHz	2100 MHz
	5	2	Oefening	Placebo	900 MHz	1800 MHz
	6	2	Oefening	Placebo	1800 MHz	900 MHz
	7	2	Oefening	900 MHz	Placebo	2100 MHz
	8	2	Oefening	1800 MHz	Placebo	2100 MHz
	9	2	Oefening	2100 MHz	Placebo	900 MHz
	10	2	Oefening	2100 MHz	Placebo	1800 MHz
	11	2	Oefening	900 MHz	Placebo	1800 MHz
	12	2	Oefening	1800 MHz	Placebo	900 MHz
	13	2	Oefening	900 MHz	2100 MHz	Placebo
	14	2	Oefening	1800 MHz	2100 MHz	Placebo
	15	2	Oefening	2100 MHz	900 MHz	Placebo
	16	2	Oefening	2100 MHz	1800 MHz	Placebo
	17	2	Oefening	900 MHz	1800 MHz	Placebo
	18	2	Oefening	1800 MHz	900 MHz	Placebo

Tabellen C-3 tot en met C-7 geven de resultaten van de analyses van de cognitieve functietests. Zij verschillen van de tabellen uit het TNO-rapport in die zin dat de analyses hier gebaseerd zijn op individuele vergelijking van echte en gesimuleerde ('placebo') blootstelling. Dat wil zeggen dat zowel de blootstellings- als de placebogroepen uit 24 proefpersonen bestaan. Ter vergelijking zijn de in het TNO-rapport vermelde waarden voor het gemiddelde van alle placebowaarden (N=36) ook opgenomen.

Tabel C-3 Reactietijd (msec).

Blootstelling	Groep A			Groep B			p-waarde Groep A vs. Groep B	
	Gemiddelde	SEM	N	p-waarde bloot- stelling vs placebo	Gemiddelde	SEM		N
Placebo	1153	22,3	36		1139	23,2	36	0,6579
Placebo ^a	1136	22,9	24		1149	30,3	24	
900 MHz	1196	34,6	24	0,0137	1161	32,3	24	0,4858
Placebo ^a	1172	30,9	24		1149	20,4	24	
1800 MHz	1161	25,5	24	0,5457	1121	24,7	24	0,4207
Placebo ^a	1152	27,7	24		1120	32,5	24	
2100 MHz	1172	27,2	24	0,4416	1179	38,8	24	0,3635

^a Placebo alleen voor die proefpersonen die aan de betreffende frequentie zijn blootgesteld.

Tabel C-4 Geheugenvergelijkingstest (msec).

Blootstelling	Groep A			Groep B				p-waarde Groep A vs. Groep B
	Gemiddelde	SEM	N	p-waarde bloot- stelling vs placebo	Gemiddelde	SEM	N	
Placebo	27,8	2,9	36		26,4	2,8	36	
Placebo ^a	26,2	3,6	24		27,2	3,6	24	
900 MHz	25,8	3,6	24	0,9025	23,3	2,6	24	0,0612
Placebo ^a	26,1	3,1	24		24,4	2,6	24	
1800 MHz	29,4	4,6	24	0,5218	20,2	4,2	24	0,2607
Placebo ^a	31,5	3,5	24		27,5	3,9	24	
2100 MHz	32,6	4,2	24	0,7915	20,7	3,8	24	0,0034

^a Placebo alleen voor die proefpersonen die aan de betreffende frequentie zijn blootgesteld.

Tabel C-5 Visuele selectieve aandacht test (m).

Blootstelling	Groep A			Groep B				p-waarde Groep A vs. Groep B
	Gemiddelde	SEM	N	p-waarde bloot- stelling vs placebo	Gemiddelde	SEM	N	
Placebo	10,57	0,91	36		7,19	0,26	36	<0,007
Placebo ^a	10,80	1,24	24		7,11	0,35	24	
900 MHz	11,25	1,55	24	0,5456	7,01	0,35	24	0,0810
Placebo ^a	10,71	1,04	24		7,26	0,33	24	
1800 MHz	11,08	1,13	24	0,6873	7,29	0,34	24	0,8368
Placebo ^a	10,20	1,07	24		7,21	0,26	24	
2100 MHz	9,15	0,77	24	0,0461	6,79	0,26	24	0,0498

^a Placebo alleen voor die proefpersonen die aan de betreffende frequentie zijn blootgesteld.

Tabel C-6 Reactie parameter test (msec).

Blootstelling	Groep A			Groep B				p-waarde Groep A vs. Groep B
	Gemiddelde	SEM	N	p-waarde bloot- stelling vs placebo	Gemiddelde	SEM	N	
Placebo	1304	37	36		1261	35	36	
Placebo ^a	1300	48	24		1682	46	24	
900 MHz	1317	43	24	0,6033	1273	46	24	0,7982
Placebo ^a	1317	49	24		1251	32	24	
1800 MHz	1324	42	24	0,8200	1202	28	24	0,0408
Placebo ^a	1321	39	24		1250	47	24	
2100 MHz	1336	41	24	0,5568	1247	35	24	0,2666

^a Placebo alleen voor die proefpersonen die aan de betreffende frequentie zijn blootgesteld.

Table C-7 Indicator voor filteren van irrelevante informatie (msec).

Blootstelling	Groep A			Groep B				p-waarde Groep A vs. Groep B
	Gemiddelde	SEM	N	p-waarde blootstelling vs placebo	Gemiddelde	SEM	N	
Placebo	192,0	37,5	36		124,7	30,5	36	0,0934
Placebo ^a	206,4	42,7	24		146,7	35,9	24	
900 MHz	150,5	31,6	24	0,0368	128,5	22,4	24	0,5269
Placebo ^a	195,4	43,7	24		100,8	14,6	24	
1800 MHz	220,5	37,6	24	0,4619	94,9	13,7	24	0,7453
Placebo ^a	173,6	30,0	24		126,5	35,9	24	
2100 MHz	168,9	20,9	24	0,6813	104,0	15,7	24	0,4356

^a Placebo alleen voor die proefpersonen die aan de betreffende frequentie zijn blootgesteld.

Tabellen C-8 en C-9 geven de resultaten van de analyses van de gegevens over het welbevinden. Ook voor deze tabellen geldt dat zij verschillen van de gegevens uit het TNO-rapport in die zin dat de analyses hier gebaseerd zijn op individuele vergelijking van echte en gesimuleerde ('placebo') blootstelling. Dat wil zeggen dat zowel de blootstellings- als de placebo-groepen uit 24 proefpersonen bestaan. Ter vergelijking zijn ook in deze tabellen de in het TNO-rapport vermelde waarden voor het gemiddelde van alle placebowaarden (N=36) opgenomen.

Table C-8 Welbevinden: uitkomst van verschillende statistische testen voor Groep A (mensen met klachten).

Sessie	Parameters				p-waarde blootstelling vs placebo				
	Gemiddelde	Mediaan	Std	N	SEM	Anova, alle covariabelen	Anova, proefpersoon als covariabele	Rangtesten	Mediaan test
Training	5,722	4,0	7,53	36	1,25				
Placebo	7,472	5,5	8,21	36	1,37				
Vershil ^a	+1,750	+1,0	4,87	36	0,81				
Placebo	7,833	5,0	9,85	24	2,01				
900 MHz	8,708	4,5	10,84	24	2,21				
Vershil	+0,875	-0,5	9,51	24	1,94	0,6581	0,6563	0,9249	0,8318
Placebo	7,208	6,0	5,52	24	1,13				
1800 MHz	7,333	6,0	5,82	24	1,19				
Vershil	+0,125	+0,5	6,22	24	1,27	0,9651	0,9224	0,8664	0,6636
Placebo	7,375	6,0	8,80	24	1,80				
2100 MHz	10,750	8,0	10,07	24	2,06				
Vershil	+3,375	+2,0	4,87	24	0,99	0,0032	0,0025	0,0019	0,0414

^a Vergelijking training en placebo niet zinvol vanwege verschillen in omstandigheden.

Table C-9 Welbevinden: uitkomst van verschillende statistische testen voor Groep B (mensen zonder klachten).

Sessie	Parameters				SEM	p-waarde blootstelling vs placebo			
	Gemiddelde	Mediaan	Std	N		Anova, alle covariabelen	Anova, proef-persoon als covariabele	Rang-teken test	Mediaan test
Training	1,833	4,0	2,55	36	0,42				
Placebo	2,444	2,0	2,26	36	0,38				
Vershil ^a	+0,611	0,0	2,30	36	0,38				
Placebo	2,625	2,0	2,20	24	0,45				
900 MHz	2,250	2,0	2,19	24	0,45				
Vershil	-0,375	0,0	2,30	24	0,47	0,4323	0,4325	0,2146	0,4807
Placebo	2,500	2,0	2,36	24	0,48				
1800 MHz	1,958	1,5	2,51	24	0,51				
Vershil	-0,542	0,0	2,02	24	0,41	0,2220	0,2022	0,1993	0,3323
Placebo	2,208	1,5	2,25	24	0,45				
2100 MHz	3,083	2,0	3,43	24	0,70				
Vershil	+0,875	+1,0	1,60	24	0,33	0,0088	0,0132	0,0096	0,0213

^a Vergelijking training en placebo niet zinvol vanwege verschillen in omstandigheden.

Vragen over het onderzoek en de daarop door TNO gegeven antwoorden

Deze bijlage bevat de in de ogen van de commissie belangrijkste vragen over de analyse van het TNO-onderzoek. De antwoorden zijn gegeven door prof. dr ir APM Zwamborn, de projectleider van het onderzoek.

Vraag: Elk van beide groepen bevat 36 proefpersonen. Als gevolg van de opzet van het onderzoek zijn echter per blootstellingsmodaliteit slechts 24 personen blootgesteld. In de analyse zijn steeds de scores van alle 36 placebo's vergeleken met die van telkens 24 blootgestelden. Is het niet de correcter de analyse uit te voeren met de placebo-blootstellingen van elk individueel proefpersoon, waardoor ook het aantal placebo's voor elke vergelijking 24 is?

Antwoord TNO: Dit is juist. De statistische analyses zijn ook uitgevoerd door voor iedere proefpersoon de score voor de placebo te vergelijken met die van de blootstellingen. In vergelijking met de in het TNO-rapport vermelde uitkomsten, is er bij deze analyse één significante uitkomst bij de cognitieve testen minder. De verschillen tussen de scores voor welbevinden blijven significant.

Alle hieronder beschreven aanvullende analyses hebben betrekking op deze vergelijkingen per proefpersoon, dat wil zeggen, 24 placebo's per groep.

Vraag: De standaard deviaties (berekend uit de gegeven *standard errors of the mean*, SEM, in de tabellen 11.5-11.10 in het TNO-rapport) zijn gelijk of zelfs groter dan de bijpassende gemiddelden: een duidelijk

symptoom dat er met scheve verdelingen gewerkt werd. Een gewone Anova* is gebaseerd op een normale verdeling van de waarden. Is er op een of andere manier rekening gehouden met deze enorme scheefheid in de score-verdelingen? Is er voor het uitvoeren van de Anova getoetst of de gegevens normaal verdeeld zijn en of de varianties niet-significant verschillend zijn?

Antwoord TNO: Het gaat hier om twee vragen. Ten eerste: zijn de waarden standaard normaal verdeeld? Ten tweede: spelen bij de gegevens over welbevinden ‘bodem- en plafond’ effecten een rol: deze gegevens kunnen niet volledig normaal verdeeld zijn omdat de score voor welbevinden nooit minder kan zijn dan 0 en nooit meer dan 69. Om deze problemen te omzeilen zijn de gegevens over welbevinden behalve met een Anova ook geanalyseerd met de niet-parametrische (verdelingsvrije) rang-tekentoets en de mediaan test. Dit resulteerde niet in veranderingen in het aantal significante uitkomsten. Wel varieerde de absolute p-waarde (zie tabellen C-8 en C-9 in bijlage C). Overigens zijn de p-waarden voor welbevinden berekend voor de *verschillen* per proefpersoon tussen blootstelling en placebo, en daarin spelen bodem- en plafondeffecten geen rol. De p-waarden voor de cognitieve functies zijn berekend aan de hand van de gemiddelden per categorie. Deze zijn getest op normaliteit en wijken daar niet van af. De varianties zijn niet significant verschillend.

Vraag: Het TNO-rapport geeft niet aan dat in de statistische analyse een correctie voor meervoudige vergelijkingen (Bonferroni correctie) is toegepast**. Enkele van de gevonden significante verschillen zouden derhalve het gevolg kunnen zijn van het maken van meervoudige vergelijkingen en daarmee op toeval kunnen berusten.

Antwoord TNO: In de toegepaste statistische analyse van de gegevens is inderdaad geen Bonferroni correctie voor meervoudige vergelijkingen toegepast. Gezien de opzet van het onderzoek dient die correctie echter wel te worden gemaakt. De hypothese die in het

* *Analysis of variance*, een van de in het TNO-onderzoek uitgevoerde statistische analyses.

** Vaak wordt in een onderzoek het effect van blootstelling op meerdere uitkomsten onderzocht. Er bestaat altijd de kans dat er op grond van toeval statistisch significante resultaten worden gevonden. Hoe meer uitkomsten worden onderzocht, des te groter de kans op dergelijke fout-positieve bevindingen. Daarom dient in dergelijke gevallen een correctie voor meervoudige vergelijkingen te worden toegepast, zoals de Bonferroni correctie. Zo'n correctie wordt uitgevoerd op de α , het getal dat de acceptabel geachte kans op een fout-positief resultaat aangeeft. Gebruikelijk is een α van 0,05, ofwel een kans van 1 op 20 dat een uitkomst fout-positief is. Door een correctie voor meervoudige vergelijkingen wordt de α verkleind, zodat voor iedere individuele uitkomst de kans op een fout-positief resultaat ook verkleind wordt, maar voor alle uitkomsten tezamen de kans op een fout-positief resultaat gelijk blijft aan 0,05. Het aantal in een onderzoek gemaakte vergelijkingen bepaalt de grootte van de correctie. Soms zijn echter de onderzochte parameters niet geheel van elkaar onafhankelijk, maar bestaan er bepaalde correlaties. Die moeten dan worden bepaald en in de correctie voor meervoudige vergelijkingen worden verwerkt. Het effect daarvan is dat de correctiefactor kleiner wordt en de α dus minder sterk afneemt dan zonder correctie voor correlaties.

onderzoek werd getest was: er is geen invloed op het welbevinden of de cognitieve functies van blootstelling aan GSM- of UMTS-velden. Er dient daarom voor welbevinden en cognitieve functies apart gecorrigeerd te worden. Voor welbevinden gaat het dan om een correctie voor 3 vergelijkingen (3 frequenties). De α waaraan moet worden getoetst komt daarmee op 0,017. Dat betekent dat voor het welbevinden in beide groepen voor blootstelling aan het UMTS signaal de significantie blijft bestaan in de Anova en in de rang-teken toets (zie tabel C-8). De mediaan test, die het minst gevoelig is, geeft geen significantie. De conclusie dat blootstelling aan een UMTS signaal resulteert in een vermindering van het welzijn blijft dus onverminderd van kracht.

Ook bij de analyse van de gegevens over cognitieve functies moet een correctie voor meervoudige vergelijkingen worden gemaakt. Omdat het waarschijnlijk is dat er een zekere mate van correlatie is tussen de verschillende cognitieve parameters zoals vermeld in het TNO-rapport, hangt de grootte van de correctiefactor af van de mate van correlatie. Er is bijvoorbeeld een correlatie van 0,88 berekend tussen de resultaten van de reactie parameter test en de indicator voor het filteren van irrelevante informatie. De Bonferroni correctie wordt gemaakt voor 3 frequenties maal 5 cognitieve functies = 15 vergelijkingen. Als er geen correlatie zou zijn resulteert dit in $\alpha=0,0034$. Bij een conservatieve benadering van een correlatie van 0,4, geldt $\alpha=0,01$. In dat geval blijft alleen de geheugen vergelijkingstest bij 2100 MHz in groep B significant.

Vraag: De testen voor het bepalen van de cognitieve functies en de vragenlijst voor het bepalen van het welbevinden zijn niet gevalideerd. Het is daarom de vraag wat de betekenis van de uitkomsten is.

Antwoord TNO: De Taskomat testbatterij voor het meten van bepaalde cognitieve functies is inderdaad niet gevalideerd voor experimenten met blootstelling aan elektromagnetische velden. De testbatterij is echter wel gebruikt in diverse farmacologische onderzoeken en wordt beschouwd als een goed instrument om veranderingen in cognitie te meten^(8,9,11). Er is geen reden om aan te nemen dat eventuele veranderingen in cognitie die door blootstelling aan elektromagnetische velden worden veroorzaakt niet door deze testen kunnen worden gemeten. Bovendien, als er geen veranderingen in cognitie worden geïnduceerd, is validatie ook niet mogelijk.

De gebruikte subset van de door Bulpitt ontwikkelde vragenlijst is nooit als zodanig gevalideerd. Bovendien is de totale Bulpitt vragenlijst alleen gevalideerd voor bepaalde cardiovasculaire onderzoeken⁽³⁾. De reden dat in het TNO-onderzoek een subset is gebruikt, is dat de volledige vragenlijst enkele niet-relevante vragen bevat, waarvan de medisch-ethische commissie aangaf dat die een onnodige belasting van de proefpersonen zouden betekenen. Het ontbreken van validatie van de subset is echter niet van belang, omdat alleen interne vergelijkingen van het welbevinden worden gemaakt (gesimuleerde blootstelling versus werkelijke blootstelling voor elke proefpersoon apart).

Vraag: Hoe is bepaald dat een verschil in de somscore van twee punten op de schaal die voor het bepalen van het welbevinden is gebruikt, een klinisch relevante verandering van het welbevinden aangeeft?

Antwoord TNO: Het twee-punten criterium is gebaseerd op een cardiovasculair onderzoek⁽²³⁾. De projectleider van dat onderzoek, een klinisch farmacoloog en een erkend deskundige op het gebied van kwaliteit van leven in de cardiologie, beschouwde in overleg met de opsteller van de vragenlijst, Bulpitt, een verschil van twee punten als klinisch relevant. In dat cardiovasculaire onderzoek is de volledige vragenlijst gebruikt.

Echter, wat klinisch relevant is in de cardiologie is dat niet noodzakelijkerwijs ook in een onderzoek zoals dat van TNO. Anderzijds is het aantal vragen in het TNO-onderzoek gereduceerd van 37 naar 23 en de maximaal haalbare somscore is dus lager dan in het onderzoek van Bulpitt. Een verschil van twee punten is in dat geval relatief groter. Het is daarom aannemelijk te veronderstellen dat in een dergelijk geval twee punten verschil zeker als klinisch relevant beschouwd kan worden.

Vraag: welke co-variabelen* zijn van belang en hoe is daarmee omgegaan?

Antwoord TNO: In de analyse zijn de volgende co-variabelen in aanmerking genomen:

- sessie (2, 3 of 4; trainingssessie 1 is niet meegenomen - zie tabel C-2) – wellicht is de plaats van sessie binnen het onderzoek van belang; mogelijk treden er leereffecten op
- volgorde van blootstelling (18 verschillende mogelijkheden (“blokken”) – zie tabel C-2) – mogelijk is er een effect van een bepaalde blootstellingsmodaliteit op de resultaten van de volgende sessie (*carry-over* effect)
- proefpersoon - in het onderzoek was uiteraard aan elke proefpersoon één volgorde gekoppeld. Bij het toetsen van “volgorde” als co-variabele is “proefpersoon” derhalve een onderschikking van volgorde. Een deel van de verschillen tussen proefpersonen zouden immers verklaard kunnen worden door effecten van de volgorde.

De primaire variabele is de blootstellingsmodaliteit (GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz of UMTS 2100 MHz).

* Een co-variabele is een parameter die mogelijk, naast of in plaats van de parameter waarin men primair is geïnteresseerd, een verschil in effect zou kunnen verklaren. In het TNO-onderzoek is blootstelling de primair onderzochte parameter, de primaire variabele. De te onderzoeken hypothese is, eenvoudig geformuleerd: “blootstelling heeft geen effect”. Indien er nu toch een effect gevonden wordt, dan is het nog steeds mogelijk dat dit niet of niet geheel door de primaire parameter (in dit geval blootstelling) wordt veroorzaakt, maar (mede) door een of meer andere parameters die daar mogelijk los van staan. De eventuele relaties tussen de primaire variabele en de co-variabelen en tussen de co-variabelen onderling, kan ook worden onderzocht.

De effecten van de co-variabele “sessie” zijn bij de analyse van de gegevens over welbevinden niet statistisch significant. Voor een aantal cognitieve testen is “sessie” wel significant, wat betekent dat er in die gevallen hoogstwaarschijnlijk een leereffect is. Het voert hier te ver om die resultaten individueel per test en groep te bespreken.

Toetsing van “volgorde” aan “proefpersoon” levert, zoals te verwachten is, geen statistische significantie op, omdat een proefpersoon slechts één volgorde kan hebben en de volgorden en de proefpersonen derhalve gekoppeld zijn. De co-variabele “volgorde” is op grond hiervan beschouwd als minder relevant en de analyse is herhaald met als enige co-variabelen “blootstelling” en “proefpersoon”. Als gevolg van de koppeling tussen beide co-variabelen is de variantie van “volgorde” inbegrepen in de variantie van “proefpersoon”.

Vraag: Is de restspreiding* wanneer deze co-variabelen opgenomen worden anders dan wanneer zij niet worden opgenomen?

Antwoord TNO: Wanneer de enige significante co-variabele (proefpersoon) wordt opgenomen is de restspreiding vanzelfsprekend kleiner en het onderscheidingsvermogen groter. De rol van de andere (niet-significante) co-variabelen (sessie, volgorde) is marginaal.

Vraag: Vrouwen lijken in de scores systematisch te verschillen van mannen. Helaas is dit niet direct getest, maar er wordt alleen indirect over gesproken in *female A-B* en *male A-B* vergelijkingen. Wordt het effect in groep A beïnvloed door een oververtegenwoordiging van vrouwen?

Antwoord TNO: Hier valt zonder nader onderzoek geen antwoord op te geven.

Den Haag, april 2004,
Prof. dr ir APM Zwamborn, projectleider COFAM

* De restspreiding of residuele variantie is de spreiding in de onderzoeksresultaten die overblijft als gecorrigeerd is voor de spreiding van alle bekende co-factoren. De restspreiding kan veroorzaakt worden door nog onbekende co-factoren of door toeval.

Commentaar op de in het TNO-onderzoek gebruikte methode voor meten van het welbevinden

In het algemeen genomen is het onderzoek goed opgezet, zorgvuldig gerapporteerd en met duidelijke resultaten. Mijn kritiek richt zich op twee punten:

- 1 de opzet van het onderzoek en
- 2 de meetkwaliteit van de gebruikte tests en vragenlijsten.

Hieronder worden beide punten toegelicht.

Opzet van het onderzoek

Een onderdeel van de opzet van het onderzoek is de vergelijking van twee niet-gelijke groepen (*non-equivalent two group design*) met het doel de effecten te evalueren bij zowel klagers over effecten van blootstelling aan GSM (A) als bij vrijwilligers zonder dergelijke klachten (B). Beide groepen blijken vooraf onbedoelde verschillen te vertonen op de variabelen sekse en extraversie. Beide variabelen vertonen een interactie; vrouwen blijken extravertter dan mannen. Deze verschillen bemoeilijken de vergelijking van de effecten van beide groepen. Het is mij onduidelijk in hoeverre beide variabelen als covariaat in de analyses opgenomen zijn (zie p.47 van het TNO-rapport).

Verder worden in de tabellen de vragenlijstgegevens en de gegevens van de cognitieve tests geanalyseerd tussen condities en tussen groepen personen (A en B). Daarmee wordt de suggestie gewekt dat persoonlijkheidskenmerken en cognitieve vaardigheden afhankelijk zijn van de condities. Dat lijkt een moeilijk houdbaar standpunt (behalve voor de kwaliteit van leven). Een meer geijkte analyse lijkt een correlatieve analyse of

een variantie-analyse met de persoonlijkheidskenmerken en de cognitieve vaardigheden als covariaat.

De conclusie van de TNO-onderzoekers dat onderlinge vergelijking van beide groepen, vanwege de verschillen in samenstelling, niet goed mogelijk is, is op grond van het hiervoor betoogde correct. Maar dan had in de tabellen die vergelijking ook niet gemaakt moeten worden.

Meetekwaliteit van de gebruikte tests en vragenlijsten

Ik heb drie (eigenlijk vier) vragenlijsten aangetroffen in de beschrijving van het onderzoek.

- Vragenlijst A: Symptomatic Enquiry (Bulpitt QOL questionnaire.pdf en Artikel Bulpitt.pdf; bijlage A, B; resp 35 en 11 items; bijlage C wordt niet gebruikt in het TNO-onderzoek).
- Vragenlijst B: 'Big Five' persoonlijkheidstest (Protocol, p.36-40,41-44; 60 items).
- Vragenlijst C: 'Quality Of Life' (Protocol, p.45-47; 23 items).

Verder worden vijf cognitieve tests gebruikt (p.35-36 en p.53-58 TNO-onderzoek).

In de volgende paragrafen maak ik enkele kritische opmerkingen over het gebruik van de tests en vragenlijsten. Omdat enkele psychometrische aanmerkingen ook gelden voor de cognitieve tests zullen die (ongevraagd) daar waar nodig besproken worden.

E.1 Inleiding

In de psychometrie (het meten van psychologische eigenschappen) is het gebruikelijk vast te stellen of een instrument het bedoelde kenmerk betrouwbaar meet, zo mogelijk (1) onder de omstandigheden van het onderzoek en (2) bij de onderzochte groep. Een instrument is niet automatisch invariant. Dat wil zeggen dat het niet vanzelfsprekend bij verschillende condities en personen een gelijkwaardige uitslag geeft. Als een instrument aangetoonde goede meetkwaliteiten heeft (zoals vragenlijst B) is bovengenoemde eis evenzeer van toepassing. Maar dat is zeker het geval bij de vragenlijst met zwakke of onduidelijke meetkwaliteiten, zoals vragenlijst C. De laboratoriumcondities van het TNO-onderzoek kunnen verschillen van de condities van het kwaliteitsonderzoek van de desbetreffende vragenlijst (in een artikel of een handleiding weergegeven). De samenstelling van de geworven groep deelnemers kan verschillen van die groepen waar bij de meetkwaliteit van de vragenlijst is vastgesteld (vaak studenten in collegezalen). Invariantie is een veronderstelling die regelmatig in de literatuur weerlegd is. Dat geldt met name bij vertalingen van instrumenten. Dan blijkt dat verschillen in condities en

proefpersonen en talen verschillen teweeg hebben gebracht in de kwaliteit van het meetinstrument.

Er zijn drie strategieën in zwang om met dit probleem van meetinvariantie om te gaan.

- Invariantie van het instrument streng toetsen, hetgeen veel proefpersonen vergt.
- Invariantie van het instrument, daar waar mogelijk is, enigszins vergelijken (niet streng toetsen).
- Invariantie veronderstellen (meestal zonder kennis van het invariantieprobleem of op grond van onachtzaamheid).

Het bovenstaande geeft al enigszins aan welke kritische aantekeningen op het psychometrisch deel van het TNO-onderzoek gemaakt kunnen worden. Deze hebben vooral te maken met het ontbreken van empirische aanwijzingen voor de meetkwaliteiten van de gebruikte subschalen en tests bij de specifieke groepen personen en onder de condities van het onderzoek. Het aantal personen was voldoende om dergelijke indices te kunnen rapporteren. Het betreft globaal de volgende aspecten (zie E.3):

- de consistentiebetrouwbaarheid van de (sub)schalen van de vragenlijsten en de cognitieve (sub)tests,
- de herhaalbetrouwbaarheid van (sub)schalen en (sub)tests,
- de aanwijzingen voor de validiteit van de instrumenten (meten deze bedoelde eigenschappen, zijn deze onafhankelijk van elkaar, hangen deze samen met de geïnduceerde effecten).

E.2 Algemene opmerkingen over vragenlijsten en cognitieve tests

De argumentatie voor de opname van juist deze drie vragenlijsten is zwak. De eerste vragenlijst lijkt onbetwistbaar. De biografische gegevens zijn noodzakelijk. De opname van een vragenlijst voor persoonlijkheidskenmerken wordt niet beargumenteerd.

Waarom persoonlijkheid hier van belang zou zijn blijft onduidelijk en waarom de *Big Five* daarvoor is gekozen is evenmin duidelijk verwoord in het protocol of in de resultaten. De psychologische *Quality Of Life (Symptom Rating Scale* van Kellner & Sheffield⁽¹⁷⁾) is verdedigbaar, maar andere en betere lijsten bestaan (b.v. *Profile Of Mood States*;⁽²⁰⁾). Het moet ook mogelijk zijn geweest een specifieke lijst te ontwikkelen voor dit onderzoek op grond van de bekende klachten van groep A gemeld aan de Stichting Meldpuntennetwerk Gezondheid en Milieu.

Vragenlijst A:

Deze lijst wordt besproken in het artikel van Bulpitt & Fletcher⁽³⁾ onder ‘symptomatic enquiry’ en is in dit artikel opgenomen als Bijlage A en B. Deze vragenlijst is gebruikt om de proefpersonen te screenen en de in- en uitsluitingscriteria toe te passen.

Over deze lijst kan ik weinig anders zeggen dan dat hij in enkele onderzoeken goed lijkt te functioneren. Het is een enquête waaraan geen psychometrisch model ten grondslag ligt. De beoordeling kan slechts uitgevoerd worden op de formulering van de vragen en antwoordmogelijkheden. Omdat ik geen Nederlandse vertaling heb kan ik de lijst niet goed beoordelen.

De gegevens van de lijst bij de 72 proefpersonen van het TNO-onderzoek worden niet vergeleken met de gegevens van Bulpitt & Fletcher⁽³⁾ in Tabel 1 (*section B*) en Tabel 3 (*section A*). Dat biedt dus ook geen mogelijkheden voor de beoordeling. De kwaliteit van deze lijst kan ik dus niet beoordelen. Echter, aangezien de vragenlijst geen onderdeel vormt van de resultatensectie is dat geen ernstig bezwaar.

Vragenlijst B: *Big Five* persoonlijkheidstest.

De Neo-PI-R/Neo-FFI⁽¹⁵⁾ is een standaardlijst uitgegeven door Harcourt (voorheen Swets); een geautoriseerde vertaling van de oorspronkelijke lijst van Costa & McCrae^(4,5). De vragenlijst staat als goed bekend (zie Evers, van Vliet en Groot⁽¹⁰⁾, p.43, par. 24-28, p.444-445). In het TNO-onderzoek wordt deze lijst gebruikt om de verschillen tussen de groepen A (groep klagers) en B (referentiegroep vrijwilligers) te onderzoeken. De groep klagers bleek extravert.

Opvallend is dat de betrouwbaarheid van de persoonlijkheidstest niet is vastgesteld. De betrouwbaarheid (o.a. Cronbach's Alfa) is afhankelijk van de onderzochte steekproef en kan niet afgeleid worden uit de gegevens van de handleiding. Nu kan de bruikbaarheid van de lijst onder de omstandigheden van het TNO-onderzoek niet beoordeeld worden. Verder ligt het in de lijn der verwachtingen dat gecontroleerd moet worden of verschillen in persoonlijkheid samenhangen met de gevoeligheid voor de experimentele variabelen (radiofrequenties). Dat is niet gebeurd.

Vragenlijst C: *Quality Of Life*

De vragenlijst *Quality Of Life* wordt besproken in het artikel van Bulpitt & Fletcher⁽³⁾ onder *psychological well-being* (p.354). De *Symptom Rating Test* (SRT) van Kellner & Sheffield⁽¹⁷⁾ bestaat uit 37 items die leiden tot vier subschalen: *depression*, *anxiety*, *somatic problems* en *inadequacy*. De subschalen worden besproken in het TNO-rapport op p.35-36, p.45 en de resultaten op p.49-53. In het TNO-onderzoek worden vijf subschalen onderscheiden met 23 items: *anxiety symptoms* (4 items), *somatic symptoms* (8), *inadequacy symptoms* (5), *depression symptoms* (2) en *hostility symptoms* (4).

Voor de samenstelling van de items in vijf in plaats van vier subschalen zijn geen argumenten gevonden. Er zijn geen gegevens bekend over de kwaliteit van het meetmodel van de vijf subschalen, dus ook niet over de betrouwbaarheid van de subschalen. Het beperkte aantal items van de subschalen doet het ergste vrezen. De vier subschalen van de oorspronkelijke SRT blijken wel criteriumvaliditeit te bezitten (zie Bulpitt & Fletcher⁽³⁾ en Kellner & Sheffield⁽¹⁷⁾).

De formuleringen van de items van de Nederlandse SRT zijn in het algemeen in orde. Uitzonderingen zijn de volgende items waarin dubbele uitspraken zijn gebruikt (met 'of' of 'en'): 2, 4, 5, 7, 8, 14 en 16. In het algemeen wordt dit in de betreffende literatuur afgeraden. Indicaties voor goede meetkwaliteit in deze studie hadden deze kritiek kunnen weerleggen.

Vijf Cognitieve Tests

Deze tests zijn eerder gebruikt in TNO-onderzoeken. Echter de meetkwaliteiten van de tests zijn niet weergegeven (consistentiebetrouwbaarheid, intercorrelaties tussen de vijf tests). Het blijft voor de lezer onzeker in welke mate onafhankelijke cognitieve aspecten gemeten worden.

E.3 Ontbrekende analyses op scores van vragenlijsten en cognitieve tests in TNO-studie

Wat is nu in het onderhavige TNO-onderzoek van toepassing. Ik meen dat de technische delen van het onderzoek van zeer hoge kwaliteit zijn (vooral het ontwerp van de studie en de SAR-metingen, uitgezonderd het twee ongelijke groepen design). Dat schept verwachtingen ten aanzien van de psychometrische kwaliteit van het onderzoek. Die is echter niet op hetzelfde niveau als de rest van het onderzoek.

Ik ben van mening dat de meetcondities van het TNO-onderzoek mogelijk sterk afwijken van de condities van het kwaliteitsonderzoek van de vragenlijsten en tests waarna verwezen wordt. Verder wijken de deelnemende proefpersonen waarschijnlijk sterk af van de onderzochten van het kwaliteitsonderzoek (in artikel of handleiding). Gezien deze opvattingen en de hoge kwaliteit van het technisch onderzoek, mag verwacht worden dat in het TNO-onderzoek de meetkwaliteit enigszins gecontroleerd zal worden. De omvang van de groepen proefpersonen en het aantal variabelen in het onderzoek maken enige controle op de meetkwaliteit van de vragenlijsten en de tests mogelijk. Helaas is dat niet gedaan.

Met 72 waarnemingen kunnen gemakkelijk enkele van de meetkwaliteiten vastgesteld worden voor de subschalen/subtests:

- a de interne consistentie van de (sub)schalen/subtests
- b de herhaalbetrouwbaarheid van de subschalen/subtests (vijf/vier herhaalde SRT-metingen en cognitieve tests onder verschillende condities en met tussenperioden)
- c de ééndimensionaliteit van de subschalen/subtests (eigenlijk vergt dit meer proefpersonen, maar een voorlopige toets had uitgevoerd kunnen worden)
- d de intercorrelaties van de subschalen (vijf persoonlijkheidskenmerken/vijf aspecten van de psychologische kwaliteit van leven/vijf cognitieve vaardigheden)
- e de correlaties tussen verschillende metingen (persoonlijkheid en psychologische kwaliteit van leven, persoonlijkheid en cognitieve vaardigheden, persoonlijkheid en SAR-metingen, psychologische kwaliteit van leven en cognitieve vaardigheden, psychologische kwaliteit van leven en SAR-metingen, cognitieve vaardigheden en SAR-metingen)
- f regressie-analyse van de test- en vragenlijsteigenschappen op de effecten/condities.

Punten 1 en 2 zou geruuststellende resultaten hebben opgeleverd omtrent de betrouwbaarheid van de metingen, zeker als die ongeveer in overeenstemming zouden zijn met die in eerder onderzoek (artikel en handleiding).

Punt 3 zou aanwijzingen geven of en in hoeverre eenduidige aspecten gemeten worden; met name de totaalscore van vragenlijst C kan per definitie slechts een combinatie van kenmerken meten (23 items en vijf inhoudelijk kenmerken kunnen niet één dimensie meten). Dat blijkt ook uit de gegevens: de vijf kenmerken zijn elk niet even gevoelig voor de condities (tabellen 11.6 – 11.10 in het TNO-rapport).

Punt 4 en 5 zouden aanwijzingen hebben gegeven over de onafhankelijkheid van (de aspecten van) de metingen. Zeer hoge correlaties leiden tot de conclusie dat de gemeten eigenschappen niet onafhankelijk zijn en dat een of enkele uit het onderzoek geëlimineerd zouden moeten worden.

Punt 6 zou aanwijzingen kunnen geven welke vragenlijsteigenschappen een onafhankelijke bijdrage hebben op de condities. Daarmee kan ook een indicatie verkregen worden voor versoering van het vervolgonderzoek.

E.4 Samenvatting

Ik geef toe dat al deze analyses mogelijk tot kanskapitalisatie van resultaten kan leiden. Het toeval heeft dan een grote invloed op de relationele analyseresultaten vanwege een ongunstige verhouding van het aantal variabelen (15-20) en het aantal waarnemingen (72). Maar in het TNO-onderzoek zijn géén van deze analyses uitgevoerd dan wel gerapporteerd. Dat leidt tot onzekerheid voor de lezer. Nogmaals: aan de meetkwaliteit van de subschalen van vragenlijst C en de vijf cognitieve subtest kan getwijfeld worden, tot nadere informatie beschikbaar is. De geconstateerde effecten lijken, gezien het syste-

matisch karakter ervan, zeker geloofwaardig. Dat geldt niet voor de bevindingen van geen effect. Die zouden mede verklaard kunnen worden door ruis, onbetrouwbare en/of gebrekkig valide metingen. De gevonden significante verschillen tussen de groepen A en B (in vier van de vijf toetsingen) en de experimentele condities enerzijds en de placebo-conditie anderzijds (zes van de 30 toetsen) geven wel de indruk dat de subschalen goed hebben gefunctioneerd. Het ontbreken van significante verschillen bij de subschaal depressie (een stabiele trek) geeft evenzeer steun aan het goed functioneren van de subschalen. Maar onzeker blijft of niet meer verschillen zouden zijn ontstaan als de subschalen meer betrouwbaar en sterkere meetkwaliteit zouden hebben gehad.

De rapportage van de effecten in termen van de totaalscore van de SRT draagt enige risico's in zich. Het betreft hier een samengesteld instrument met vier eigenschappen die niet geheel gelijke effecten per conditie blijken te hebben en een eigenschap die geen effect laat zien over condities. De totaalscore meet niet één, maar meerdere eigenschappen die niet homogeen afhankelijk zijn van de condities. De totaalscore laat ook een ander effectpatroon over condities zien dan de afzonderlijke scores (alleen vergelijkbaar met "inadequacy symptoms"). Het verdient dus de sterke voorkeur om de afzonderlijke eigenschappen afzonderlijk te rapporteren. Desalniettemin kan de rapportage van de totaalscore als een omnibustest verdedigd worden. Maar sterk is dit niet als niet de verschillen voor de specifieke aspecten van SRT worden vermeld.

Bij vervolgonderzoek zou de aangepaste SRT eerst nader onderzocht moeten worden op meetkwaliteit. Een mogelijkheid is ook een ander instrument te kiezen waarvan de meetkwaliteiten beter bekend zijn.

Amsterdam, april 2004,
drs HCM Vorst