

5G en gezondheid

Aan: de voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal
Nr. 2020/16, Den Haag, 2 september 2020

Gezondheidsraad



inhoud

Samenvatting	3		
01 Inleiding	6	03 Onderzoeken naar mogelijke gezondheidsschade door 5G	18
1.1 Aanleiding en adviesaanvraag	7	3.1 Weging wetenschappelijk bewijs	19
1.2 Werkwijze	7	3.2 Kanttekeningen bij de bevindingen	21
1.3 Eerdere adviezen Gezondheidsraad	9	3.3 Bevindingen over ziekten en aandoeningen	21
1.4 Huidige blootstellingslimieten en overheidsbeleid	10	3.4 Bevindingen over biologische processen	22
1.5 Leeswijzer	11	3.5 Vergelijking met blootstellingslimieten	24
02 Over 5G	12	04 Conclusies en advies	25
2.1 Generaties in mobiele telecommunicatie	13	4.1 Conclusies	26
2.2 Frequentiebanden	13	4.2 Adviezen	27
2.3 Blootstelling	16	Literatuur	29



samenvatting

De nieuwste standaard voor mobiele telecommunicatie, 5G, is sneller en betrouwbaarder en kan meer gegevens tegelijkertijd verwerken. 5G is ontwikkeld om de toenemende vraag naar mobiele telecommunicatie aan te kunnen en om nieuwe toepassingen mogelijk te maken, zoals zelfrijdende auto's en ziekenhuisoperaties op afstand. De komst van 5G-netwerken leidt in de samenleving echter ook tot zorgen over de mogelijke invloed van 5G op de gezondheid. Daarom heeft de Tweede Kamer de Gezondheidsraad gevraagd om te analyseren wat hierover wetenschappelijk bekend is. De vaste Commissie Elektromagnetische velden van de raad heeft zich over deze vraag gebogen.

Invloed 5G-frequenties op gezondheid deels nog niet onderzocht

5G gebruikt deels dezelfde frequenties als eerdere generaties mobiele telecommunicatie, zoals 3G en 4G, en daarnaast ook nieuwe

frequentiebanden. Er is nog maar net een begin gemaakt met de uitrol van 5G-netwerken. Er bestaan dan ook nog geen onderzoeken naar de invloed op de gezondheid van (langdurige) blootstelling aan elektromagnetische velden met de frequenties die voor 5G zijn gereserveerd. Wel zijn toepassingen onderzocht die frequenties gebruiken die in de buurt liggen van de nieuwe 5G-frequenties. Het gaat dan bijvoorbeeld om 2G, 3G en 4G, wifi en radar.

Daadwerkelijke gezondheidsrisico's niet bekend

Dit advies vormt een eerste stap in de analyse van mogelijke gezondheidsrisico's van 5G-frequenties. De commissie kan nog geen antwoord geven op de vraag of blootstelling aan 5G-frequenties daadwerkelijk gezondheidsrisico's oplevert. Dat heeft twee redenen. Ten eerste is het voor zo'n uitspraak nodig om te weten bij welk niveau van blootstelling er

gezondheidsschade kan optreden bij mensen. Dat vergt een uitgebreidere analyse van de wetenschappelijke gegevens dan de commissie heeft kunnen uitvoeren. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) voert momenteel een dergelijke analyse uit, die naar verwachting in 2022 wordt afgerond. Ten tweede is het nodig om te weten wat de feitelijke blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden is na de invoering van 5G. Dat is nog niet bekend, omdat 5G zoals gezegd nog maar deels in gebruik is genomen.

Samenhang tussen 5G-frequenties en gezondheidsschade niet aangetoond, maar voor een aantal ziekten niet uit te sluiten

De commissie is daarom nagegaan of er aanwijzingen zijn dat elektromagnetische velden met de frequenties van 5G de *potentie* hebben om de gezondheid te schaden. Zij heeft geïnterviewd of er een samenhang bekend



is tussen enerzijds blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en anderzijds het optreden van ziekten en aandoeningen. Het is volgens de commissie niet uit te sluiten dat het optreden van kanker, verminderde mannelijke vruchtbaarheid, slechtere zwangerschapsuitkomsten en geboorteafwijkingen samenhangen met blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden. Echter, voor geen van deze en de andere onderzochte ziekten en aandoeningen acht de commissie de samenhang tussen blootstelling en de ziekte of aandoening aangetoond of waarschijnlijk.

Ook heeft de commissie gekeken naar de mogelijke samenhang tussen radiofrequente elektromagnetische velden en veranderingen in biologische processen. Het is waarschijnlijk dat veranderingen in elektrische activiteit in de hersenen samenhangen met blootstelling; onbekend is of dat gunstig of ongunstig is voor de gezondheid. Voor de meeste overige biologische processen is niet aangetoond en

ook niet waarschijnlijk dat veranderingen hierin samenhangen met blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden, al is dit ook niet uit te sluiten. Alleen voor veranderingen in het afweersysteem en hormoonspiegels is geen samenhang gevonden. Onderzoek naar effecten van blootstelling aan frequenties rond 26 GHz ontbreekt vrijwel.

Adviezen van de commissie

De commissie heeft vier adviezen voor de Tweede Kamer:

1. Omdat de lagere frequentiebanden voor 5G (tot 3,5 GHz) al jaren in gebruik zijn voor telecomtoepassingen en wifi zonder dat dit heeft geleid tot bewezen gezondheidsschade, ziet de commissie geen reden om gebruik van deze frequentiebanden te stoppen of te beperken. Wel adviseert zij de blootstelling te monitoren voor, tijdens en na uitrol van de 5G-systemen. Daarmee wordt duidelijk in hoeverre blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden verandert door invoering van 5G en kunnen op termijn de

gezondheidsrisico's beter ingeschat worden. Ook de analyse van de WHO kan bij de risico-inschatting gebruikt worden.

2. De commissie adviseert meer onderzoek te doen:
 - epidemiologisch onderzoek naar de relatie tussen blootstelling aan gebruikte 5G-frequenties en het optreden van kanker, verminderde mannelijke vruchtbaarheid, zwangerschapsuitkomsten en geboorteafwijkingen. Een lopend internationaal onderzoek naar mobiele-telefoongebruik waaraan Nederland deelneemt, kan daarbij een rol spelen.
 - experimenteel onderzoek naar gezondheidseffecten van blootstelling aan elektromagnetische velden in de 26 GHz-frequentieband.
 - scenariostudies om de blootstelling van individuen als gevolg van draadloze communicatiesystemen (3G, 4G en 5G) zichtbaar te maken.
3. De commissie adviseert de frequentieband van 26 GHz niet voor 5G in gebruik te nemen,



zolang mogelijke gezondheidsrisico's niet zijn onderzocht.

4. Tot slot adviseert de commissie om de nieuwste richtlijnen van de *International Commission on Non-ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) in Nederland te gebruiken als basis voor het blootstellingsbeleid. Omdat niet uitgesloten kan worden dat ook blootstelling onder de nieuwste ICNIRP-normen de potentie heeft de gezondheid te schaden, adviseert de commissie om voorzorg toe te passen en blootstellingen zo laag als redelijkerwijs mogelijk te houden.



01 inleiding



1.1 Aanleiding en adviesaanvraag

De invloed van elektromagnetische velden op de gezondheid staat al decennialang in de belangstelling, onder andere door de opmars van mobiele telefonie en andere vormen van draadloze telecommunicatie. Nu 5G-netwerken worden uitgerold, zijn er zorgen vanuit de samenleving over de mogelijke invloed van blootstelling aan '5G-straling' op de gezondheid. Naar aanleiding daarvan heeft de Tweede Kamer de Gezondheidsraad in november 2019 gevraagd om een advies op te stellen over mogelijke gezondheidsrisico's van blootstelling aan elektromagnetische velden met frequenties die door 5G communicatiesystemen gebruikt gaan worden. De voorzitter van de raad heeft de vaste commissie Elektromagnetische velden gevraagd dit advies op te stellen. De samenstelling van de commissie staat achter in dit advies, de adviesaanvraag staat op www.gezondheidsraad.nl.

Concreet vraagt de Tweede Kamer de Gezondheidsraad om:

- in aanvulling op eerdere publicaties en adviezen op dit terrein een overzicht en beoordeling te geven van de (inter)nationale studies die zijn verschenen over mogelijke gezondheidsrisico's van 5G;
- daarbij in ogenschouw te nemen in hoeverre de huidige normen voor volksgezondheid op dit terrein zijn gebaseerd op de meest actuele stand van de wetenschap.

1.2 Werkwijze

1.2.1 Literatuuronderzoek

Samenhang met ziekten, aandoeningen en biologische processen

De commissie heeft gegevens geanalyseerd uit onderzoeken naar de samenhang tussen gezondheidsuitkomsten en blootstelling aan elektromagnetische velden uit drie frequentiegebieden waarbinnen de door 5G te gebruiken frequenties vallen:

- 700 MHz - 2200 MHz;
- 2,2 GHz (= 2200 MHz) - 5,0 GHz;
- 20 GHz - 40 GHz.

Onderzoek naar opwarmingseffecten van het lichaam of lichaamsdelen, die kunnen optreden bij blootstellingen boven de huidige limieten (zie paragraaf 1.4) en die al eerder daadwerkelijk wetenschappelijk zijn aangetoond, is daarbij buiten beschouwing gelaten, evenals onderzoek naar therapeutische effecten van radiofrequente elektromagnetische velden. De commissie heeft bij de analyse van de gegevens onderscheid gemaakt tussen enerzijds ziekten en aandoeningen en anderzijds biologische processen.

Review van WHO en rapporten van SSM als basis

De commissie heeft gebruik gemaakt van een concept literatuurreview van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) naar effecten van radiofrequente elektromagnetische velden (met frequenties tussen



100 kHz en 300 GHz) dat in oktober 2014 is gepubliceerd voor het verkrijgen van commentaar en aanvullingen.¹ Een definitieve versie is nog niet verschenen. In de WHO-review zijn gegevens vanaf ongeveer 1992 opgenomen. Daarnaast zijn recente jaarlijkse rapporten van de Zweedse stralingsbeschermingsorganisatie (SSM) als bron gebruikt.²⁻⁵ Voor het verkrijgen van de meest recente gegevens, die niet in eerdere adviezen of in de rapporten van de WHO en SSM zijn opgenomen, heeft de commissie zelf de wetenschappelijke literatuur geïnventariseerd.

Met betrekking tot frequenties tussen 700 MHz en 5 GHz heeft de commissie geïnventariseerd welke gegevens beschikbaar zijn in aanvulling op de gegevens waarover de Gezondheidsraad in eerdere adviezen heeft gerapporteerd. Voor de frequentieband rond 26 GHz, waarover de Gezondheidsraad niet eerder heeft gerapporteerd, heeft de commissie gezocht naar onderzoeken naar gezondheidsveranderingen bij frequenties tussen 20 en 40 GHz. Bij dergelijke frequenties zijn alleen epidemiologische onderzoeken naar beroepsmatige blootstelling aan radar beschikbaar. Velden van deze frequenties dringen niet verder door in het lichaam dan in de huid.

In de analyses van de WHO en SSM zijn alleen onderzoeken opgenomen die voldoen aan a priori vastgestelde kwaliteitscriteria. Onderzoeken met wetenschappelijke onvolkomenheden, zoals het ontbreken van een goede karakterisering van de blootstelling in experimentele onderzoeken,

zijn daarom uitgesloten. Voor de meer recente onderzoeken, die zijn verschenen na de rapporten van de WHO en SSM, heeft de commissie de criteria van de WHO en de SSM gebruikt om onderzoeken al of niet in haar analyse op te nemen.

In het achtergronddocument bij dit advies, eveneens gepubliceerd op www.gezondheidsraad.nl, zijn de zoekstrategieën van de commissie en de kwaliteitsscriteria van de WHO opgenomen. Daarnaast zijn overzichten van alle onderzoeken opgenomen. Ook is van de onderzoeken die buiten de analyses zijn gehouden de reden van uitsluiting vermeld.

Epidemiologisch onderzoek en experimenteel onderzoek bij mensen en dieren

De commissie heeft voor dit advies epidemiologische gegevens en gegevens van experimenteel onderzoek aan mensen of proefdieren geanalyseerd. De commissie heeft in vitro onderzoek (onderzoek aan gekweekte cellen) buiten beschouwing gelaten. De commissie bespreekt de gebruikte vormen van onderzoek in hoofdstuk 3.

1.2.2 Reikwijdte conclusies: gezondheidsrisico versus potentie om te schaden

De commissie doet in dit advies geen uitspraak over de vraag of gezondheidsschade ook daadwerkelijk zal optreden bij blootstelling



aan 5G. De commissie doet alleen uitspraken over de *potentie* van radiofrequente elektromagnetische velden om de gezondheid te schaden.

Bij het vaststellen van een mogelijke relatie tussen blootstelling aan een bepaalde factor, in dit geval radiofrequente elektromagnetische velden, en veranderingen in de gezondheid is het van belang een onderscheid te maken tussen de *waarschijnlijkheid* dat bij een bepaalde blootstelling aan die factor ook daadwerkelijk gezondheidsschade optreedt (het risico; Engels: *risk*) en de *potentie* van een factor om de gezondheid te schaden, wat een intrinsieke eigenschap van die factor is (Engels: *hazard*). De conclusies die de commissie in dit advies trekt betreffen alleen de *potentie* om schade te veroorzaken. Om een uitspraak te doen over gezondheidsrisico's is allereerst kennis nodig over de blootstelling-effectrelatie en daarnaast zijn gegevens nodig van de te verwachten mate van blootstelling van individuen. De commissie heeft niet kunnen onderzoeken bij welke blootstellingsniveaus gezondheidsschade optreedt en of er wellicht een drempelwaarde is waaronder geen schade optreedt. Voor beantwoording van deze vragen is een grondige analyse van de beschikbare gegevens nodig. Die wordt momenteel door de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) uitgevoerd en de resultaten hiervan worden in 2022 verwacht. Daarnaast is nog niet bekend aan welke niveaus individuen straks zullen worden blootgesteld als 5G-systemen operationeel zijn.

In dit advies richt de commissie zich alleen op gezondheidsschade die een rechtstreeks gevolg is van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden op de mens: wat doet die blootstelling met het menselijk lichaam? De commissie kijkt niet naar andere gevolgen van het gebruik van mobiele telecommunicatiemiddelen, zoals een verhoogd risico op een verkeersongeluk bij het gebruik van een mobiele telefoon tijdens het besturen van een voertuig, of het verslaafd raken aan gebruik van een mobiele telefoon, en evenmin naar therapeutische effecten (zoals elektrotherapie). Het is ook mogelijk dat elektromagnetische velden een invloed hebben op de leefomgeving, bijvoorbeeld op dieren en planten. Als de leefomgeving op een of andere manier ongunstig beïnvloed zou worden, zou dit indirect tot ongunstige effecten op de gezondheid van mensen kunnen leiden. Dergelijke effecten vallen ook buiten het bestek van dit advies.

1.3 Eerdere adviezen Gezondheidsraad

De Gezondheidsraad heeft eerder adviezen opgesteld over gezondheidsrisico's ten gevolge van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden van mobiele telefonie, in het bijzonder het optreden van kanker.⁶⁻¹² Die adviezen combineren gegevens van de verschillende frequenties die bij 2G, 3G en 4G in gebruik zijn en die uiteenlopen van rond 800 MHz tot rond 2100 MHz. De belangrijkste conclusie uit het meest recente advies is, dat een associatie tussen langdurig en frequent gebruik van een mobiele telefoon en een verhoogd



risico op tumoren in de hersenen of het hoofd-hals gebied niet is bewezen, maar ook niet valt uit te sluiten.⁸

De conclusies uit die eerdere adviezen zijn ook relevant voor 5G, waar dit de frequentiebanden van 700, 1400, 1800 en 2100 MHz betreft. De commissie heeft in het kader van het huidige advies gezocht naar recente wetenschappelijke literatuur om de gegevens over blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en kanker te actualiseren. Daarbij heeft zij zich niet, zoals in de eerdere adviezen, beperkt tot mobiele telefoons als bron van blootstelling en tot tumoren in de hersenen en het hoofd-hals gebied als effect, maar alle bronnen van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en alle vormen van kanker in aanmerking genomen.

Over het middelste frequentiegebied dat bij 5G gebruikt gaat worden, 3,5 GHz, heeft de Gezondheidsraad niet eerder gerapporteerd. Deze frequentie ligt tussen de twee door wifi gebruikte frequentiebanden (2,40-2,48 en 5,1-5,7 GHz). Onderzoeken naar effecten van wifi zijn daarom ook relevant voor 3,5 GHz. Over wifi heeft de raad gerapporteerd in het advies *Invloed van radiofrequente telecommunicatiesignalen op kinderhersen*.¹³ De conclusie uit dat advies was, dat de relatief weinige beschikbare gegevens niet wijzen op effecten op de ontwikkeling van de hersenen of op de gezondheid, wanneer kinderen worden blootgesteld aan radiofrequente elektromagnetische velden zoals afkomstig van

mobiele telefoons, van antennes voor mobiele telefonie of van wifi-voorzieningen.

Over het hoogste frequentiegebied dat door 5G zal worden gebruikt, 26 GHz, heeft de Gezondheidsraad niet eerder gerapporteerd. De commissie heeft een inventarisatie gemaakt van onderzoeken naar mensen die met of in de buurt van radarinstallaties werkten, omdat sommige van deze installaties ook frequenties gebruiken van circa 26 GHz (bijvoorbeeld de politiesnelheidsradar gebruikt onder meer 24 GHz).

1.4 Huidige blootstellingslimieten en overheidsbeleid

Het beperken van de blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden vindt in Nederland plaats door het hanteren van blootstellingslimieten en het handhaven daarvan door het Agentschap Telecom.

De gehanteerde blootstellingslimieten voor de bevolking zijn gebaseerd op een aanbeveling van de Europese commissie uit 1999.¹⁴ Deze aanbeveling gaat uit van de door de *International Commission on Non-ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) in 1998 gepubliceerde richtlijnen.¹⁵ ICNIRP heeft onlangs nieuwe richtlijnen voor blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden gepubliceerd, gebaseerd op een analyse van de nu beschikbare wetenschappelijke informatie.¹⁶ Daarbij heeft ICNIRP gebruikgemaakt van dezelfde WHO en SSM rapporten als de commissie.¹⁻⁵ De richtlijnen zijn gebaseerd op het voorkómen van overmatige opwarming van het lichaam of van lichaamsdelen. Dit omdat



ICNIRP in de nieuwste richtlijnen stelt (net als in de richtlijnen uit 1998) dat alleen schadelijke effecten als direct gevolg van opwarming van het gehele lichaam of van lichaamsdelen door radiofrequente elektromagnetische velden daadwerkelijk wetenschappelijk zijn aangetoond.

De overheid biedt de frequenties waarmee 5G zal gaan werken technologieneutraal aan. Dit betekent dat zij geen eisen aan producten of diensten stelt zolang producenten en aanbieders van diensten ervoor zorgen dat de huidige blootstellingslimieten niet worden overschreden.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 staat achtergrondinformatie over 5G. In hoofdstuk 3 staan de resultaten van de analyses van de commissie van de onderzoeken naar een samenhang tussen blootstelling aan radiofrequente velden en het optreden van ziekten en aandoeningen en van veranderingen in biologische processen. In hoofdstuk 4 formuleert de commissie haar conclusies en doet zij enkele aanbevelingen.

Bij dit advies hoort een achtergronddocument (evenals het advies gepubliceerd op www.gezondheidsraad.nl) met een methodologische verantwoording, de kwaliteitscriteria van de WHO, een overzicht van de gevonden literatuur en de daarin gevonden associaties (voor epidemiologische onderzoeken) en effecten (voor experimentele onderzoeken), en een overzicht van de uitgesloten onderzoeken met de redenen voor uitsluiting.



02 over 5G



5G is de nieuwe standaard voor draadloze communicatie, met als belangrijkste verbetering een grotere capaciteit en snellere gegevensoverdracht. 5G maakt meer toepassingen mogelijk dan alleen mobiele telecommunicatie. Naast grotere capaciteit gaat 5G op termijn gebruik maken van hogere dan de tot nu toe gebruikte frequenties. Ook gebruikt 5G naast de gebruikelijke rondzende antennes ook antennes die een meer gerichte bundel uitzenden. Wat dat precies betekent voor de mate waarin mensen zullen worden blootgesteld is nog niet bekend.

2.1 Generaties in mobiele telecommunicatie

De vijfde generatie mobiele telecommunicatie, kortweg 5G, is een doorontwikkeling van de eerdere generaties. Bij elke nieuwe generatie is de ‘taal’ (het protocol) waarmee tussen de onderdelen wordt gecommuniceerd, anders. 1G was een analoog systeem waarmee alleen gesprekken gevoerd konden worden. 2G was een digitaal systeem (GSM). Daarmee werd het mogelijk om ook tekstberichten te sturen en de geluidskwaliteit werd verbeterd. 3G (UMTS) gaf voor het eerst de mogelijkheid voor gegevensuitwisseling, waarmee de smartphone ontwikkeld kon worden. Met 4G werd de snelheid van gegevensuitwisseling verhoogd.

Met de opeenvolgende generaties nam de snelheid van informatieoverdracht (spraak en gegevens) toe, evenals, door het gebruik van andere frequenties, de capaciteit. Daardoor konden steeds meer mensen tegelijkertijd steeds meer informatie overdragen. Omdat de vraag verder

toeneemt en omdat technologische ontwikkelingen snelle gegevensuitwisseling noodzakelijk maken, zijn de bestaande telecommunicatiesystemen verder ontwikkeld. Voorbeelden van die ontwikkelingen zijn zelfrijdende auto's, het uitvoeren van operaties op afstand en het met behulp van drones monitoren van de toestand van landbouwgewassen.

2.2 Frequentiebanden

Bij 5G wordt niet alleen een andere ‘taal’ gebruikt dan bij 3G en 4G. Ook zullen andere frequenties worden gebruikt, naast de frequentiebanden die al in gebruik zijn voor de huidige generaties mobiele telecommunicatie. Sommige van deze nieuwe frequenties zijn lager en andere hoger dan de tot nu toe gebruikte frequenties. Met de lagere frequenties worden basisnetwerken opgebouwd, terwijl de hogere frequenties een grotere capaciteit en een snellere gegevensoverdracht mogelijk maken.

Bij de ingebruikname van het eerste 5G-netwerk in Nederland op 28 april 2020 is in eerste instantie een frequentieband gebruikt die ook voor 4G wordt gebruikt, de 1800 MHz-band. De frequentiebanden voor mobiele telecommunicatie worden namelijk ‘technologieneutraal’ geveild, dat wil zeggen dat ze niet aan een bepaalde technologie, zoals 4G of 5G, gebonden zijn. Later zullen de frequentiebanden rond 700, 1400 en 2100 MHz gebruikt gaan worden voor draadloze communicatie, nadat die geveild zijn. In een nog later stadium zullen ook frequentiebanden rond 3,5 GHz en 26 GHz gebruikt gaan worden.



De 700 MHz-band was tot nu toe voor andere toepassingen dan telecommunicatie in gebruik, zoals draadloze microfoons en televisie (Digitenne). Deze band zal gebruikt worden als basisstructuur voor de 5G-netwerken. Daarvoor kunnen voor een deel bestaande 3G- en 4G-basisstations aangepast worden.










De frequentieband rond 1400 MHz was gereserveerd voor de omroep, maar is nooit in gebruik genomen. De frequentieband rond 2100 MHz is al in gebruik bij 3G en 4G telecommunicatie.

De 3,5 GHz-band zal later in gebruik genomen worden, met name om de capaciteit van het netwerk te vergroten. Deze frequentie was tot nu toe in gebruik voor bedrijfsnetwerken en lokale breedbandverbindingen en bij het grondstation voor de inlichtingendiensten in Burum. Het bereik is kleiner dan dat van 700 MHz: een basisstation met 3,5 GHz kan een afstand van zo'n 100 tot 150 meter bestrijken omdat het signaal geblokkeerd en gereflecteerd zal worden door bebouwing en begroeiing op het niveau van de gebruiker. Daarom zal voor deze band niet alleen gebruik worden gemaakt van bestaande basisstations, maar ook van kleinere antennes die bijvoorbeeld aan straatmeubilair zoals lantarenpalen bevestigd kunnen worden.

De frequentieband rond 26 GHz is momenteel in gebruik voor straalverbindingen, cameratoezicht op stations en zelfrijdende auto's. Deze frequentieband zal in Nederland niet op korte termijn voor 5G gebruikt gaan worden. 26 GHz zal te zijner tijd vooral dienen om de capaciteit van het netwerk nog verder te vergroten. Het bereik van deze frequentie is nog kleiner dan dat van 3,5 GHz. Tot slot wordt ook de mogelijkheid nog open gehouden om bij 5G nog hogere frequenties dan 26 GHz te gebruiken.^{17,18}

Welke frequenties precies voor 5G-toepassingen gebruikt gaan worden en met welk type antenne kan per aanbieder en producent verschillen. Figuur 1, op pagina 15, vat het huidige gebruik van de 5G-frequenties samen (zoals beschreven in paragraaf 2.2) en laat zien over welke frequenties de Gezondheidsraad al eerder adviezen uitbracht (beschreven in paragraaf 1.3).



	700, 1400 en 2100 MHz	3,5 GHz	26 GHz
Recent of huidig gebruik beoogde frequentiebanden voor 5G	700 MHz: o.a. draadloze microfoons 1400MHz: omroep, maar nooit in gebruik geweest 2100 MHz: 3G en 4G	 Bedrijfsnetwerken en lokale breedband  Satellietcommunicatie (van satelliet naar aarde)	 Radar (vergunningsvrij in autobumpers, beperkt gebruik) Straalverbindingen
	Tussen 700 en 2200 MHz:	Tussen 2,2 en 5,0 GHz	Tussen 20 en 40 GHz
Recent of huidig gebruik vergelijkbare frequentiebanden	800 MHz: 4G, daarvoor omroep, analoge TV en Defensie 900 MHz: 2G, 3G, 4G, daarvoor analoge autotelefoon 1800 MHz: 4G	 2,45 GHz vergunningsvrij, o.a.magnetrons 2,6 GHz: 4G 2,40-2,48 en 5,1-5,7 GHz: wifi	 Radarinstallaties  Politiesnelheidsradar (onder meer 24 GHz)  Straalverbindingen Satellietcommunicatie
GR-adviezen over vergelijkbare frequentiebanden	De Gezondheidsraad heeft tot 2016 verschillende adviezen opgesteld over mobiele telefoons en kanker. Die adviezen combineren gegevens van frequenties rond 800 MHz en rond 2100 MHz (2G, 3G en 4G). ⁶⁻¹²	 Over wifi heeft de Gezondheidsraad in 2011 gerapporteerd in het advies <i>Invoed van radiofrequente telecommunicatiesignalen op kindersersenen</i> . ¹³	

Figuur 1. Overzicht van het huidige gebruik van 5G frequenties en relevante adviezen van de Gezondheidsraad.



2.3 Blootstelling

Een belangrijke technische ontwikkeling die gepaard gaat met de introductie van 5G is antennetechniek die bundelvorming mogelijk maakt. De huidige basisstations zenden uit in drie sectoren die samen een volledige cirkel vormen, waarbij de hoofdrichting van het signaal wat naar beneden is gericht. Daarbij blijft een deel van de energie ongebruikt. Iedereen die zich in een vrije zichtlijn op dezelfde afstand rond zo'n basisstation bevindt wordt in ongeveer gelijke mate door het basisstation blootgesteld aan elektromagnetische velden, ongeacht of zij met hun mobiele apparaat een verbinding hebben. In de praktijk is er doorgaans geen vrije zichtlijn en spelen afscherming en reflectie ook een rol bij de uiteindelijke blootstelling. Bij 5G zal bij sommige basisstations gebruik gemaakt worden van bundels, die gericht worden op het mobiele apparaat van de gebruiker die een verbinding vraagt. Daarbij volgt de bundel het apparaat als het verplaatst wordt; ook hierbij treden afscherming en reflectie op. Bij de gebruiker kan zo'n bundel een doorsnede van enkele meters hebben. Daarnaast wordt de gebruiker uiteraard ook blootgesteld door zijn eigen mobiele apparaat. Een en ander betekent dat de blootstelling in de toekomst meer variabel zal zijn dan in de huidige situatie. Figuur 2, op pagina 17, geeft op sterk vereenvoudigde manier weer hoe het concept van 5G-antennes verschilt van dat van de huidige antennes.

Wat deze eigenschappen van 5G betekenen voor de blootstelling van individuele personen valt op dit moment niet te voorspellen, vooral omdat

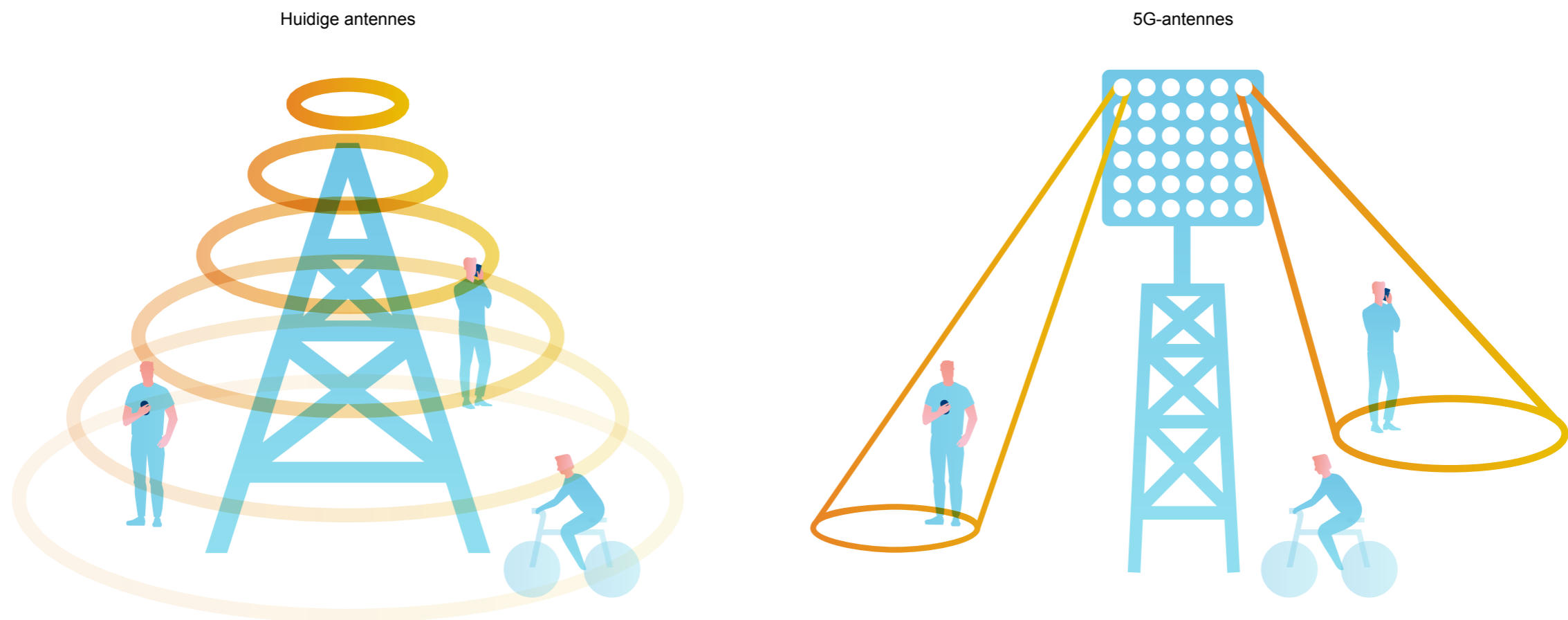
niet kan worden ingeschat in welke mate het aantal antennes en het dataverkeer door de introductie van 5G in de toekomst zal toenemen. Omdat 5G aanvankelijk naast de bestaande 3G- en 4G-systemen zal functioneren, is de verwachting dat de totale blootstelling per individu en over de hele bevolking in eerste instantie zal toenemen, al is dit ook afhankelijk van hoe de systemen en antennes aan- en uitgeschakeld worden. Wanneer 3G wordt afgebouwd zou de blootstelling kunnen dalen. Daarnaast is het voor de individuele blootstelling ook van belang dat het gebruik van mobiele telefoons is veranderd. Bij 2G (GSM) werd de telefoon vooral gebruikt om gesprekken te voeren en daarbij tegen het hoofd gehouden. Bij 3G (UMTS) en 4G, waarbij het gemiddelde uitgangsvermogen van de telefoons al 100-200 keer lager is dan bij GSM-telefoons, is bovendien een verschuiving opgetreden naar het gebruik van sociale media en online toepassingen zoals streaming van films en muziek en computerspellen. Hierbij wordt de telefoon nauwelijks meer tegen het hoofd gehouden en wordt het hoofd daardoor veel minder blootgesteld.

5G is niet alleen bedoeld voor mobiele telecommunicatie. Ook technologische ontwikkelingen als zelfrijdende auto's, het uitvoeren van operaties op afstand en het "Internet of Things" (communicatie tussen apparaten onderling) zullen gebruik maken van dit snelle netwerk. Dit zal leiden tot een toename van het dataverkeer en daarmee mogelijk tot meer blootstelling. Agentschap Telecom en het RIVM geven in hun rapport



Verkenning van de blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van 5G-systemen¹⁹ aan dat het belangrijk is om de ontwikkelingen rond blootstelling aan 5G-frequenties te blijven volgen.

Het verschil met huidige antennes is dat 5G-antennes de bundels richten naar gebruikers



Figuur 2. Verschil tussen zendpatroon huidige basisstations en 5G-basisstations



03

onderzoeken naar mogelijke gezondheids- schade door 5G



De commissie is nagegaan of elektromagnetische velden met de frequenties die voor 5G gebruikt gaan worden de *potentie* hebben om de gezondheid te schaden. Bij geen van de onderzochte ziekten en aandoeningen is samenhang met radiofrequente elektromagnetische straling aangetoond of waarschijnlijk. Wel heeft de commissie een samenhang met kanker, mannelijke vruchtbaarheid, zwangerschapsuitkomsten en geboortefwijkingen geclassificeerd als ‘mogelijk’. Verder is het waarschijnlijk dat er een samenhang is met elektrische activiteit in de hersenen. Of dat gunstig of ongunstig is voor de gezondheid is niet bekend. Voor de meeste overige biologische processen is niet aangetoond en ook niet waarschijnlijk dat veranderingen samenhangen met blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden, maar de commissie heeft dit wel geclassificeerd als ‘mogelijk’. Een samenhang met veranderingen in het afweersysteem en in hormoonspiegels is niet gevonden. Over de samenhang van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden met frequenties tussen 20 en 40 GHz en ziekten en aandoeningen en biologische processen zijn vrijwel geen gegevens beschikbaar.

3.1 Weging wetenschappelijk bewijs

De commissie heeft voor elk van de ziekten of aandoeningen en biologische processen per frequentieband verschillende onderzoeken geanalyseerd en classificaties gegeven van de sterkte van het wetenschappelijk bewijs.

- *Epidemiologisch onderzoek* zoekt binnen groepen mensen naar

associaties tussen het optreden van ziekten en blootstelling aan bepaalde factoren: komt een ziekte of aandoening voor bij blootstelling aan radiofrequente magnetische velden, rekening houdend met mogelijk versturende factoren? Voordelen van epidemiologisch onderzoek zijn dat het wordt uitgevoerd onder mensen en dat langetermijneffecten kunnen worden bestudeerd. Nadelen zijn dat er geen controle is over de blootstellingsomstandigheden en dat andere factoren de uitkomsten kunnen vertekenen. Daarnaast geven associaties geen directe informatie over oorzaak en gevolg.

- In *experimenteel onderzoek* is er controle over de blootstellingsomstandigheden, waardoor wel een uitspraak gedaan kan worden over oorzaak en gevolg (*effect*). Bij dergelijke onderzoeken is gekeken of er een effect optreedt als gevolg van blootstelling aan elektromagnetische velden in het betreffende frequentiegebied. Experimenteel onderzoek kan bij mensen of bij dieren plaatsvinden. Nadelen van onderzoek bij mensen zijn dat er doorgaans maar met beperkte aantallen proefpersonen kan worden gewerkt, dat blootstellingen slechts kortdurend zijn en dat er alleen kortetermijneffecten kunnen worden bestudeerd. Bovendien kan bij dit soort onderzoek niet alles worden onderzocht, omdat er beperkingen zijn aan waaraan mensen mogen worden blootgesteld. Bij dierexperimenteel onderzoek zijn hogere en langere blootstellingen mogelijk dan in experimenteel onderzoek bij mensen, waardoor ook effecten van langdurige blootstelling en langetermijneffecten kunnen worden onderzocht en beter onderzoek



gedaan kan worden naar blootstelling-effectrelaties. Het belangrijkste nadeel is, dat het niet bekend is in hoeverre de resultaten van dierexperimenten te vertalen zijn naar mensen.

In de classificaties wordt op basis van de gecombineerde gegevens van epidemiologische en experimentele onderzoeken aangegeven of er een samenhang is tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en het optreden van een ziekte of aandoening of veranderingen in een biologisch proces. In dit advies betekent samenhang dus: associatie of effect.

In tabel 1 staat een overzicht van de verschillende classificaties voor de sterkte van het wetenschappelijke bewijs die de commissie onderscheidt.

Tabel 1. Overzicht van de classificaties van de sterkte van het wetenschappelijke bewijs voor de potentie om de gezondheid te schaden of veranderingen in een biologisch proces te veroorzaken.

Classificatie	Voorwaarden
Geen samenhang gevonden	De overgrote meerderheid van epidemiologische onderzoeken laat geen associatie zien en de overgrote meerderheid van experimentele onderzoeken bij mensen en proefdieren laat geen effect zien.
Samenhang mogelijk	Sommige epidemiologische onderzoeken laten associaties en/of sommige experimentele onderzoeken laten effecten zien. Epidemiologische onderzoeken en experimentele onderzoeken bij mensen hebben een groter gewicht dan proefdieronderzoeken. Maar ook als er alleen voldoende goed uitgevoerde proefdieronderzoeken zijn kan deze classificatie worden toegekend.
Samenhang waarschijnlijk	De meeste epidemiologische onderzoeken laten associaties zien en/of bij de meeste experimentele onderzoeken bij mensen worden effecten gezien. Indien effecten alleen in proefdieronderzoeken als waarschijnlijk zijn beoordeeld, wordt de classificatie <i>Samenhang mogelijk</i> .
Samenhang aangetoond	In (vrijwel) alle epidemiologische onderzoeken worden associaties gevonden en/of in (vrijwel) alle experimentele onderzoeken bij mensen worden effecten gevonden. Indien effecten alleen in proefdieronderzoeken zijn gezien, wordt de classificatie <i>Samenhang waarschijnlijk</i> .
Geen uitspraak mogelijk	Er zijn onvoldoende onderzoeken of de resultaten van de beoordeelde onderzoeken zijn tegenstrijdig (er zijn zowel gunstige als ongunstige effecten gevonden).

Potentie versus risico

Zoals eerder aangegeven geldt voor alle in dit advies gevonden associaties en effecten en dus ook voor deze classificaties: ze zeggen alleen iets over de potentie, de intrinsieke eigenschap van de onderzochte radiofrequente elektromagnetische velden om de gezondheid te schaden. Ze zeggen niets over daadwerkelijke gezondheidsrisico's van de blootgestelde populatie.



3.2 Kanttekeningen bij de bevindingen

Er zijn vrijwel geen onderzoeken naar een mogelijke samenhang met ziekten, aandoeningen of biologische processen van de exacte frequenties die 5G gaat gebruiken. De meeste onderzoeken gaan over frequenties die daarbij in de buurt liggen en die naast mobiele telecommunicatie bijvoorbeeld gebruikt worden voor wifi. Voor de frequentie van 26 GHz zijn geen experimentele gegevens beschikbaar. De commissie heeft wel een inventarisatie gemaakt van onderzoeken onder mensen die met of in de buurt van radarinstallaties werkten, omdat sommige van deze installaties frequenties gebruiken in de buurt van 26 GHz (bijvoorbeeld de politiesnelheidsradar gebruikt onder meer 24 GHz). Veel van die onderzoeken zijn echter niet bruikbaar omdat de radarsystemen frequenties gebruikten die niet in de range 20-40 GHz vallen of omdat niet aangegeven was welke radarsystemen of frequenties werden gebruikt.

De commissie heeft niet kunnen onderzoeken bij welk blootstellingsniveau associaties of effecten optraden. Evenmin heeft zij kunnen onderzoeken of er een drempelwaarde is voor het optreden van de gerapporteerde samenhang en of en hoe de samenhang sterker wordt naarmate het blootstellingsniveau toeneemt. De WHO voert momenteel een diepgaande analyse van alle relevante onderzoeken uit waarin ook deze vragen zullen worden geadresseerd. De resultaten van die analyse worden in 2022 verwacht.

3.3 Bevindingen over ziekten en aandoeningen

De commissie heeft gegevens geïnventariseerd over ziekten en aandoeningen in acht categorieën. Geen van de onderzochte ziekten en aandoeningen is door de commissie geclassificeerd als 'samenhang aangetoond' of 'samenhang waarschijnlijk'. Voor kanker, mannelijke vruchtbaarheid, zwangerschapsuitkomsten en geboortefwijkingen zou volgens de commissie een samenhang mogelijk kunnen zijn. De bevindingen over effecten op mannelijke vruchtbaarheid en op zwangerschapsuitkomsten en geboortefwijkingen zijn voornamelijk gebaseerd op proefdierexperimenten. Het is niet bekend in hoeverre deze bevindingen naar de mens kunnen worden vertaald. Voor het frequentiegebied 20-40 GHz is er maar weinig of soms helemaal geen wetenschappelijk onderzoek naar de samenhang met de verschillende ziekten of aandoeningen uitgevoerd, waardoor voor dit frequentiegebied de classificatie 'geen uitspraak mogelijk' is.

De commissie geeft in tabel 2 voor elk van de onderzochte ziekten of aandoeningen aan in wat de sterkte van het wetenschappelijk bewijs voor de potentie om de gezondheid te schaden: is er een samenhang met blootstelling aan elektromagnetische velden? Voor kanker worden in tabel 2 en in het achtergronddocument alleen de publicaties vermeld die sinds 2015 zijn verschenen en die niet opgenomen waren in de eerdere adviezen, maar in de classificatie is ook rekening gehouden met de beoordeelde onderzoeken en conclusies uit die eerdere adviezen.⁶⁻⁸



Tabel 2. Overzicht van de conclusies per ziekte of aandoening, per frequentieband

Ziekte of aandoening	700-2200 MHz (aantal publicaties en type onderzoek)	2,2-5,0 GHz (aantal publicaties en type onderzoek)	20-40 GHz (aantal publicaties en type onderzoek)
Kanker	Samenhang mogelijk (19 epidemiologisch, 4 dierexperimenten sinds 2015)	Samenhang mogelijk (geen publicaties sinds 2015)	Geen uitspraak mogelijk (2 epidemiologisch)
Gezondheidsklachten	Geen samenhang gevonden (28 epidemiologisch en 36 experimenteel mensen)	Geen uitspraak mogelijk (1 epidemiologisch)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Gehoor	Geen samenhang gevonden (6 epidemiologisch, 10 experimenteel mensen, 9 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Ogen	Geen samenhang gevonden (4 experimenteel mensen, 1 dierexperiment)	Geen samenhang gevonden (4 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Hart en bloedvaten en autonoom zenuwstelsel	Geen samenhang gevonden (1 epidemiologisch, 24 experimenteel mensen)	Geen uitspraak mogelijk (1 epidemiologisch)	Geen uitspraak mogelijk (1 epidemiologisch)
Neurodegeneratieve ziekten	Geen uitspraak mogelijk (1 epidemiologisch)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Mannelijke vruchtbaarheid	Geen uitspraak mogelijk (10 dierexperimenten; tegenstrijdige bevindingen)	Samenhang mogelijk (9 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Zwangerschap en geboortefwijkingen	Samenhang mogelijk (1 epidemiologisch, 9 dierexperimenten)	Samenhang mogelijk (1 epidemiologisch, 8 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)

3.4 Bevindingen over biologische processen

In het lichaam vinden voortdurend, onder invloed van interne en externe factoren, veranderingen in allerlei biologische processen plaats. Dat zijn normale compensatiemaatregelen die gericht zijn op het in stand houden van een gezond lichaam onder wisselende omstandigheden. Het vermogen van een organisme om dergelijke maatregelen te nemen is echter niet onbeperkt. Als de invloed van een bepaalde factor te groot wordt en het lichaam die onvoldoende kan compenseren, kan dat leiden tot veranderingen die ongunstig voor de gezondheid zijn. Maar er worden ook veranderingen gerapporteerd die gunstig zijn voor de gezondheid (bijvoorbeeld sneller reageren in neurologische testen na blootstelling).

De commissie oordeelt dat voor geen van de onderzochte biologische processen een samenhang van veranderingen in die processen met blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden is aangetoond. Voor veranderingen in de elektrische activiteit in de hersenen acht zij een samenhang waarschijnlijk, maar het is niet duidelijk of die veranderingen gunstig of ongunstig zijn voor de gezondheid. Voor veranderingen in neurodegeneratie van hersenweefsel, gedrag, cognitie, signaaloverdracht in de hersenen, slaap, oxidatieve stress en genexpressie in de hersenen oordeelt de commissie dat een samenhang mogelijk zou kunnen zijn. Veranderingen in het afweersysteem en hormoonspiegels zijn niet gevonden. Voor het frequentiegebied 20-40 GHz zijn maar weinig of soms helemaal geen wetenschappelijke onderzoeken naar veranderingen in de



beschouwde biologische processen beschikbaar, waardoor voor dit frequentiegebied geen uitspraak mogelijk is.

De commissie geeft in tabel 3 aan of elektromagnetische velden met één of meer van de onderzochte frequenties in potentie kunnen samenhangen met een verandering in de onderzochte biologische processen.

Tabel 3. Overzicht van de conclusies per biologisch proces, per frequentieband

Biologisch proces	700-2200 MHz (aantal publicaties en type onderzoek)	2,2-5,0 GHz (aantal publicaties en type onderzoek)	20-40 GHz (aantal publicaties en type onderzoek)
Gedrag	Samenhang mogelijk, gunstige en ongunstige effecten (9 epidemiologisch, 29 dierexperimenten)	Samenhang mogelijk, gunstige en ongunstige effecten (1 epidemiologisch, 19 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Cognitie	Samenhang mogelijk, gunstige en ongunstige effecten (11 epidemiologisch, 46 experimenteel mensen, 24 dierexperimenten)	Samenhang mogelijk, ongunstig effect (2 experimenteel mensen, 24 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Slaap	Samenhang mogelijk, gunstige en ongunstige effecten (21 epidemiologisch en 26 experimenteel mensen)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Signaaloverdracht in de hersenen	Samenhang mogelijk, gunstige en ongunstige effecten (14 dierexperimenten)	Samenhang mogelijk, gunstige en ongunstige effecten (14 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Elektrische activiteit in de hersenen	Samenhang waarschijnlijk, niet duidelijk of effecten gunstig of ongunstig zijn (64 experimenteel mensen, 9 dierexperimenten)	Samenhang mogelijk, niet duidelijk of effecten gunstig of ongunstig zijn (1 experimenteel mensen, 6 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Bloed-hersenbarrière	Samenhang mogelijk, gunstige en ongunstige effecten (1 epidemiologisch, 26 dierexperimenten)	Samenhang mogelijk, ongunstig effect (5 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Neurodegeneratie	Samenhang mogelijk, gunstige en ongunstige effecten (14 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Genexpressie in de hersenen	Samenhang mogelijk, niet duidelijk of effecten gunstig of ongunstig zijn (38 dierexperimenten)	Samenhang mogelijk, niet duidelijk of effecten gunstig of ongunstig zijn (13 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Afweersysteem	Geen samenhang gevonden (3 experimenteel mensen, 9 dierexperimenten)	Geen samenhang gevonden (10 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Bloed	Samenhang mogelijk, gunstige en ongunstige effecten (3 dierexperimenten)	Samenhang mogelijk, ongunstig effect (4 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Hormonen	Geen samenhang gevonden (7 experimenteel mensen)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)
Oxidatieve stress	Samenhang mogelijk, ongunstig effect (28 dierexperimenten)	Samenhang mogelijk, ongunstig effect (13 dierexperimenten)	Geen uitspraak mogelijk (geen publicaties)



3.5 Vergelijking met blootstellingslimieten

Waar associaties gevonden zijn in epidemiologische onderzoeken of effecten in experimentele onderzoeken bij mensen gaat het meestal om blootstelling onder de huidige ICNIRP-blootstellingslimieten. Dat komt doordat epidemiologische onderzoeken worden uitgevoerd onder groepen mensen in de woon- of werkomgeving en daar mogen de blootstellingslimieten niet worden overschreden. Bij experimentele onderzoeken bij mensen is het doorgaans om medisch-ethische redenen niet mogelijk om de proefpersonen bloot te stellen aan niveaus boven de blootstellingslimieten. Bij proefdieronderzoeken kunnen echter ook blootstellingsniveaus boven de voor mensen gehanteerde blootstellingslimieten gebruikt zijn.



04 conclusies en advies



De commissie kan geen antwoord geven op de vraag of blootstelling aan de 5G-frequenties daadwerkelijk gezondheidsrisico's oplevert, omdat er te weinig bekend is over de blootstelling. De commissie is daarom nagegaan of er aanwijzingen zijn dat elektromagnetische velden met de frequenties van 5G de *potentie* hebben om de gezondheid te schaden. Voor geen van de onderzochte ziekten of aandoeningen is dat waarschijnlijk of aangetoond, maar voor een aantal is het ook niet uit te sluiten. Ook voor de meeste biologische processen is niet waarschijnlijk en niet aangetoond dat veranderingen hierin samenhangen met blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden, al is ook dit niet uit te sluiten. De commissie adviseert de blootstelling te monitoren, meer onderzoek te doen en te wachten met inbruikname van de hoogste frequentieband van 26 GHz voor 5G tot meer bekend is over eventuele gezondheidseffecten.

4.1 Conclusies

De commissie heeft in haar analyse beoordeeld of elektromagnetische velden in het gebied van de 5G-frequenties, de *potentie* hebben om de gezondheid te schaden. Zij heeft geïnventariseerd of er een samenhang bekend is tussen enerzijds blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en anderzijds het optreden van ziekten en aandoeningen. De samenhang tussen blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden en het optreden van kanker, verminderde mannelijke vruchtbaarheid, slechtere zwangerschapsuitkomsten en geboorteafwijkingen wordt door de commissie geclassificeerd als 'mogelijk'.

Echter, voor geen van deze en de andere onderzochte ziekten en aandoeningen is de samenhang tussen blootstelling en de ziekte of aandoening waarschijnlijk of aangetoond. Ook heeft de commissie gekeken naar de samenhang tussen blootstelling en biologische processen zoals cognitie, slaap en elektrische activiteit in de hersenen. Het is waarschijnlijk dat veranderingen in elektrische activiteit in de hersenen samenhangen met blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden; onbekend is of dat gunstig of ongunstig is voor de gezondheid. Voor de meeste overige biologische processen is niet aangetoond en ook niet waarschijnlijk dat veranderingen hierin samenhangen met blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden. Wel is voor deze processen een samenhang geclassificeerd als 'mogelijk'. Alleen voor veranderingen in het afweersysteem en hormoonspiegels is geen samenhang gevonden.

De bevindingen over kanker geven de commissie aanleiding de conclusie uit eerdere adviezen meer algemeen te formuleren. In die eerdere adviezen was de conclusie dat een associatie tussen langdurig en frequent gebruik van een mobiele telefoon en het vaker voorkomen van tumoren in het hoofd-hals gebied niet is bewezen, maar ook niet helemaal is uit te sluiten.⁶⁻⁸ De commissie komt nu tot dezelfde conclusie, maar dan voor alle bronnen van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden (niet alleen mobiele telefoons) en voor alle vormen van kanker (niet alleen tumoren in het hoofd-halsgebied). Proefdierexperimenten en



in beperkte mate epidemiologisch onderzoek geven namelijk aanwijzingen dat blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden mogelijk zou kunnen samenhangen met het opwekken of het bevorderen van de ontwikkeling van tumoren.

De bevindingen over effecten op mannelijke vruchtbaarheid en op zwangerschapsuitkomsten en geboorteafwijkingen zijn voornamelijk gebaseerd op proefdierexperimenten. Het is niet bekend in hoeverre deze bevindingen naar de mens kunnen worden vertaald.

Uit de onderzoeken heeft de commissie niet kunnen afleiden bij welke blootstellingsniveaus de onderzochte effecten bij mensen zouden kunnen optreden. Omdat bovendien kennis ontbreekt over de toekomstige blootstelling van individuen als gevolg van de invoering van 5G telecommunicatie en mogelijke andere toepassingen zoals zelfrijdende auto's, kan de commissie geen uitspraak doen over de vraag of toekomstige blootstelling aan 5G-frequenties ook tot daadwerkelijke gezondheidsrisico's zal leiden.

4.2 Adviezen

Lage frequentiebanden ingebruiknemen, blootstelling monitoren

De commissie ziet geen reden om de ingebruikname van de lagere frequentiebanden voor 5G te beperken of te stoppen. Frequenties in de buurt van de 700 MHz en de 3,5 GHz zijn al jaren in gebruik voor de

huidige telecommunicatiesystemen of andere toepassingen zoals wifi, zonder dat dit heeft geleid tot bewezen gezondheidsschade. De commissie adviseert wel om de blootstellingen van individuen en groepen te monitoren voor, tijdens en na de uitrol van 5G-systemen. Daarmee wordt duidelijk in hoeverre blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden verandert door invoering van 5G en kunnen op termijn de gezondheidsrisico's beter ingeschat worden. Ook de resultaten van de analyse door de WHO kunnen te zijner tijd worden gebruikt bij de analyse van gezondheidsrisico's.

Meer onderzoek

De commissie adviseert om een onderzoeksprogramma op te zetten met daarin onder meer onderzoek naar de invloed van blootstelling aan voor mobiele telecommunicatie en andere toepassingen relevante 5G-frequenties op kanker, op de mannelijke voortplantingsorganen en vruchtbaarheid en op zwangerschapsuitkomsten en geboorteafwijkingen. Een lopend internationaal prospectief epidemiologisch onderzoek naar de de gezondheid van gebruikers van een mobiele telefoon, waaraan Nederland deelneemt, kan daarbij een rol spelen.²⁰

Daarnaast is onderzoek nodig naar effecten van blootstelling aan elektromagnetische velden met frequenties rond 26 GHz met niveaus onder de ICNIRP-limieten. Hierbij zou het moeten gaan om experimenteel onderzoek, omdat in de praktijk blootstelling aan deze frequenties nog niet



voorkomt. Velden van deze frequenties dringen niet verder door in het lichaam dan de huid en onderzoek zou zich daarom moeten richten op effecten die hun oorsprong vinden in de huid, onder meer op de componenten van het afweersysteem en het zenuwstelsel die zich in de huid bevinden.

Ook beveelt de commissie aan om scenariostudies uit te voeren om effectief toekomstige blootstelling van individuen als gevolg van draadloze communicatiesystemen (3G, 4G en 5G) zichtbaar te maken.

Wachten met ingebruikname 26 GHz

Omdat over effecten van blootstelling aan 26 GHz praktisch niets bekend is, adviseert de commissie om ingebruikname van deze frequentiebanden voor 5G op te schorten totdat uitkomsten van onderzoek beschikbaar zijn.

Blootstellingslimieten en ALARA

De Tweede Kamer vraagt in hoeverre de huidige normen voor volksgezondheid op dit terrein gebaseerd zijn op de meest actuele stand van de wetenschap. Op dit moment zijn de in Nederland gehanteerde blootstellingslimieten voor de bevolking gebaseerd op een aanbeveling van de Europese commissie uit 1999.¹⁴ Deze aanbeveling gaat uit van de

door de *International Commission on Non-ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) in 1998 gepubliceerde richtlijn.¹⁵ ICNIRP heeft onlangs nieuwe richtlijnen voor blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden gepubliceerd, gebaseerd op een analyse van de beschikbare wetenschappelijke informatie.¹⁶ De Europese Commissie heeft aangegeven te overwegen de aanbeveling voor blootstelling van de algemene bevolking aan elektromagnetische velden uit 1999¹⁴ en de richtlijn voor blootstelling van werknemers aan elektromagnetische velden uit 2013²¹ aan te passen aan de nieuwste aanbevelingen van ICNIRP. De commissie beveelt aan de nieuwste ICNIRP-richtlijnen in Nederland te gebruiken als basis voor het blootstellingsbeleid. Wel tekent de commissie aan dat ook bij blootstelling onder deze limieten gezondheidsschade niet is uit te sluiten. Daarom beveelt zij tevens aan om, in afwachting van de resultaten van nader onderzoek, naast de nieuwe ICNIRP-richtlijnen het ALARA-principe toe te passen (*As Low As Reasonably Achievable*). Dat betekent dat de blootstelling van de algemene bevolking en werknemers niet onnodig hoog moet zijn, ook als deze onder de limieten blijft, zolang dat redelijkerwijs haalbaar is. Dit is in lijn met de benadering die de Gezondheidsraad heeft voorgesteld in het advies *Voorzorg met rede*.²²



literatuur



- ¹ WHO - World Health Organization. *Radiofrequency fields*. Geneva: WHO, 2014; Public consultation document.
- ² SSM - Swedish Radiation Safety Authority - Scientific Council on Electromagnetic Fields. *Recent Research on EMF and Health Risk - Tenth Report from SSM:s Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2015*. Stockholm: Swedish Radiation Safety Authority, 2015; SSM Report 2015:19.
- ³ SSM - Swedish Radiation Safety Authority - Scientific Council on Electromagnetic Fields. *Recent Research on EMF and Health Risk. Eleventh report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2016. Including Thirteen years of electromagnetic field research monitored by SSM's Scientific Council on EMF and health: How has the evidence changed over time?* Stockholm: Swedish Radiation Safety Authority, 2016; SSM Report 2016:15.
- ⁴ SSM - Swedish Radiation Safety Authority - Scientific Council on Electromagnetic Fields. *Recent Research on EMF and Health Risk. Twelfth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2017*. Stockholm: Swedish Radiation Safety Authority, 2018; SSM Report 2018:09.
- ⁵ SSM - Swedish Radiation Safety Authority - Scientific Council on Electromagnetic Fields. *Recent Research on EMF and Health Risk - Thirteenth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2018*. Stockholm: Swedish Radiation Safety Authority, 2019; SSM Report 2019:08.
- ⁶ HCN - Health Council of the Netherlands. *Mobile phones and cancer. Part 1: Epidemiology of tumours in the head*. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2013; publication nr 2013/11.
- ⁷ HCN - Health Council of the Netherlands. *Mobile phones and cancer. Part 2: Animal studies on carcinogenesis*. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2014; publication nr 2014/22.
- ⁸ HCN - Health Council of the Netherlands. *Mobile phones and cancer. Part 3: Update and overall conclusions from epidemiological and animal studies*. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2016; publication nr 2016/06.
- ⁹ Gezondheidsraad. *Brief van prof dr M de Visser dd 14 januari 2005 inzake Mobiele telefoons en gezondheid aan de Staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer*. Den Haag: Gezondheidsraad; 2005.
- ¹⁰ Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. *GSM-basisstations*. Den Haag: Gezondheidsraad, 2000; publicatie nr 2000/16.
- ¹¹ Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. *Mobiele telefoons. Een gezondheidskundige analyse*. Den Haag: Gezondheidsraad, 2002; publicatie nr 2002/01.
- ¹² Gezondheidsraad: Commissie Elektromagnetische velden. *Mobiele telefoons en gezondheid (briefadvies)*. Den Haag: Gezondheidsraad, 2005.



- ¹³ Gezondheidsraad. *Invloed van radiofrequente telecommunicatiesignalen op kinders Hersenen*. Den Haag: Gezondheidsraad, 2011; publicatie nr 2011/20.
- ¹⁴ Raad van de Europese Unie. *Aanbeveling van de Raad van 12 juli 1999 betreffende de beperking van de blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz - 300 GHz*. Publicatiebl Eur Gemeensch 1999; L199: 59-70.
- ¹⁵ ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. Health Phys 1998; 74(4): 494-522.
- ¹⁶ ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)*. Health Phys 2020; 118(5): 483-524.
- ¹⁷ European Commission - DG Communication Networks Content and Technology. *Mandate to CEPT to develop least restrictive harmonized technical conditions suitable for next-generation (5G) terrestrial wireless systems for priority frequency bands above 24 GHz*. https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=66338
- ¹⁸ European Conference of Postal and Telecommunications Administrations - Electronic Communications Committee. *Spectrum for wireless broadband – 5G* <https://www.cept.org/ecc/topics/spectrum-for-wireless-broadband-5g>
- ¹⁹ Stam R, Bolte JFB, Pruppers MJM, Robijns JJ, Kamer J, Colussi LC. *Verkenning van de blootstelling aan elektromagnetische velden afkomstig van 5G-systemen. Small cells en massive MIMO*. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu / Agentschap Telecom, 2019; RIVM rapport 2019-0214.
- ²⁰ Reedijk M, Lenters V, Slottje P, Pijpe A, Peeters PH, Korevaar JC, et al. *Cohort profile: LIFEWORK, a prospective cohort study on occupational and environmental risk factors and health in the Netherlands*. BMJ Open 2018; 8(2): e018504.
- ²¹ Europees Parlement, Raad van de Europese Unie. *Richtlijn 2013/35/EU van het Europees Parlement en de Raad van 26 juni 2013 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden) (twintigste bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG) en tot intrekking van Richtlijn 2004/40/EG*. Publicatiebl Eur Gemeensch 2013; L179: 1-23.
- ²² Gezondheidsraad. *Voorzorg met rede*. Den Haag: Gezondheidsraad, 2008; publicatie nr 2008/18.



Commissie en geraadpleegde deskundigen

Samenstelling Commissie Elektromagnetische velden voor het advies 5G en gezondheid

- prof. dr. ir. H. Kromhout, hoogleraar arbeidshygiëne en blootstellingskarakterisering, Universiteit Utrecht, *voorzitter*
- prof. dr. A. Aleman, hoogleraar cognitieve neuropsychiatrie, Rijksuniversiteit Groningen
- dr. A. Huss, epidemioloog, Universiteit Utrecht
- prof. dr. S. Le Cessie, statisticus, LUMC, Leiden
- dr. R.M.C. Mestrom, universitair docent, Technische Universiteit Eindhoven
- dr. M.M. Paulides, universitair docent, Erasmus MC, Rotterdam
- prof. dr. H.F.J. Savelkoul, hoogleraar celbiologie en immunologie, Wageningen UR
- dr. R. van Strien, epidemioloog; medisch milieukundige, GGD, Amsterdam
- dr. G. Kelfkens, fysicus, RIVM, Bilthoven, *structureel geraadpleegd deskundige*

Waarnemers:

- M. Pruppers, Kennisplatform Elektromagnetische velden, Bilthoven
- ir. J. Robijns, Agentschap Telecom, Groningen (waarnemer tot 1 juli 2020)
- ir. J.P.M. van Assche, Agentschap Telecom, Groningen (waarnemer sinds 1 juli 2020)

Secretarissen:

- dr. E. van Rongen, Gezondheidsraad, Den Haag
- dr. H.F.G. van Dijk, Gezondheidsraad, Den Haag

Incidenteel geraadpleegd deskundige:

- dr. Z. Sienkiewicz, Oxford



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 en het gezondheids(zorg)onderzoek' (art. 22 Gezondheidswet).

De Gezondheidsraad ontvangt de meeste adviesvragen van de bewindslieden van Volksgezondheid, Welzijn en Sport; Infrastructuur en Waterstaat; Sociale Zaken en Werkgelegenheid en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. De raad kan ook op eigen initiatief adviezen uitbrengen, en ontwikkelingen of trends signaleren die van belang zijn voor het overheidsbeleid.

De adviezen van de Gezondheidsraad zijn openbaar en worden als regel opgesteld door multidisciplinaire commissies van – op persoonlijke titel benoemde – Nederlandse en soms buitenlandse deskundigen.

U kunt dit document downloaden van www.gezondheidsraad.nl.

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:

Gezondheidsraad - Gezondheidsraad. 5G en gezondheid.

Den Haag: Gezondheidsraad, 2020; publicatienr. 2020/16.

Auteursrecht voorbehouden

