

12

Niet-ioniserende straling

12.1 Inleiding

Niet-ioniserende straling omvat alle vormen van elektromagnetische straling en -velden die niet genoeg energie hebben om ionisatie te veroorzaken⁴. Niet-ioniserende straling heeft een golflengte van meer dan ongeveer 100 nm en een frequentie kleiner dan ongeveer 3000 THz.⁵ Het gaat daarbij om de statische elektrische en magnetische velden (0 Hz), de extreem laagfrequente velden (0 – 300 Hz), de radiofrequente velden (300 Hz – 300 GHz¹⁰) en de optische straling (infrarode straling, zichtbaar licht en ultraviolette straling), zie Figuur 12.1.(1)

In dit hoofdstuk worden de extreem laagfrequente (ELF) velden en radiofrequente (RF) velden besproken. De ioniserende straling wordt in het volgende hoofdstuk besproken.

Elektrische, magnetische en elektromagnetische velden komen van nature overal in het milieu voor. Elektrische velden ontstaan als er een elektrische spanning (uitgedrukt in Volt) aanwezig is. De sterkte van elektrische velden wordt uitgedrukt in volt per meter (V/m). Magnetische velden ontstaan als er een elektrische stroom (uitgedrukt in Ampère) loopt. De sterkte van het magnetisch veld wordt uitgedrukt in Tesla (T). De sterkte van een magnetisch veld is recht evenredig met de sterkte van de stroom waardoor het wordt opgewekt.

Een veranderend elektrisch veld veroorzaakt altijd een magnetisch veld en omgekeerd. Het elektrische veld en het magnetische veld zijn daarom twee componenten van één veldverschijnsel, het elektromagnetische veld.(1)

Een voorbeeld van een magnetisch veld is het magnetische veld van de aarde. Het aardmagnetische veld is een statisch veld, omdat de richting van het veld constant hetzelfde is; een kompasnaald wijst voortdurend naar het (magnetische) noorden.

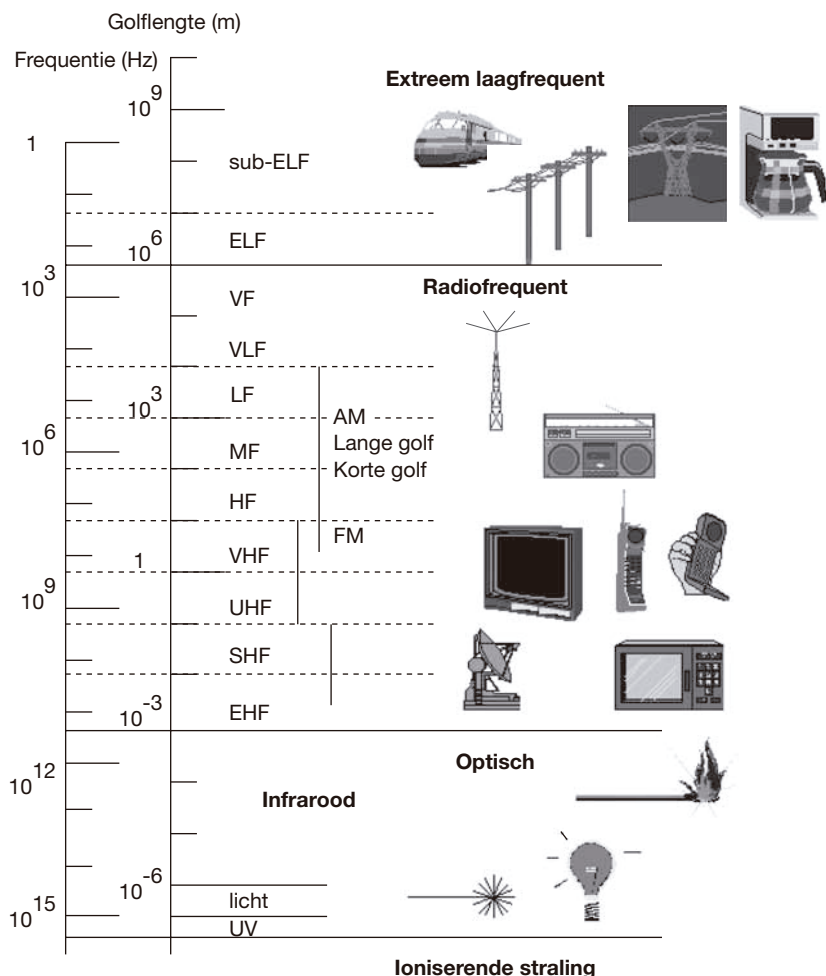
Een veld kan ook in de tijd van richting veranderen. Een veld dat steeds van richting en sterkte verandert, kan worden beschreven met het aantal wisselingen (trillingen) per seconde: de frequentie van een veld. De frequentie wordt weergegeven in Hertz (1 Hz = 1 trilling per seconde). Behalve met de frequentie kunnen velden ook gekarakteriseerd worden met de golflengte. De frequentie en de golflengte van een veld zijn omgekeerd evenredig: $golflengte (m) \times frequentie (1/s) = snelheid (m/s)$. Elektromagnetische velden planten zich met de lichtsnelheid voort. Deze snelheid bedraagt circa 300.000 km per seconde ($3 \cdot 10^8$ m/s). Laagfrequente velden hebben dus lange golflengten, en omgekeerd.

Velden of straling

Een elektromagnetisch veld bestaat uit energie, die voor een deel rond de bron aanwezig blijft en voor een deel als golven van de bron af wordt getransporteerd. Deze golven noemt men elektromagnetische straling.(1) In het geval van straling is de verhouding tussen de magnetische en de elektrische component constant. De twee velden hoeven dan niet apart gemeten en beoordeeld te worden. Dit is het geval als de afstand van een persoon tot de bron meer dan enkele keren de golflengte bedraagt en de persoon zich in het zogenaamde verre veld bevindt. Bij kleine golflengten en hoge frequenties bevindt een persoon zich meestal in het verre veld. Dan kan men doorgaans spreken over elektromagnetische *straling*.

¹ Ionisatie is het vrijmaken van een of meer elektronen uit een atoom, waardoor een ion ontstaat. Als gevolg van ionisaties kan schade in DNA, het genetisch materiaal, ontstaan. Dit kan bijvoorbeeld leiden tot het ontstaan van kanker.

² THz = teraHerz = 10^{12} Herz; GHz = gigaHerz = 10^9 Herz.



Figuur 12.1 Diverse bronnen van niet-ioniserende straling, gerangschikt langs een frequentie- en golflengteschaal.(1)

Als de afstand tussen een persoon en de bron kleiner is dan enkele keren de golflengte, dan hangt de vorm van het elektrische en magnetische veld sterk af van de aard van de bron. De elektrische en magnetische velden zijn dan niet aan elkaar gerelateerd en kunnen dus niet meer eenvoudig in elkaar worden omgerekend.(1) De persoon bevindt zich dan in het zogenaamde nabije veld. Bij lange golflengten en lage frequenties bevindt een persoon zich vaak in dit nabije veld. Hier wordt meestal over het elektromagnetische *veld* gesproken.

In de praktijk worden de termen elektromagnetische straling en elektromagnetische velden door elkaar gebruikt. Om verwarring met ioniserende straling te voorkomen, geven sommigen de voorkeur aan de termen elektromagnetische velden, radiogolven of microgolven.

12.2 Extreem laagfrequente elektromagnetische velden

12.2.1 Wat zijn extreem laagfrequente elektromagnetische velden?

Extreem laagfrequente elektromagnetische (ELF-EM) velden worden gekenmerkt door een frequentie tussen 0 en 300 Hz. De meeste bronnen hebben te maken met de distributie en het gebruik van elektriciteit. Deze hebben een frequentie van 50 Hz overeenkomend met een golflengte van ongeveer 6000 km. In de Verenigde Staten wordt 60 Hz gebruikt.

Elektrische velden zijn gemakkelijk af te schermen en worden daarom in de meeste gevallen beschouwd als minder problematisch dan magnetische velden. Magnetische velden dringen door de meeste materialen heen en zijn daardoor veel moeilijker af te schermen.

12.2.2 Bronnen van extreem laagfrequente elektromagnetische velden

Bronnen van ELF-EM velden in en om het huis zijn hoogspanningslijnen, hoogspanningskabels, onderstations, transformatorhuisjes en elektrische apparaten.

Hoogspanningslijnen en -kabels

Het elektriciteitsdistributiesysteem is in Nederland gedeeltelijk bovengronds (hoogspanningslijnen) en gedeeltelijk ondergronds (hoogspanningskabels) aangelegd. In Nederland is de spanning op de lijnen of kabels vanaf de elektriciteitscentrales naar de onderstations 110, 150, 220 of 380 kV. Vanaf de onderstations vindt transport plaats via ondergrondse hoogspanningskabels naar de transformatorhuisjes in de woonwijken. Vanaf de transformatorhuisjes wordt de elektriciteit via ondergrondse distributiekabels vervoerd naar woningen, kantoren en andere verbruikers.

Het distributienet met spanningen van 50 kV en lager ligt vrijwel geheel ondergronds. Lijnen met een spanning van 110 kV en hoger worden alleen ondergronds aangelegd wanneer de aanleg bovengronds bezwaarlijk is. In verband met de bereikbaarheid liggen de kabels nooit onder woningen.

De sterkte van het *elektrische veld* onder hoogspanningslijnen is afhankelijk van de vorm van de mast, de hoogte van de draden, de spanning op de lijn en de afschermende werking van vegetatie en/of gebouwen. Op maaiveldhoogte heerst het hoogste elektrische veld op het punt waar de draden het laagst hangen, midden tussen twee masten. Onder een boom of in een gebouw in de omgeving van een hoogspanningslijn bedraagt het elektrische veld 1 tot 10 % van het niet-afgeschermd veld op die plaats. Bij ondergrondse hoogspanningskabels wordt het elektrische veld vrijwel geheel afgeschermd door de grond.

Het *magnetische veld* is onder andere afhankelijk van de stroomsterkte. De stroomsterkte hangt af van het energiegebruik op dat moment. Het energiegebruik en daardoor ook het magnetische veld variëren sterk in de tijd. Het magnetische veld is verder, evenals het elektrische veld, afhankelijk van de mastvorm (vooral de onderlinge positie van de draden) en de hoogte van de draden. Het magnetische veld wordt niet door vegetatie of gebouwen afgeschermd. Op korte afstand, tot tientallen meters, van de lijn kan het magnetische veld van een hoogspanningslijn het totale magnetische veld in een woning in belangrijke mate bepalen.

Het magnetische veld van *ondergrondse* elektriciteitskabels hangt af van de stroomsterkte in de kabel, het type en de ligging van de kabel. De bodem schermt het magnetische veld van elektriciteitskabels niet af.

De grootte van het magnetische veld neemt sterk (exponentieel) af met de afstand. Op een tien keer zo grote afstand is het magnetische veld ongeveer honderd keer zo laag.

Meestal zijn er twee stroomcircuits, één aan weerszijden van de mast. Onder normale omstandigheden zijn de hoogspanningslijnen voor 15 tot 40% van de maximale transportcapaciteit belast. Bij het uitvallen van één circuit kan het andere circuit dan voor 100% belast worden. In Tabel 12.1 staan de sterkten van het magnetische en elektrische veld direct onder de draden en op 30 meter afstand uit de hartlijn³ weergegeven bij een belasting van 50% en verschillende spanningen. In de praktijk is de belasting lager, zodat tevens de veldsterkten lager zijn.(2,3)

In Tabel 12.2 staat een schatting van de afstand (10-90 percentiel) tot de bovengrondse hoogspanningslijnen (gerekend vanuit de hartlijn), waarbij het magnetische veld de waarde van 0,4 μ T bereikt.

Aan weerszijden van de hoogspanningslijnen is een strook aanwezig waarbinnen bepaalde activiteiten (bouwen, rijden met kranen of hoge voertuigen, groei van bomen) aan voorwaarden zijn gebonden: de 'zakelijk rechtstrook' of 'belaste strook'. De breedte van deze strook is afhankelijk van de mastvorm. Meestal is deze aan weerszijden ongeveer 35 meter breed. Aan de rand van

³ De hartlijn is de lijn tussen twee masten, in het midden tussen de hoogspanningslijnen.

Tabel 12.1 Grootte van het magnetisch en elektrisch veld onder hoogspanningslijnen die voor 50 % van de maximale transportcapaciteit zijn belast. Gemeten is op één meter hoogte boven het maaiveld, op het punt waar de draden het laagst hangen.(2).

Spanning (kV)	Magnetisch veld onder de draden (μT)	Magnetisch veld op 30 meter (μT)	Elektrisch veld onder de draden (kV/m)	Elektrisch veld op 30 meter (kV/m)
380	6,5 – 20	3 – 10	5,5	1
220	10 – 14	3 – 5	5	0,5
150	3 – 17	0,6 – 3	3,5	0,25
110	3 – 12	0,3 – 1,5	2	0,1

deze strook is het magnetische veld 30 tot 35% van het maximaal gemeten magnetische veld. Het elektrische veld bedraagt aan de rand ongeveer 25% van het maximale elektrische veld gemeten onder de draden.

Tabel 12.2 Afstand tussen de 0,4 μT contour en de hartlijn bij bovengrondse hoogspanningslijnen.(4,5)

Spanning (kV)	Afstand (10-90 percentiel) bij 0,4 μT (m)
380	102-127
220	75-151
150	35-81
110	26-52
50	24-40

NB: 10-90 percentiel: bij 10% is de afstand kleiner en bij 90% is de afstand groter dan deze waarden.

Onderstations en transformatorhuisjes

De sterkte van het elektriciteitsnet in Nederlandse woningen is 230 volt. Hoogspanning moet dus naar deze sterkte worden omgezet. Dit gebeurt met behulp van transformatoren in onderstations en transformatorhuisjes. De transformatoren kunnen ondergebracht zijn in een zelfstandig gebouwtje (uitpandig transformatorhuisje) of in een ruimte van een gebouw (inpandige transformatorruimte). Grofweg kan gesteld worden dat in een stad één transformatorhuisje staat per 400 woningen. Voor grootgebruikers, zoals industrie maar ook snackbars of kantoorpanden, staan er aparte transformatoren. Op 30 cm afstand van een transformatorhuisje kan het magnetische veld 10-15 μT bedragen. Het elektrische veld wordt grotendeels tot volledig door het huisje afgeschermd.(2) De KEMA heeft in 1998 metingen uitgevoerd van de magnetische veldsterkte rondom acht transformatorhuisjes, met transformatoren variërend van 100 tot 630 kVA. Tijdens de metingen was de magnetische veldsterkte, gemeten pal tegen de wanden van de transformatorhuisjes maximaal 12 μT . Bij vrijwel alle transformatorhuisjes was de veldsterkte het hoogst langs de wand die zich het dichtst bij de transformator bevond. De gemiddelde veldsterkte tegen de wanden, berekend over alle acht transformatorhuisjes, was 2,9 μT . De gemeten waarden zijn omgerekend naar de veldsterkte bij een gemiddelde belasting. Bij gemiddelde belasting van de transformatoren zou de magnetische veldsterkte pal tegen de wanden maximaal 24 μT bedragen, terwijl de gemiddelde veldsterkte dan 5,4 μT is. De magnetische veldsterkte neemt snel af met de afstand tot de transformatorhuisjes. Tot ongeveer 0,5 meter is deze afname zeer sterk en daarna meer geleidelijk. Bij gemiddelde belasting van de transformatoren is de gemiddelde veldsterkte op 1 meter afstand 0,9 μT , op 1,5 meter afstand 0,4 μT en op 2 meter afstand 0,3 μT .(6)

In een onderzoek van de Rijksuniversiteit Groningen bleek de veldsterkte in de omgeving van transformatorhuisjes sterk te variëren en afhankelijk te zijn van de stroomsterkte, de afstand tot het transformatorhuisje en de aanwezigheid van ondergrondse (laagspanning) distributiekabels. In dat onderzoek varieerde de veldsterkte op de buitenwand van transformatorhuisjes van 0,4 tot 1,2 μT . Rondom het huisje daalde de veldsterkte binnen 3 meter tot minder dan 0,4 μT . Aan de zijde

waar geen ondergrondse kabels lopen, daalde de veldsterkte binnen 10 meter tot nihil. Aan de straatzijde, waar wel ondergrondse kabels liggen, varieerde de veldsterkte van 0,4-0,8 μT (boven kabels) tot 0,1 μT (op enige afstand van de kabels).(7)

Bij inpandige transformatorhuisjes kan sprake zijn van hoge veldsterkten in naastgelegen ruimten. Bij onderzoek naar de magnetische veldsterkte in een kantoorruimte gelegen boven een transformatorruimte (50Hz) werden, bij metingen op 13 punten, waarden tussen 1,0 en 13,0 μT gemeten.(8,3)

In 2005 werd bij een onderzoek in opdracht van de GGD Amsterdam op een speelplaats naast een onderstation iets meer dan 16 μT gemeten. Verderop in de buitenruimte en in de lokalen van de school naast het onderstation werden waarden van enkele tot bijna 8 μT gemeten.(9) In vervolg hierop heeft de GGD Amsterdam in 2006 de magnetische velden rondom onderstations in Amsterdam laten onderzoeken. In het onderzoek werden nergens forse overschrijdingen van de toetsingswaarde van 0,4 μT gevonden op plaatsen waar kinderen langdurig verblijven. Op enkele plaatsen werd een lichte verhoging gevonden in woningen of op speelplekken voor kinderen.(10)

Bronnen in huis

De sterkste velden in woningen zijn in de meeste gevallen niet afkomstig van hoogspanningslijnen of transformatoren, maar van bronnen binnenshuis die aangesloten zijn op het laagspanningsnet van 230 volt. Tabel 12.3 geeft een overzicht van de blootstelling aan ELF-magnetische velden door bronnen in huis. Elektrische velden zijn van weinig belang, omdat ze gemakkelijk worden afgeschermd door materialen en doorgaans geen intensiteit bereiken die invloed heeft op de gezondheid. Uit de tabel blijkt dat apparaten die sterke magnetische velden verspreiden, in het algemeen slechts gedurende korte tijd in gebruik zijn. Bovendien wordt bij sommige bronnen, zoals scheerapparaten, maar een gering deel van het lichaam blootgesteld. Langdurige blootstelling treedt vooral op bij elektrische apparaten dicht bij het bed, zoals een elektrische deken of elektrische wekker(radio).

De sterkte van het magnetische veld neemt snel af met de afstand tot de bron. Een wekkerradio en de meeste huishoudelijke toestellen kunnen worden beschouwd als een puntbron waarvan de sterkte van het magnetisch veld afneemt met $1/r^2$. Dit wil zeggen dat indien de afstand verdubbelt, de veldsterkte afneemt met een factor 4. Als de sterkte van het magnetisch veld op 30 cm van een elektrische wekker 1 μT bedraagt, zal de veldsterkte op 60 cm nog 0,25 μT bedragen en op 120 cm 0,0625 μT .(11)

12.2.3 Inspectie

Bij vragen over blootstelling aan ELF-EM velden is de informatie die nodig is voor het verstrekken van een advies meestal telefonisch of via internet te verkrijgen. In sommige gevallen is het nuttig om zelf de situatie ter plekke te beoordelen, zodat een duidelijk beeld wordt gekregen van de aanwezigheid en locatie van bronnen buiten en binnen het huis, de mogelijke duur van blootstelling aan bronnen en de afstand tussen bronnen en gevoelige locaties (woningen, scholen, speelplekken en dergelijke).

Informatie over de elektrische veldsterkte

Informatie over de heersende elektrische veldsterkte onder hoogspanningslijnen is te achterhalen bij de elektriciteitsbedrijven (de beheerder van de betreffende hoogspanningslijn). Deze zien erop toe dat het referentieniveau op leefniveau niet wordt overschreden (zie paragraaf 12.2.8 'Normen en beleid').(3)

Informatie over de magnetische veldsterkte

De magnetische veldsterkte kan in de eerste plaats worden geschat op grond van Tabel 12.1 en 12.2 (bovengrondse hoogspanningslijnen) en Tabel 12.3 (bronnen in huis). Voor bestaande hoogspanningslijnen is op de RIVM-site de 'indicatieve zone' beschikbaar (via www.rivm.nl/)

hoogspanningslijnen). Dit is de zone waarbinnen het magneetveld gemiddeld over een jaar hoger is dan 0,4 μT .

Tabel 12.3 Magnetische veldsterkte van elektrische apparatuur

Apparaat	Blootstellingsduur per dag (min)	Afstand (cm)	B-veld (μT)
Scheerapparaat	< 15	< 3	15 - 1500
Handmixer	< 15	30	0,5 - 10
Haardroger **	< 15	3	6 - 2000
Haardroger	< 15	30	0,01 - 7
Boormachine	< 15	30	2,2 - 3,5
Cirkelzaag	< 15	30	0,09 - 2,5
Broodrooster	< 15	30	0,03 - 3,5
Koffiezetapparaat	< 15	30	0,04 - 0,08
Magnetron ***	< 15	50 / 100	1,71 / 0,37
Elektrische oven	< 15	100	< 0,01 - 0,02
Strijkijzer	15 - 60	30	0,06 - 0,15
TL-bureaulamp	15 - 60	30	0,55 - 2
Stofzuiger	15 - 60	100	0,07 - 1,2
Vaatwasmachine	15 - 60	100	0,05 - 0,2
Wasmachine	15 - 60	100	0,01 - 0,1
Droogmachine	15 - 60	100	0,02 - 0,04
Elektrische deken	> 60	10	0,5 - 2,5 *
Elektrische wekker **	> 60	30	0,5 - 1
PC-scherm ****	> 60	30	< 0,2
Kleurentelevisie	> 60	100	0,07 - 0,13
Ventilator	> 60	100	< 0,01 - 0,25
TL-verlichting	> 60	200	< 0,01 - 0,01
Gloeilamp, nachtlampje **	> 60	30	2
Halogeenlamp **	> 60	30	0,17
Koelkast	> 60	100	< 0,01 - 0,03
Elektrische radiator **	> 60	30	0,15 - 5
Waterbed	> 60	0 tot 1989 vanaf 1990	< 0,015 ** 0,45 *** 0,02 ***
Elektrische vloerverwarming **	> 60	30	8 - 12

Gegevens zijn overgenomen uit VROM-circulaire (12), behalve waar anders aangegeven.

* De magnetische veldsterkte van elektrische dekens kan oplopen tot 30 μT .(13) Overigens zijn er ook elektrische dekens met gelijkstroom in de handel.

** bron: website BBEMG. (11)

*** bron: Behrens, 2004. (14)

**** bron: TenneT, 2004. (15)

12.2.4 Meten van extreem laagfrequente elektromagnetische velden

Bij vragen over specifieke situaties kan de magnetische veldsterkte worden bepaald op grond van berekeningen of metingen. De GGD kan de gemeente adviseren om de magnetische veldsterkte te laten bepalen. De nauwkeurige bepaling van de magnetische veldsterkte is specialistenwerk en kan het beste worden uitgevoerd door instanties zoals KEMA of door het elektriciteitsbedrijf zelf.(3)

Berekeningen

De tijdgewogen gemiddelde magnetische veldsterkte wordt berekend op basis van informatie over de stroomsterkten en de uitvoering van de hoogspanningslijnen (ook die in het verleden). Voor de berekening van de zone, ook wel 'specifieke zone' genoemd, waarbinnen het magneetveld gemiddeld over een jaar hoger dan 0,4 μT is of in de toekomst kan worden, heeft het RIVM een Handreiking opgesteld.(5)

Metingen

Metingen kunnen worden uitgevoerd door instanties, zoals KEMA of door het elektriciteitsbedrijf zelf.

De GGD kan ervoor kiezen zelf metingen te verrichten. Met een laagfrequent magnetische veldsensor (microteslameter) is het mogelijk om ELF-magnetische velden te meten tussen (bijvoorbeeld) 30 en 2000 Hz. Zo kan inzicht worden gekregen in de magnetische veldsterkte rond een bron. Dit geeft een momentopname. De magnetische veldsterkte kan variëren in de tijd, afhankelijk van de stroomsterkte. Hiermee zal men bij de interpretatie van de uitkomsten rekening moeten houden.

Met de aanname dat de etmaal- en seizoensvariatie in stroomsterkte op een hoogspanningslijn niet erg groot zijn, kan met enkele metingen overdag toch een redelijk beeld worden verkregen van de gemiddelde belasting door een hoogspanningslijn:

$$\text{Belasting}_{\text{gemiddeld}} = (I_{\text{gemiddeld}} / I_{\text{moment}}) \times \text{Belasting}_{\text{moment}}$$

Voorwaarde is dat vooraf de duur en de locatie van de meting zijn vastgelegd. Tevens zullen bij het energiebedrijf gegevens opgevraagd moeten worden over de gemiddelde stroomsterkte ($I_{\text{gemiddeld}}$) en de stroomsterkte in de verschillende circuits tijdens de metingen (I_{moment}). Alleen dan kunnen op basis van de meting de gemiddelde velden over een jaar worden berekend (Van Brederode 2005).

12.2.5 Referentiewaarden

In Nederland bevinden zich ongeveer 40.000 woningen op de plaats waar de magnetische veldsterkte van hoogspanningslijnen 0,2 microtesla of hoger is. Het aantal kinderen dat door bovengrondse hoogspanningslijnen wordt blootgesteld aan veldsterkten boven 0,4 microtesla bedraagt ongeveer 10.000.(16)

Het is niet bekend hoe groot de blootstelling in woningen in Nederland is ten gevolge van elektrische apparatuur.(17) In een onderzoek in 50 woningen in Groot-Brittannië was de 24-uurs gemiddelde veldsterkte 0,04 μT (0,00-0,67 μT). Uit ander onderzoek in Groot-Brittannië blijkt dat in de meeste woningen ver van bovengrondse hoogspanningslijnen, de blootstelling aan magnetische velden circa 0,01 tot 0,2 μT bedraagt. In enkele woningen werden waarden boven 0,3 μT gevonden.. Op basis van metingen in de woning van controles werd voor Groot-Brittannië en Duitsland geschat dat circa 2% van de populatie woonachtig is in woningen met een magnetisch veld groter dan 0,2 μT . In onderzoeken in Groot-Brittannië en Duitsland werd echter ook aangetoond dat in woningen waar een gemiddelde veldsterkte boven 0,4 μT werd gemeten, dit slechts voor 25 tot 30% van de woningen is toe te schrijven aan een externe bron, zoals een hoogspanningslijn.(3) Informatie uit de VS over veldsterkten door elektrische apparatuur is niet representatief voor de Nederlandse situatie omdat daar de netspanning lager is en de magnetische veldsterkte hoger.

De situatie in het buitenland kan verschillen doordat:

- het distributienet er vaak bovengronds gesitueerd is;
- netspanning en frequentie in de woning anders zijn (in de VS 110 V en 60 Hz);
- in woningen meer elektrische apparatuur aanwezig kan zijn, waardoor meer stroom kan worden verbruikt;

- de configuratie van de elektriciteitsleidingen in woningen anders is uitgevoerd;
- de wijze van aarding anders is uitgevoerd.(3)

12.2.6 Effecten op de gezondheid

In deze paragraaf wordt behalve op de effecten op de gezondheid ook ingegaan op storing van elektrische apparatuur.

Kortetermijneffecten

Bij frequenties lager dan ongeveer 10 MHz, dus ook bij 50 Hz, kunnen kleine elektrische stromen in het lichaam worden opgewekt die kunnen leiden tot stimulatie van zenuwen en spieren. De eerste effecten die kunnen ontstaan zijn fosfenen (het waarnemen van lichtflitsen). Deze zijn hinderlijk, maar niet schadelijk. Bij hoge blootstelling, honderd keer zo hoog als de blootstelling waarbij fosfenen kunnen optreden, kan hartfibrillatie ontstaan.

Om kortetermijneffecten te voorkomen zijn, op grond van de laagste blootstelling waarbij lichtflitsen kunnen optreden, referentieniveaus ontwikkeld. Hierbij zijn veiligheidsfactoren in acht genomen. Het referentieniveau voor de elektrische veldsterkte voorkomt ook dat ontladingsstroom kan ontstaan.⁴(18)

Langetermijneffecten

Er zijn verschillende epidemiologische onderzoeken verricht naar een eventuele relatie tussen ELF-EM velden en onder andere kanker (leukemie, hersentumoren, borstkanker), abortus, wiegendood en zelfmoord. Uit onderzoek is gebleken dat er een consistente statistisch significante associatie (relatief risico = 2) bestaat tussen het wonen in de nabijheid van bovengrondse hoogspanningslijnen en het vóórkomen van leukemie bij kinderen. Het risico is mogelijk verhoogd bij veldsterkten hoger dan ergens tussen 0,2 en 0,5 μ T.(17) Er zijn echter geen aanwijzingen voor een oorzakelijk verband. Het kan ook zijn dat er andere oorzaken zijn voor het verhoogde risico op leukemie bij hoogspanningslijnen.(19)

De IARC (International Agency for Research on Cancer) heeft in 2001 geconcludeerd dat er beperkt bewijs is dat ELF-magnetische velden kunnen leiden tot leukemie bij kinderen. De ELF-magnetische velden zijn door de IARC ingedeeld in groep 2B (mogelijk kankerverwekkend bij mensen). De Gezondheidsraad is van mening dat niet is vastgesteld dat ELF-magnetische velden kankerverwekkend zijn, alleen dat ze dat *kunnen* zijn. Er lijkt een statistisch consistente associatie te zijn tussen wonen in de nabijheid van bovengrondse elektriciteitslijnen (wat blootstelling aan verhoogde niveaus van ELF-magnetische velden betekent) en het vóórkomen van leukemie bij kinderen. Een oorzakelijk verband is niet vastgesteld.(20)

Hinder

Hinder kan optreden door storing van apparatuur door magnetische velden, zoals het wegtrekken van het beeld bij een kleurentelevisie. De trillingen veroorzaakt door bijvoorbeeld transformatoren kunnen geluidsoverlast veroorzaken.

Elektromagnetische compatibiliteit

Alle elektrische apparaten kunnen last hebben van storing door andere elektrische apparaten. Enerzijds mogen apparaten geen storing veroorzaken (*elektromagnetische compatibiliteit*), anderzijds moet een apparaat een zekere mate van *immuniteit* hebben voor elektromagnetische velden in de omgeving. Producten moeten daarom voldoen aan bepaalde beschermingseisen volgens Europese normen voor productveiligheid (CE-markering). Indien producten aan deze

⁴ Als een groot niet-geaard object, zoals een bus of vrachtwagen, onder een hoogspanningslijn geparkeerd staat, kan de hierin geïnduceerde spanning bij aanraking aanleiding geven tot een ontladingsstroom. Dit is niet hetzelfde als elektrostatische ontlading die ontstaat door statische oplading.

eisen voldoen en toch storing ondervinden vanuit de omgeving, is het raadzaam om te adviseren metingen te laten uitvoeren. Bij storing van apparatuur wordt namelijk ook al snel gedacht aan schadelijke effecten voor de gezondheid. De resultaten van de metingen kunnen duidelijkheid verschaffen over de blootstelling en de eventuele oorzaak van de verstoring, zodat deze kan worden aangepakt.(19)

12.2.7 Richtlijn GGD

In november 2005 is de GGD Richtlijn 'Gezondheidsrisico's van bovengrondse hoogspanningslijnen' verschenen.(3) In juni 2006 heeft het Landelijk Centrum Medische Milieukunde (LCM) het 'Standpunt ELF-EM velden elektriciteitsvoorziening en gezondheid Hoogspanning – Onderstations – Transformatorhuisjes' uitgebracht. De richtlijn en het standpunt zijn te vinden via GGD Kennisnet (www.ggdkenisnet.nl).

12.2.8 Normen

Om directe gezondheidseffecten te voorkomen zijn referentieniveaus ontwikkeld. Deze staan in de Tabel 12.4 weergegeven. In bestaande situaties ziet de beheerder erop toe dat de referentieniveaus voor de elektrische en magnetische veldsterkte op leefniveau niet worden overschreden.

Tabel 12.4 Referentieniveaus ter voorkoming van acute gezondheidseffecten

Veldsterkte	Referentieniveaus	
	Europese Raad (1999)	Gezondheidsraad (2000a)
Elektrische veldsterkte	5 kV/m	8 kV/m
Magnetische veldsterkte	100 μ T	120 μ T

Er zijn geen referentieniveaus ontwikkeld om eventuele effecten op de lange termijn te voorkomen. In Nederland is, op grond van het voorzorgprincipe, wel *beleid* ontwikkeld voor blootstelling aan magneetvelden van hoogspanningslijnen. Het beleidsadvies van VROM aan gemeenten is als volgt:

in nieuwe situaties moet zoveel als mogelijk vermeden worden dat kinderen langdurig verblijven in het gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 μ T. Met nieuwe situaties wordt bedoeld de vaststelling van streek- of bestemmingsplannen en tracés van bovengrondse hoogspanningslijnen, dan wel wijzigingen in bestaande plannen of van bestaande hoogspanningslijnen. Onder langdurig verblijf vallen woningen, scholen, crèches of kinderopvangplaatsen.(21)

Het VROM-advies beperkt zich tot nieuwe situaties. De gezondheidseffecten zijn namelijk nog onzeker en een nieuwe situatie heeft als voordeel dat er nog veel keuzemogelijkheden zijn. In bestaande situaties hebben maatregelen vaak grote gevolgen. Bij andere situaties met blootstelling aan ELF-EM velden, zoals rondom onderstations en transformatorhuisjes, ziet VROM onvoldoende aanleiding om de advieswaarde van 0,4 μ T toe te passen.(22)

Het LCM adviseert om ook bij andere bronnen van ELF-EM velden dan hoogspanningslijnen (zoals onderstations en transformatorhuisjes) uit voorzorg *zoveel als redelijkerwijs mogelijk is*, langdurig verblijf van kinderen in een magnetisch veld hoger dan 0,4 μ T te vermijden. Reden hiervoor zijn de statistisch significante associatie die is gevonden bij hoogspanningslijnen, de onzekerheid over een oorzakelijk verband en de ernst van het mogelijke effect (leukemie bij kinderen). Wat redelijkerwijs mogelijk is, kan zowel in bestaande als in nieuwe situaties worden afgewogen. Bij hoogspanningslijnen zullen vooral in nieuwe situaties maatregelen mogelijk zijn om langdurige blootstelling van kinderen aan meer dan 0,4 μ T te voorkomen.(19)

De voorzorgbenadering kan ook worden toegepast voor bronnen binnenshuis (elektrische apparatuur).

12.2.9 Juridische aspecten en verantwoordelijke partijen

Het wettelijk kader wordt bepaald door de Nederlandse modelbouwverordening (1992, artikel 2.5.19) en de Europese NEN-norm 50341.(23) De Nederlandse modelbouwverordening is zowel van toepassing voor bovengrondse hoogspanningslijnen als voor ondergrondse hoogspanningskabels. Hierin is bepaald dat, behoudens vrijstelling, het bouwen binnen een strook van zes meter ter weerszijden van de lijnen/kabels verboden is.

Voor bovengrondse hoogspanningslijnen is tevens de Europese NEN-norm 50341 van toepassing. Hierin zijn op grond van veiligheidsvoorschriften beschermingszones opgenomen.(23) Deze zones zijn afhankelijk van de capaciteit en de uitvoering van de hoogspanningslijnen en varieert dus per hoogspanningslijn.

De belangrijkste veiligheidsaspecten waarmee rekening wordt gehouden, zijn het uitzwaaien van de draden ten gevolge van de wind, draadbreek, omwaaien van masten en ijsafzetting. Binnen deze strook zijn bepaalde activiteiten verboden of aan voorwaarden gebonden.

De Europese NEN-norm is niet van toepassing voor ondergrondse hoogspanningskabels, omdat geen sprake is van veiligheidsvoorschriften zoals die voor bovengrondse hoogspanningslijnen gelden.

De netbeheerder is vrij om, op grond van wat hij noodzakelijk acht om werkzaamheden te kunnen uitvoeren, een bredere strook aan te houden. Deze vrije strook wordt aangeduid met zakelijk rechtstrook of belaste strook. TenneT, de beheerder van alle bovengrondse hoogspanningslijnen met een spanning van 380 en 220 V, gaat standaard uit van een onbebouwde zone van 36 meter, gerekend vanuit de hartlijn (totale breedte dus 72 meter).(3)

Naar aanleiding van het VROM-beleid heeft TenneT aangegeven bij nieuwe hoogspanningslijnen uitvoering te geven aan het VROM-beleid door bij de tracerings van nieuwe hoogspanningslijnen te zorgen dat in de zone waar de veldsterkten groter zijn dan 0,4 microtesla, geen bebouwing aanwezig is waar kinderen langdurig verblijven. Bij bestaande bebouwing bij bestaande hoogspanningslijnen houdt TenneT de norm aan van 100 microtesla.(24)

Huishoudelijke bronnen

De veiligheid van huishoudelijke elektrische producten is geregeld in de Warenwet. Normen geven een nadere invulling aan deze veiligheidseisen. De Voedsel en Warenautoriteit (VWA) houdt toezicht op de naleving van de Warenwet.

12.3 Radiofrequente straling en microgolven

12.3.1 Wat is radiofrequente straling?

Radiofrequente straling is elektromagnetische straling met een frequentiegebied tussen 300 Hz en 300 GHz (golflengte 1000 km - 1 mm). In plaats van straling wordt vaak gesproken over velden. Ook worden de termen radiogolven en microgolven gebruikt. De natuurlijke achtergrondstraling is zeer gering.

12.3.2 Bronnen van radiofrequente straling

Radiofrequente velden hebben een brede toepassing. De belangrijkste zijn:

- draadloze overdracht van informatie (onder andere radio, tv en mobiele telefonie);
- draadloze communicatie tussen apparatuur (onder andere WLL (Wireless Local Loop) en WLAN (Wireless Local Area Network)). Hieronder vallen toepassingen zoals WiFi (Wireless Fidelity) en

de gezamenlijke schotelantenne op een wooncomplex voor satellietontvangst die het signaal draadloos doorzendt naar huisantennes;

- huishoudelijke apparatuur (onder andere magnetrons en draadloze huistelefoons, zoals DECT);
- detectieapparatuur (onder andere radardetectie t.bijvoorbeeld scheepvaart en luchtvaart, weersvoorspellingen en snelheidscontroles; detectiepoortjes in winkels en openbaar vervoer).

De belangrijkste bronnen van radiofrequente straling binnenshuis zijn huishoudelijke apparatuur (draadloze telefoons voor thuisgebruik (DECT), magnetrons, babyfoons en dergelijke) en zendmasten voor radio, televisie, mobiele telefonie en C2000⁵.

DECT

De moderne digitale standaard voor draadloze telefoons is DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication). DECT werkt in het frequentiegebied van 1880-1900 MHz. De toepassing varieert van kleine (privé)huiscentrales tot grote bedrijfscentrales. Maar er zijn ook bijvoorbeeld DECT-babyfoons en DECT-headsets in de handel.(25,26)

Magnetrons

Magnetrons werken met microgolven in het frequentiegebied van 2450 MHz. De gebruiker van een magnetron zou aan deze straling kunnen worden blootgesteld door lekstraling die tijdens het gebruik uit het apparaat ontsnapt of door falen van het mechanisme dat de straling in de oven doet stoppen wanneer het deurtje wordt geopend. Het laatste komt maar zelden voor. De lekstraling moet voldoen aan een internationale norm (zie paragraaf 12.3.8).

Zendmasten radio, televisie, GSM, UMTS

Voor een uitgebreide bespreking van deze bronnen wordt verwezen naar de GGD Richtlijn RF-EM velden zendingen.(27)

Netwerken voor mobiele telefonie in Nederland zijn GSM (frequentie rond 900 MHz), DCS-1800 (meestal ook GSM genoemd, frequentie rond 1800 MHz) en UMTS (frequentie rond 2100 MHz). Een netwerk voor mobiele telefonie is meestal opgebouwd als een honingraat. Basisstations hebben contact met het vaste telefoonnet of zijn via straalverbindingen met andere basisstations verbonden, die op het vaste telefoonnet zijn aangesloten. Met een basisstation wordt meestal een mast bedoeld waaraan zich drie antennes bevinden, die elk in een andere richting zenden. Situaties waarin meer dan drie antennes op één mast zijn geplaatst, komen ook voor (site-sharing). Ook komt het voor dat er meer dan één operator op één antenne is aangesloten (antenne-sharing). Soms staan diverse masten bij elkaar op hetzelfde dak.(28)

12.3.3 Inspectie

Bij vragen over blootstelling aan RF-EM velden is de informatie die nodig is voor het verstrekken van een advies vaak telefonisch of via internet te verkrijgen. In sommige gevallen is het nuttig om zelf de situatie ter plekke te beoordelen, zodat een duidelijk beeld wordt gekregen van de aanwezigheid en locatie van bronnen buiten en binnen het huis.

12.3.4 Meten van radiofrequente straling

Met breedbanddetectoren voor radiofrequente straling kan het totaal aan radiofrequente EM velden binnen de betreffende band worden gemeten. Daarmee wordt geen onderscheid gemaakt naar frequenties en dus naar bronnen. Er bestaat ook apparatuur waarmee wel selectief de frequenties kunnen worden gemeten. Voor een goed gebruik van deze apparatuur is specialistische kennis noodzakelijk.

⁵ mobiel netwerk voor de hulpdiensten brandweer, politie, ambulance en marechaussee.

Zendmasten radio, televisie, GSM, UMTS

Voor de bepaling van de blootstelling aan radiofrequente velden door één zendinrichting of een combinatie van zendinrichtingen, kan een berekening of een meting worden uitgevoerd.

Bij bepaling van de blootstelling in het verre veld wordt meestal de sterkte van het elektrische veld bepaald (V/m). Voor de bepaling van de blootstelling in het nabije veld wordt zowel het elektrische als het magnetische veld bepaald. Omdat de veldsterkte in het nabije veld moeilijk is te voorspellen, dienen een groot aantal metingen te worden verricht om een goed beeld te krijgen van de veldsterkte.(27) Voor toetsing zijn referentieniveaus ontwikkeld op grond waarvan een veilige afstand kan worden bepaald (zie paragraaf 12.3.8).

De *berekening* van de elektrische veldsterkte van een zendinrichting en de hiervan afgeleide veilige afstand, wordt uitgevoerd door de eigenaar van de zendinstallatie. De gegevens over de veilige afstand van het GSM-900 en -1800-netwerk en het UMTS-netwerk zijn beschikbaar via het antenneregister (zie www.antennebureau.nl). In dit register zijn geen gegevens beschikbaar over het cumulatieve effect van meerdere of verschillende systemen.

Metingen kunnen worden uitgevoerd door de eigenaar van de zendinstallatie, door het Agentschap Telecom (AT) en door onderzoeksinstituten (onder andere TNO). De metingen die door de eigenaren van zendinstallaties worden uitgevoerd zijn niet openbaar. De metingen van het AT zijn beschikbaar op de website van het Antennebureau (www.antennebureau.nl).

Metingen moeten voldoen aan het 'Meetvoorschrift voor het uitvoeren van EMF-metingen rond basisstations' zoals uitgegeven door het AT.(29) Er moet aan veel voorwaarden worden voldaan en daarbij is deskundigheid vereist. Zo dient rekening te worden gehouden met de invloed van afscherming (bebouwing, lichaam), weersomstandigheden (regen) en vegetatie (bos). Hierdoor kunnen lagere veldsterkten worden gemeten.

Bij 'site-sharing' moeten dus mogelijk signalen van verschillende frequenties worden gemeten. De gemeten veldsterkte dient vervolgens aan het referentieniveau van de bijbehorende frequentie te worden getoetst. Bij 'site-sharing' met verschillende zendsystemen wordt een gewogen sommering uitgevoerd.

Op grond van bovenstaande kan worden geconcludeerd dat de meting van de elektrische veldsterkte dient te worden uitgevoerd en beoordeeld door een deskundige instantie.(27)

12.3.5 Referentiewaarden: veldsterkten in de woning en woonomgeving

In deze paragraaf wordt apart ingegaan op de veldsterkten die worden veroorzaakt door DECT-telefoons, magnetrons en zendmasten.

DECT

Het vermogen waarmee de telefoons en de basisstations zenden, is zeer beperkt.(25) Niettemin kan dat op zeer korte afstand, binnen enkele centimeters van het basisstation, wel tot een veldsterkte leiden die in de buurt van de blootstellingslimiet komt, of deze zelfs licht overstijgt. De veldsterkte neemt snel af met toenemende afstand en op een normale gebruiksafstand ligt deze doorgaans onder 1 V/m. Gewoon gebruik van basisstations en telefoons thuis leidt dus niet tot overschrijding van de limieten die aan de blootstelling zijn gesteld.(26)

Uit de beschikbare technische specificaties van DECT-babyfoons blijkt dat deze voortdurend signalen uitwisselen tussen de baby-unit en de ouderunit. Gegevens over de daardoor veroorzaakte veldsterkte en over de veldsterkte wanneer er geluidsoverdracht plaatsvindt, ontbreken echter.(26)

Magnetrons

Door onvolkomenheden, zoals een slecht sluitende deur of vuil tussen de afdekranden, kan lekstraling optreden. Dit kan vooral bij oudere magnetrons gebeuren. Bij metingen in woningen te

Barendrecht is als hoogste waarde 54 V/m gemeten, vlak bij een magnetron met een vermogen van 700 W.(30)

Zendmasten radio, televisie, GSM, UMTS

In de woonomgeving is de veldsterkte meestal niet hoger dan 1-2 V/m. Op het Antenneregister staat een overzicht van metingen die zijn gedaan. De gemeten veldsterktes op publiek toegankelijke plaatsen (op straat en dergelijke) liggen tussen 0,5 en 2,0 V/m. Er zijn enkele plaatsen waar waarden van 2 tot 3 V/m worden gemeten. Dit zijn voornamelijk plaatsen waar veel antenne-installaties staan, vaak in combinatie met FM-zenders. Bij metingen in huis komt de waarde meestal niet boven 1 V/m uit.(31)

12.3.6 Effecten op de gezondheid

Voor een uitgebreide bespreking van effecten op de gezondheid door RF-EM velden van zendingen wordt verwezen naar de GGD Richtlijn RF-EM velden zendingen.(27)

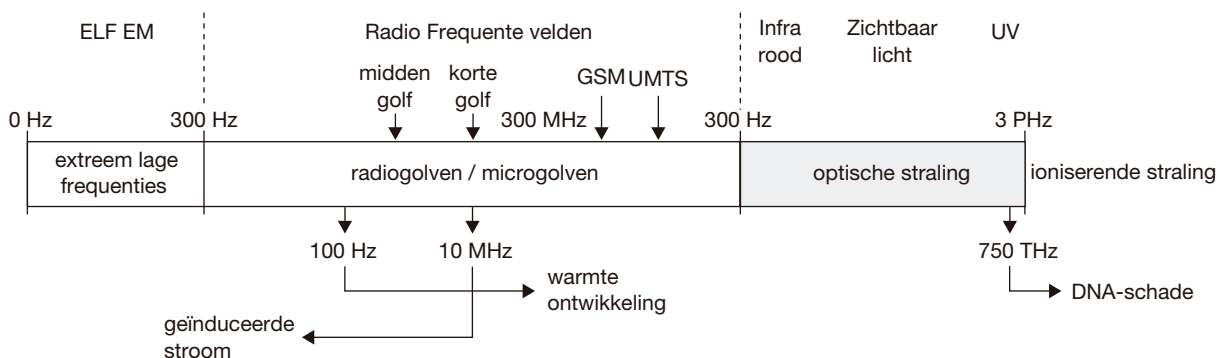
Geïnduceerde stroom en opwarming

RF-EM velden kunnen een nadelig gezondheidseffect hebben. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen effecten door geïnduceerde stroom en thermische effecten (opwarming).

Effecten door geïnduceerde stroom kunnen ontstaan bij frequenties lager dan ongeveer 10 MHz. In het lichaam worden kleine elektrische stromen opgewerkt die kunnen leiden tot stimulatie van zenuwen en spieren. Wanneer deze elektrische stromen sterk genoeg zijn, kunnen ze aanvoelen als een schok en onwillekeurige samentrekkingen van spieren veroorzaken.

Thermische effecten kunnen ontstaan bij frequenties vanaf 100 kHz. Thermische effecten kunnen ontstaan door absorptie van elektromagnetische energie waardoor warmte in weefsels en organen wordt opgewekt. Bij een temperatuur boven 41°C treedt denaturatie van eiwitten op, wat resulteert in celdood. Vooral in hersen- en spierweefsel is geen herstel mogelijk. In lichaamsdelen met een geringe doorbloeding, zoals testes en oog, kan sneller oververhitting optreden. Het is algemeen aanvaard dat bij een langdurige verhoging van de kerntemperatuur van het lichaam de temperatuurstijging niet groter moet zijn dan 1 °C om gezondheidsschade te voorkomen.(32,1,27)

In Figuur 12.2 staat aangegeven bij welke frequenties geïnduceerde stromen en opwarming kunnen optreden. Om deze effecten te voorkomen, zijn blootstellingslimieten opgesteld. Deze niveaus komen in de woon- en leefsituaties nauwelijks voor.



Figuur 12.2 Frequenties waarbij gezondheidseffecten kunnen optreden.

Welbevinden en cognitieve prestaties

Er zijn mensen die klachten over hun welbevinden wijten aan blootstelling aan elektromagnetische velden van elektrische apparatuur en zendmasten. Het gaat dan om klachten zoals duizeligheid, ongemak, concentratieverlies, geheugenverlies, vermoeidheid, hoofdpijn en tintelingen.

In een eerste onderzoek door TNO naar de invloed van GSM en UMTS op cognitieve prestaties en ervaren welzijn is een kleine maar significante relatie gevonden tussen blootstelling aan UMTS-

signalen en de score voor welbevinden.(33) In een Zwitsers vervolgonderzoek – met een verbeterde onderzoeksopzet – werd geen consistent verband gevonden tussen kortdurende blootstelling aan EM velden en welbevinden en cognitieve prestaties.(34,27) Er kunnen op basis van deze onderzoeken geen uitspraken worden gedaan over andere gezondheidseffecten of over mogelijke effecten door langdurige blootstelling.

In 2006 is een Oostenrijks onderzoek gepubliceerd waarin het voorkomen van diverse gezondheidsklachten bij mensen die nabij een GSM-mast (900 MHz) wonen is geïnventariseerd. De klachten zijn gerelateerd aan de gemeten veldsterkte in de slaapkamer. Voor hoofdpijn, concentratieproblemen en koude handen en voeten is een statistisch verband gevonden met de gemeten veldsterkte. De onderzoekers geven aan dat de resultaten geen bewijs zijn voor een *oorzakelijk* verband. Vele factoren kunnen van invloed zijn op de klachten. Daarnaast is het niet bekend hoe de velden algemene klachten, zoals hoofdpijn, zouden kunnen veroorzaken.(35) In het onderzoek is niet gecorrigeerd voor toepassing van verschillende testen, waardoor de gevonden relaties op toeval kunnen berusten.(36)

Effecten op de lange termijn

Veel van de ongerustheid over mogelijke gezondheidseffecten van niet-ioniserende straling heeft betrekking op het ontstaan of bevorderen van kanker. Anders dan bij ioniserende straling ontbreekt bij niet-ioniserende straling een plausibel biologisch mechanisme dat het ontstaan van kanker zou kunnen verklaren.

Op grond van onderzoeken naar de relatie tussen elektromagnetische velden van radio- en TV-zenders en kanker blijkt dat er onvoldoende bewijs is voor een verhoogde kans op kanker. Aan de hand van de gegevens die op dit moment bekend zijn over radiofrequente EM velden, is er ook geen aanleiding om aan te nemen dat EM velden van GSM- of UMTS-masten op leefniveau op de lange termijn schadelijk zijn voor de gezondheid. Meer onderzoek is nodig om hierover meer zekerheid te krijgen.

De Gezondheidsraad en WHO concluderen dat epidemiologisch onderzoek naar korte- en langetermijneffecten zoals kanker, effecten op de voortplanting en effecten op de algemene gezondheidstoestand tot nog toe geen aanwijzingen hebben opgeleverd dat, bij niveaus waaraan mensen gewoonlijk worden blootgesteld, gezondheidseffecten te verwachten zijn.(20,37,38).

DECT

Gevolgen van EM velden van DECT-telefoons voor de gezondheid zijn niet bekend – maar ook nog nauwelijks onderzocht. Er zijn slechts enkele epidemiologische onderzoeken bekend waarin het optreden van hersentumoren in relatie tot blootstelling aan DECT-signalen is onderzocht. In een Duits onderzoek werd geen verband gevonden tussen DECT-gebruik en het vóórkomen van hersentumoren.(39) In een Zweeds onderzoek werd wel een verband gevonden tussen het gebruik van een draadloze telefoon en het voorkomen van hersentumoren (40). In dit onderzoek is echter geen onderscheid gemaakt tussen het gebruik van analoge of digitale (DECT)-telefoons. De Gezondheidsraad is van mening dat er op grond van dit onderzoek niets te zeggen valt over de mogelijke invloed van DECT op het voorkomen van hersentumoren.(26)

Wat betreft andere gezondheidseffecten dan hersentumoren concludeert de Gezondheidsraad dat het onwaarschijnlijk is dat DECT-signalen bij blootstelling onder de limietwaardes een negatieve uitwerking op de gezondheid hebben.(26)

Elektrische overgevoeligheid

Een groeiend aantal mensen schrijft gezondheidsklachten toe aan blootstelling aan EM-velden en benoemen die als 'elektrische overgevoeligheid'. Wetenschappelijk bewijs voor het bestaan van elektrische overgevoeligheid is er tot op heden niet. De Gezondheidsraad is van mening dat nader onderzoek hiernaar gewenst is.(37,27)

Het waarnemen van EM velden

Uit enkele onderzoeken blijkt dat mensen de aanwezigheid van EM velden kunnen waarnemen, maar dit vermogen is niet gerelateerd aan het optreden van klachten.(37)

Hinder

Radiofrequente straling met een bepaalde frequentie en een bepaald vermogen kan storing veroorzaken bij elektronische apparaten zoals pacemakers, gehoorapparaten, airbagsystemen en medische apparatuur. Om storingen zoveel mogelijk te voorkomen, moeten apparaten elektromagnetisch compatibel zijn. Elektromagnetische compatibiliteit is het vermogen of de eigenschap van een elektrisch of elektronisch apparaat om bevredigend te functioneren in zijn elektromagnetische omgeving zonder zelf ontoelaatbare stoorsignalen toe te voegen.(41) Dit houdt in dat apparaten niet mogen storen en zelf voldoende ongevoelig (immuun) moeten zijn voor storingen.(27)

12.3.7 Richtlijn GGD

In oktober 2006 zijn de GGD richtlijn 'Gezondheidsrisico's RF-EM velden afkomstig van zendingrichtingen voor: mobiele telecommunicatie en omroep' en het herziene LCM-standpunt UMTS-zendmasten verschenen.(27,42) Beide publicaties zijn te vinden via GGD Kennisnet.

12.3.8 Normen

In het Nationaal Antennebeleid staat dat in Nederland de Europese blootstellingslimieten gelden.(43) Deze zijn geheel gebaseerd op de thermische (opwarming) en niet-thermische effecten (stimulatie van spieren en zenuwen door elektrische stromen) van RF-EM velden op biologische structuren. De Nederlandse overheid acht het niet noodzakelijk om de Europese blootstellingslimieten aan te scherpen, zoals in sommige andere Europese landen wel wordt gedaan.

De Europese blootstellingslimieten zijn gebaseerd op de thermische en niet-thermische effecten door RF-EM velden, te weten opwarming en geïnduceerde elektrische stromen. In onderstaande tabel staan referentiewaarden voor verschillende bronnen vermeld, zoals die voor de betreffende frequenties zijn afgeleid. Voor een uitgebreide beschrijving van de (afleiding van de) blootstellingslimieten en referentiewaarden wordt verwezen naar de GGD Richtlijn RF-EM velden zendingrichtingen.(27)

Tabel 12.5 Referentiewaarden voor de meest gangbare toepassingen.

Antenne	Frequentie	Referentiewaarde elektrische veldsterkte
Mobilfoon, Paging, C2000, FM-omroep		28 V/m
TV		28-41 V/m
GSM-900	900 MHz	41 V/m
GSM-1800	1800 MHz	58 V/m
UMTS	2100 MHz	61 V/m
DECT-telefoon	1880-1900 MHz	60 V/m
Magnetron	2450 MHz	61V/m
Babyfoon	40 MHz	28 V/m
	863 MHz	40 V/m
Wifi	2,4 GHz band	61 V/m
	5 GHz band	61 V/m

12.3.9 Juridische aspecten, verantwoordelijke partijen

Voor een uitgebreide bespreking van juridische aspecten en verantwoordelijke partijen bij GSM- en UMTS- zendmasten wordt verwezen naar het Beoordelingkader gezondheid en milieu en naar de GGD Richtlijn RF-EM velden zendingrichtingen.^(28,27)

De Nederlandse wet- en regelgeving en het beleid voor zendmasten zijn vastgelegd in het Nationaal Antennebeleid en verder uitgewerkt in een convenant tussen de rijksoverheid, de VNG en de operators van mobiele telefonie. Het convenant gaat onder meer over de planning en sitiesharing, het plaatsingsplan en de instemmingsprocedure.^{6(44,45)}

Het Ministerie van Economische Zaken is verantwoordelijk voor het beleid ten aanzien van mobiele telefonie (aanleg netwerken en toezicht op de veiligheidsaspecten van de gebruikte apparatuur voor deze netwerken). EZ doet dat in samenwerking met onder andere de Ministeries van VROM (ruimtelijke ordening en beleid ten aanzien van elektromagnetische velden en gezondheid) en VWS (veiligheid van consumententoepassingen; Warenwet).

De veiligheid van huishoudelijke elektrische producten is geregeld in de Warenwet. Normen geven een nadere invulling aan deze veiligheidseisen. De Voedsel en Warenautoriteit (VWA) houdt toezicht op de naleving van de Warenwet.

Elektrische apparatuur dient te zijn voorzien van het CE-keurmerk wanneer zij op de Europese markt wordt gebracht. Dit keurmerk houdt in dat de apparatuur voldoet aan de toepasselijke Europese richtlijnen en dat onder normale omstandigheden de basisrestricties niet worden overschreden.⁽¹⁾

12.4 Referenties

1. Bolte JFB, Pruppers MJM. Gezondheidseffecten van blootstelling aan radiofrequente elektromagnetische velden – Probleemanalyse niet-ioniserende straling. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 861020007. Bilthoven, 2004.
2. Gezondheidsraad. Extreem laagfrequente elektromagnetische velden en gezondheid. Gezondheidsraad rapportnr. 92/07. Den Haag, 1992.
3. Brederode NE van, Bogaard CJM van den, Bruggen M van, Fast T, Hegger C, Weerdt DHJ van de. GGD richtlijn Gezondheidsrisico's van bovengrondse hoogspanningslijnen. Landelijk Centrum Medische Milieukunde/GGD-Nederland. Utrecht, 2005.
4. Stuurman CS, Wolven JF van. Kostenanalyse van de technische maatregelen ter beperking magnetische velden nabij bovengrondse hoogspanningslijnen (vooronderzoek). Deel 1: samenvatting. Kema. Arnhem, 2002.
5. Kelfkens G, Pruppers MJM. Handreiking voor het berekenen van de specifieke 0,4 microtesla zone in de buurt van bovengrondse hoogspanningslijnen. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Bilthoven, 2005 (actuele versie op www.rivm.nl/hoogspanningslijnen).
6. Stoep JW Van der. Metingen van magnetische velden rondom transformatorhuisjes. KEMA. Arnhem, 1998.
7. Berg GP van den. Magnetische velden tengevolge van de elektriciteitsvoorziening in de Persoonstraat, Bocholtz. Notitie Natuurkundewinkel. Rijksuniversiteit Groningen. Groningen, 2002.
8. Habets T. Gezondheidkundige beoordeling van metingen van magnetische veldsterkte in kantoorruimte. Brief-rapport GGD Rotterdam en omstreken, 16 juli 1998.
9. GGD Amsterdam. Advies GGD Amsterdam over onderstation NUON, Nieuwe Looijersstraat 51, 2 november 2005 (www.ggd.amsterdam.nl). Amsterdam, 2005.

⁶ De instemmingsprocedure geeft de huurders van het gebouw waarop een provider een antenne-installatie wil plaatsen, de mogelijkheid om voor of tegen te stemmen.

10. TNO. Magnetische veldsterkte metingen uitgevoerd rond diverse onderstations in Amsterdam. TNO Electronic Products & Services (EPS) B.V. Project nummer: 05122101.r01. Niekerk, 2006.
11. Website van de Belgian bioelektromagnetic group. www.bbemg.ulg.ac.be.
12. Ministerie van VROM. Circulaire inzake extreem laagfrequente elektrische en magnetische velden (ELF velden). Den Haag, 1995.
13. Kirchner EJJ, Eggink GJ, Pruppers MJM. Niet-ioniserende straling in de gezondheidszorg en effecten op de volksgezondheid. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 610059002. Bilthoven, 1995.
14. Behrens T, Terschüren C, Kaune WT, Hoffmann W. Quantification of lifetime accumulated ELF-EM exposure from household appliances in the context of a retrospective epidemiological case-control study. *J Expo Analys Environ Epidemiol* 2004; 14: 144-53.
15. TenneT. Brochure 'Elektrische en magnetische velden'. Arnhem, 2004.
16. Bruggen M van, Fast T. Beoordelingskader gezondheid en milieu. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 609026003. Bilthoven, 2003.
17. Plas M van der, Houthuijs DJM, Dusseldorp A, Pennders RMJ, Pruppers MJM. Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 610050007. Bilthoven, 2001.
18. Gezondheidsraad. Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz – 10 MHz). Gezondheidsraad rapportnr. 2000/06. Den Haag, 2000.
19. Landelijk Centrum Medische Milieukunde. Standpunt ELF-EM velden elektriciteitsvoorziening en gezondheid. Hoogspanningslijnen – Onderstations – Transformatorhuisjes. Rotterdam, 2006.
20. Gezondheidsraad. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2003. Gezondheidsraad rapportnr. 2004/01. Den Haag, 2004.
21. Ministerie van VROM. Advies met betrekking tot hoogspanningslijnen van de Staatsecretaris van VROM. Den Haag, 2005.
22. Ministerie van VROM. Brief aan B&W Amsterdam, n.a.v. Basisschool De Kleine Reus, d.d. 240306. Den Haag, 2006.
23. Nederlands Normalisatie Instituut. Bovengrondse elektrische lijnen boven 45 kV wisselspanning – deel 3: verzameling van nationale normatieve aspecten. NEN-EN 50341-3. Nederlands Normalisatie Instituut. Delft, 2001.
24. TenneT. Brief over elektromagnetische velden; brief Staatssecretaris van Geel (ref TI-ION 06-053 JdB/NE), 30 januari 2006.
25. Gezondheidsraad. Mobiele telefoons. Een gezondheidskundige analyse. Gezondheidsraad rapportnr. 2002/01. Den Haag, 2002.
26. Gezondheidsraad. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2006. Gezondheidsraad rapportnr. 2007/06. Den Haag, 2007.
27. Brederode NE van, Esser P, Hegger C, Weerdt DHJ van de, Zijden A van der. GGD Richtlijn Gezondheidsrisico's RF-EM velden afkomstig van zendingrichtingen voor: mobiele telecommunicatie & omroep. Landelijk Centrum Medische Milieukunde / GGD-Nederland. Utrecht, 2006.
28. Fast T, Bruggen M van. Beoordelingskader gezondheid en milieu: GSM-basisstations, Legionella, radon, fijn stof en geluid door wegverkeer. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 609031001. Bilthoven, 2004.
29. Agentschap Telecom. Meetvoorschrift voor het uitvoeren van EMF-metingen rond basisstations. 2003
30. Habets T. Veldsterktemetingen in woningen te Barendrecht. Brief-rapport GGD Rotterdam en omstreken, juli 2005.
31. Nationaal Antennebureau. *Persoonlijke mededeling*. 2006.
32. Gezondheidsraad. Radiofrequente elektromagnetische velden (300 Hz – 300 GHz). Gezondheidsraad rapportnr. 1997/01. Den Haag, 1997.

33. Zwamborn APM, Vossen SHJA, Leersum BJAM van, Ouwens MA, Makel WN. Effects of Global Communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. TNO, COFAM-project, projectnr. FEL-03-C148. Den Haag, 2003.
34. Regel SJ, Negovetic S, Rösli V, et al. UMTS base station-like exposure, well being and cognitive performance. *Environ Health Perspect*: doi: 10.1289/ehp.8934. [Online 6 June 2006] (<http://www.ehponline.org/docs/2006/8934/abstract.html>).
35. Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, Kundi M. Subjective symptoms, sleeping problems and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med* 2006; 63: 307-13.
36. Coggon D. Health risks from mobile phone base stations; commentary on the paper by Hutter et al. *Occup Environ Med* 2006; 63: 298-9.
37. Gezondheidsraad. Elektromagnetische velden: Jaarbericht 2005. Gezondheidsraad rapportnr. 2005/14. Den Haag, 2005.
38. World Health Organization. Fact sheet no 304 Electromagnetic fields and public health – base stations and wireless technologies, mei 2006. (<http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/factsheets/en/index.html>).
39. Schüz J, Böhler E, Schlehofer B, et al. Radiofrequency electromagnetic fields emitted from base stations of DECT cordless phones and the risk of glioma and meningioma (Interphone Study Group, Germany). *Radiation Research* 2006; 166: 116-9.
40. Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Pooled analysis of two case-control studies on use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997-2003. *Int Arch Occup Environ Health* 2006; 79: 630-9.
41. Gezondheidsraad. GSM basisstations. Gezondheidsraad rapportnr. 2000/16. Den Haag, 2000.
42. Landelijk Centrum Medische Milieukunde. Standpunt UMTS-zendmasten (herzien). Rotterdam, 2006.
43. Europese Raad. Raad van Europese Gemeenschappen. Aanbeveling van de Raad van 12 juli 1999, betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz – 300 GHz. Publicatieblad van Europese Gemeenschappen, 1999/519/EG. Brussel, 1999.
44. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Nationaal Antennebeleid. Directoraat-generaal Telecommunicatie en Post. Den Haag, 2000.
45. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Convenant in het kader van het Nationaal Antennebeleid inzake vergunningsvrije antenne-installaties voor mobiele telecommunicatie. Den Haag, 2002.