

## Metten van elektromagnetische velden, een vak apart

Een handreiking voor het beoordelen van veldsterktemetingen.

### Inleiding

Medewerkers van het Antennebureau, de GGD'en en gemeentes krijgen geregeld vragen over de meting van elektromagnetische velden in de omgeving van burgers. Het meten van elektromagnetische velden is een vak apart waarbij kennis van de omgeving, meetmethoden, meetapparatuur en de geldende limieten noodzakelijk is. Dit kennisbericht helpt om een meetrapport beter te begrijpen.

### Voorwaarden voor een goede meting

Een goede meting moet een aantal elementen bevatten die kunnen laten zien dat de meting goed is uitgevoerd is. Deze elementen zijn hieronder toegelicht.

Het meten van elektromagnetische velden is een vak apart waarbij kennis van de omgeving, meetmethoden, meetapparatuur en de geldende limieten noodzakelijk is.

#### 1. Omschrijving van de meetprocedure

In het meetrapport moet duidelijk beschreven zijn hoe de meting is uitgevoerd. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van Europese normen voor elektrische apparaten en telecommunicatieapparatuur. Deze normen bevatten uitgebreide procedures voor het uitvoeren van metingen om apparaten en werkplekken te toetsen aan de internationale blootstellingslimieten.

#### 2. Bepaling van de meetonzekerheid en kalibratie van de apparatuur

Elk onderdeel uit de meetopstelling zorgt voor een bijdrage in de meetonzekerheid. De apparatuur wordt daarom regelmatig doorgemeten en opnieuw afgesteld, oftewel gekalibreerd. Er blijven altijd factoren die de apparatuur in de meting kunnen beïnvloeden zoals de meetopstelling of temperatuur of luchtvochtigheid. Daarom is de meetonzekerheid nooit nul. Bij een veldsterktemeting dient altijd vermeld te worden binnen welke marges de meting betrouwbaar is.

#### 3. Identificatie van relevante bronnen

De totale veldsterkte is bijna altijd samengesteld uit bijdragen van verschillende bronnen met verschillende frequenties. De bronnen die een bijdrage leveren, moeten daarom zijn omschreven en worden meegenomen in de berekening van de totale veldsterkte.



#### 4. Context waarin de blootstelling plaatsvindt

In het meetrapport moet rekening zijn gehouden met de context waarin de velden optreden. Dit zijn zowel de redenen voor de meting (bijv. oriëntatie, toetsing aan blootstellingslimieten of wetenschappelijk onderzoek) als de omgeving en omstandigheden waarin de meting plaats vindt. Om de meting te kunnen interpreteren is het van belang om te weten of en zo ja, welke blootstellingslimieten van toepassing zijn. Om de meting te kunnen interpreteren is het van belang om te weten welke blootstellingslimieten van toepassing zijn. Daarnaast moet de meetlocatie nauwkeurig omschreven zijn, waarbij onder andere aandacht moet worden besteed aan objecten in de omgeving die invloed op de meting kunnen hebben, de toegankelijkheid van de locatie en de blootstellingsduur.

#### 5. Geaccrediteerde instantie

In Nederland kunnen instanties die metingen uitvoeren zich laten accrediteren door de Raad voor Accreditatie (RvA). Als een instantie geaccrediteerd is voor het meten van elektromagnetische velden is te verwachten dat metingen juist uitgevoerd worden en voldaan wordt aan alle hiervoor genoemde elementen.

### 1 Een goed omschreven meetprocedure

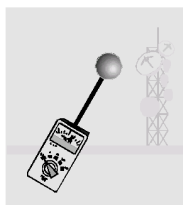
Een goede meting vereist kennis van alle onderdelen en eigenschappen van de meetopstelling en –procedure. De meetprocedure staat voor allerlei producten, zoals een stofzuiger, magnetron of een mobiele telefoon, beschreven in Europese normen. Deze meting wordt meestal uitgevoerd in een laboratoriumopstelling waar alle omstandigheden goed te controleren zijn. Er zijn bijvoorbeeld geen andere velden aanwezig omdat in een speciale ruimte wordt gemeten die velden van buitenaf afschermt.

Bij een meting op locatie zijn altijd andere bronnen en velden aanwezig. Daarom zijn de procedures voor het meten van een UMTS basisstation of een hoogspanningslijn anders. Ook deze procedures zijn omschreven in Europese normen. De norm EN 50400, beschrijft bijvoorbeeld hoe een meting aan een UMTS of GSM basisstation moet worden uitgevoerd. Naast het meten van het basisstation staat beschreven hoe velden van andere bronnen in de berekening moeten worden meegenomen.

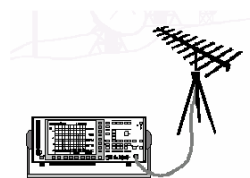
Normen voor metingen zijn vaak uitgebreider dan voor een veldsterktemeting op locatie nodig is. De meeste normen zijn namelijk bedoeld om aan te tonen dat een product, zoals bijvoorbeeld een winkeldiefstalpoortje veilig is. Bij een meting op locatie mag afgeweken worden van de meetprocedure die in de norm beschreven staat, mits dat in het meetrapport wordt beschreven.

#### *Breedbandige en selectieve metingen*

De veldsterkte op een bepaalde plek is bijna altijd samengesteld uit de bijdragen van verschillende bronnen met verschillende frequenties. Een zogenaamde **breedbandmeting** meet een groot deel van deze bronnen in één keer. Vaak wordt dit gedaan met een compact meetinstrument dat uit de hand of op een statief wordt gebruikt. De meetonzekerheid hierbij kan groot zijn. Bronnen die zeer dichtbij staan, zoals elektrische apparaten, een mobiele telefoon of tl-verlichting, kunnen leiden tot een overschatting van de blootstelling. Dit gebeurt bijvoorbeeld als gemeten wordt terwijl een mobiele telefoon wordt gedragen. Een mobiele telefoon zoekt regelmatig contact met een basisstation en wekt velden op die de meting kunnen verstoren.



*Meetinstrument voor  
breedbandmeting*



*Meetopstelling voor  
selectieve meting*

Een breedbandmeting levert daarom alleen een indicatieve waarde tenzij men zeker weet dat geen andere bronnen bijdragen aan de blootstelling. Dat laatste geldt eigenlijk alleen als de metingen uitgevoerd zijn in een speciale afgeschermd ruimte.

Bij een **selectieve meting** wordt gekeken naar de blootstellingsbijdrage van alle afzonderlijke relevante bronnen in de omgeving. Bij een selectieve meting zijn de volgende factoren van invloed op de kwaliteit van de meting:

- de locatie, frequentie, polarisatie, signaalvorm en vermogen van de te meten bronnen;
- de keuze voor de meetantenne en de meetrichting;
- het bereik, nauwkeurigheid en configuratie van het meetinstrument; en
- de locatie en opstelling van de bron en de invloed van andere objecten in de omgeving.

Door te analyseren welke bronnen er aanwezig zijn, kan een deskundige de juiste keuzes maken voor de selectieve meting. Na beschouwing van de afzonderlijke bronnen kan de totale blootstelling worden berekend.

Bij het meten van laagfrequente velden van de elektriciteitsvoorziening hebben de bronnen dezelfde frequentie als de vaste frequentie van het lichtnet. Deze bronnen zijn niet met een selectieve meting te onderscheiden. Bij deze metingen worden de bronnen daarom meestal met het oog geïdentificeerd of op basis van kaartmateriaal. Het juist identificeren van bronnen vereist veel ervaring van de onderzoeker.

## 2 **Bepaling van de meetonzekerheid en kalibratie van de apparatuur**

In een meetopstelling dragen diverse factoren bij aan de meetonzekerheid. Daardoor kan bij het herhalen van een meting onder dezelfde omstandigheden toch een andere waarde worden gemeten. Dit komt bijvoorbeeld doordat de apparatuur gevoelig is voor temperatuursinvloeden. De elektronica van de apparatuur zorgt eveneens voor meetonzekerheid. Dit gebeurt onder andere als zwakke velden versterkt worden of bij digitalisering voor verwerking in een computer. Een antenne beïnvloedt ook de meetonzekerheid.

Een meetrapport moet altijd een analyse van de meetonzekerheden bevatten. Bij het meten van elektromagnetische velden op locatie is een meetonzekerheid van een factor twee gebruikelijk. Dit betekent dat de werkelijke veldsterkte twee keer zo laag of twee keer zo hoog kan zijn. In een laboratorium, waar alle factoren beter te controleren zijn, is het mogelijk om nauwkeuriger te meten.

Meetontvangers, antennes en veldsterktemeters zullen na verloop van tijd andere eigenschappen vertonen. Dit komt door bijvoorbeeld beschadigingen, door opslag maar ook door veroudering en door andere zaken. Dit zorgt voor afwijkingen in de meetresultaten. Meetinstrumenten en antennes worden daarom regelmatig doorgemeten en opnieuw



afgesteld, oftewel gekalibreerd. Na kalibratie is de meetonzekerheid van de totale set bekend waardoor er relatief meer betrouwbaar kan worden voorspeld wat er is gemeten. Het is goed om, voorafgaand aan iedere meting, de werking van de apparatuur te controleren, ook vlak na de kalibratie, omdat door stoten en botsen toch weer afwijkingen kunnen optreden.

### 3 Identificatie van relevante bronnen

Om een meting te kunnen uitvoeren, is kennis van de omgeving en de apparaten die elektromagnetische velden veroorzaken een voorwaarde. Er zijn namelijk diverse factoren die het veld beïnvloeden. De bron zelf is daarbij de meest belangrijke.

#### *De bron*

Om een elektromagnetisch veld op te wekken is een bron nodig. Deze bronnen bestaan in allerlei vormen en komen veelvuldig voor in het dagelijks leven. Sommige bronnen zijn natuurlijk, zoals de zon of een onweersbui. Andere bronnen zijn gemaakt door mensen met als doel draadloos te communiceren. Voorbeelden hiervan zijn de mobiele telefoon, een draadloze internetverbinding en een radio- of televisiezender. Er zijn ook bronnen die onbedoeld elektromagnetische velden produceren zoals bijvoorbeeld hoogspanningslijnen of elektrische apparaten.

#### *De frequentie en het vermogen*

Een elektromagnetische golf beweegt zich voort met de lichtsnelheid en kent twee componenten: een elektrisch veld en een magnetisch veld. Deze velden kennen een grootte en een richting die in de tijd veranderen. Het tempo waarmee de velden veranderen wordt de frequentie genoemd, die wordt uitgedrukt in het aantal wisselingen per seconde of hertz (Hz). Overigens zijn er ook velden die niet in de tijd veranderen; men spreekt dan van een statisch veld met een frequentie 0 Hz.

Het geheel aan frequenties wordt het elektromagnetisch spectrum genoemd. Daarin zijn verschillende frequentiegebieden te onderscheiden. Extreem laag frequente (ELF) velden komen van bijvoorbeeld hoogspanningslijnen of het lichtnet en hebben in Nederland een frequentie van 50 Hz. Velden met frequenties tussen 300 Hz en 300 GHz<sup>1</sup> worden radiofrequente velden genoemd en kunnen o.a. gebruikt worden voor draadloze communicatie. Bij frequenties hoger dan 300 GHz komt eerst het infrarood licht, dan het zichtbare licht en daarna het ultraviolette licht. Bij nog hogere frequentie spreekt men van ioniserende straling zoals röntgenstraling. Ioniserende straling heeft zoveel energie dat moleculen, waaruit cellen zijn opgebouwd, kunnen worden beschadigd. Elektromagnetische velden met frequenties lager dan die van de ioniserende straling hebben deze eigenschap niet en worden daarom ook wel *niet*-ioniserende straling genoemd.

Hoe hoger het vermogen van een bron, des te sterker de velden. De sterkte neemt af met de afstand tot de bron.

De sterkte van het elektromagnetische veld kan worden uitgedrukt in de sterkte van zowel het elektrische als het magnetische veld. Bij metingen van radiofrequente velden kan meestal worden volstaan met het meten van slechts één component omdat er een vaste verhouding tussen de sterkte van beide componenten bestaat. Bij extreem laag frequente velden moeten beiden worden gemeten, maar in de praktijk - bijvoorbeeld rond hoogspanningslijnen – wordt vaak alleen het magneetveld gemeten.

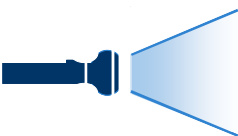
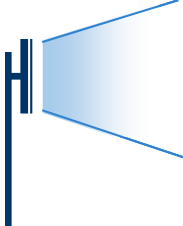
---

<sup>1</sup> 300GHz = 300 miljard Hz



### De antenne

Een antenne zorgt ervoor dat de signalen van een zender in een elektromagnetisch veld worden omgezet. Vaak is een antenne zowel zend- als ontvangantenne, zoals bij een mobiele telefoon of UMTS mast. Er zijn antennes die alleen zenden, zoals radio- en televisiezenders. Er zijn ook antennes die alleen ontvangen, zoals een schotelantenne voor televisie of een antenne om elektromagnetische velden te meten. Een zendantenne kan in een bepaalde richting meer vermogen uitzenden. Deze zendrichting van de antenne bepaalt samen met het vermogen waar de veldsterkte het hoogste is. De zendrichting van een antenne is te vergelijken met de lichtbundel van een zaklamp. Bij velden van de elektriciteitsvoorziening is er overigens zelden sprake van richtwerking.

Zaklamp	Richtantenne
	
<p>De lichtbundel schijnt vooral naar voren. Rondom de zaklamp wordt geen licht uitgestraald.</p> <p>Vóór de zaklamp is het licht, verder weg wordt het licht steeds zwakker.</p> <p>Hoe verder je wilt schijnen, hoe smaller de lichtbundel moet zijn.</p>	<p>De antenne zendt de elektromagnetische velden meestal horizontaal uit, dan is achter, naast, onder en boven de veldsterkte lager dan in de bundel</p> <p>Vóór de antenne zijn de elektromagnetische velden het sterkst; verder weg nemen de radiogolven in sterkte af</p> <p>Hoe verder de elektromagnetische velden moeten reiken, hoe smaller de bundeling van de antenne moet zijn.</p>

### Tijd en plaats

Tijdens het onderzoek is ook de plaats en het tijdstip van de meting van belang. De veldsterkte kan in tijd en plaats variëren. Een GSM basisstation zal bijvoorbeeld een hogere veldsterkte veroorzaken op tijdstippen dat er meer gebeld wordt. Bij het meten van de magnetische veldsterkte van een hoogspanningslijn is het van belang om na te gaan hoe hoog de stroomsterkte door de lijn is. Er wordt immers meer stroom getransporteerd als de elektriciteitsbehoefte groter is. De elektriciteitsbehoefte is afhankelijk van het tijdstip van de dag, van het seizoen, het weer, vakanties, bijzondere tv-uitzendingen, etc.

Kortstondige signalen kunnen een hoge veldsterkte hebben, maar een kleine bijdrage leveren aan de gemiddelde blootstelling. Ook lokaal kunnen sterke fluctuaties in het signaal optreden. Er zullen meerdere metingen gedaan moeten worden op verschillende locaties om kortstondige lokale variaties op de juiste manier mee te wegen.

### Het type bron kennen

Het type bron bepaalt mede het gedrag van de elektromagnetische velden. Zonder de bron te "kennen" is het moeilijk om een goede meting te doen. Bronnen verschillen namelijk in frequentie, locatie, vermogen of signaalgang en richting van het veld. Elk type bron levert zijn eigen bijdrage aan de totale blootstelling. In tabel 1 staan een aantal voorbeelden van bronnen.



Tabel 1 Voorbeelden van typen bronnen

bron	locatie	frequentie	signaalvorm	richting
hoogspanningslijnen en -kabels	boven de grond of onder de grond	extreem laag	smalbandig continu	rondom de geleiders
elektrische apparaten	woon- en werkomgeving	extreem laag	smalbandig	rondom het apparaat
inductiekookplaat	keukens	laag	smalbandig continu (of gepulseerd lage frequentie)	vooral richting de pan
radar	schepen, vliegtuigen, vliegvelden, vaarwegen	laag tot hoog	gepuleerd breedbandig	smalle bundel, vaak ronddraaiend
landelijke radio/televisiezender	hoge masten	hoog	smal- of breedbandig, continu	vrijwel alle kanten
GSM/UMTS mast	gebouwen en lage masten	hoog	smalbandig, gepuleerd	bundeling van 120 graden horizontaal en minder dan 10 graden verticaal
straalverbinding	gebouwen, hoge en lage masten	zeer hoog	continu breedbandig	zeer smalle bundel

#### 4 Context waarin de blootstelling plaatsvindt

Om de meting te kunnen interpreteren is het van belang om te weten welke blootstellingslimieten van toepassing zijn. De Europese commissie heeft waarden voor de blootstellingslimieten ter bescherming van de bevolking aanbevolen. Daarnaast is het wettelijk verplicht dat alle apparaten en zenders die in Europa op de markt verschijnen, veilig zijn. Hiertoe dient een elektrisch apparaat of telecommunicatieapparatuur te voldoen aan veiligheidseisen. De Europese Commissie heeft voorschriften (normen) vastgesteld hoe deze apparatuur aan de veiligheidseisen getoetst kan worden. De Commissie heeft daarbij de limieten overgenomen die zijn voorgesteld door de onafhankelijke Internationale Commissie voor bescherming tegen niet-ioniserende straling, ICNIRP.

Voor werknemers is een Europese richtlijn uitgebracht met afwijkende blootstellingslimieten. Deze limieten zijn anders omdat werknemers beschouwd worden als gezonde volwassenen. De wetgeving vereist dat werknemers op de hoogte moeten zijn van de risico's en de maatregelen om risico's te beperken. De limieten voor de algemene bevolking zijn strenger omdat deze ook van toepassing zijn op kinderen, ouderen, zwangere vrouwen en mensen met een verminderde gezondheid die mogelijk gevoeliger zijn.

In Europa zijn de blootstellingslimieten voor de bevolking uitgewerkt in basisrestricties en referentieniveaus; voor werknemers wordt gesproken over grenswaarden voor blootstelling resp. actiewaarden: zie voor meer uitleg hierover de bijlage bij dit kennisbericht.

##### *Toegankelijkheid van de locatie*

Op plekken die alleen toegankelijk zijn voor werknemers kunnen de limieten die voor de bevolking gelden overschreden worden. Voorbeelden hiervan zijn bepaalde plekken op of rondom masten of daken die voor het publiek ontoegankelijk zijn. Afhankelijk van de situatie worden op sommige werkplekken bij sterke bronnen, zoals omroepmasten of hoogspanningslijnen, ook de limieten die voor werknemers gelden overschreden. In dat geval, bijvoorbeeld als onderhoud moeten gepleegd, worden deze bronnen uitgeschakeld.

##### *Blootstellingsduur*

Voor radiofrequente velden is niet alleen de veldsterkte, maar ook de tijd dat een persoon wordt blootgesteld van belang. De Europese aanbeveling (bevolking) en richtlijn (werknemers)



staan toe dat een persoon kortstondig hoger blootgesteld mag worden mits de basisrestrictie voor leden van de bevolking (of de grenswaarde voor blootstelling voor werknemers) gemiddeld over zes minuten gerespecteerd blijft. Voor korte blootstellingstijden (piekblootstelling) gelden aanvullende hogere limieten.

Voor extreem laagfrequente velden gelden voor zowel voor kortdurende als continue blootstelling dezelfde blootstellingslimieten. Hier mag dus niet over de tijd gemiddeld worden.

#### *Gelijktijdige blootstelling aan meerdere bronnen.*

Vaak wordt een persoon tegelijkertijd aan meerdere bronnen met verschillende frequenties blootgesteld. Het kan voorkomen dat een enkele bron het referentieniveau (of actiewaarde in het geval van werknemers) niet overschrijdt, maar samen met de bijdrage van andere bronnen wel de basisrestrictie (of grenswaarde voor blootstelling in het geval van werknemers) overschrijdt. Bij het in gebruik nemen van bijvoorbeeld een nieuw basisstation moet altijd rekening worden gehouden met de zenders die er al staan. Een regel is dat een zender wordt meegenomen in de berekening van de totale blootstelling als diens blootstellingsbijdrage meer dan 5% bedraagt. Hierbij geldt echter wel dat extreem laagfrequente velden niet bij radiofrequente velden kunnen worden opgeteld; zij veroorzaken immers verschillende effecten (radiofrequente velden warmen het lichaam op, extreem laagfrequente velden wekken stroom op in het lichaam).

## 5 Geaccrediteerde instantie

In Nederland kunnen organisaties die regelmatig metingen uitvoeren zich laten accrediten door de Raad voor Accreditatie (RvA). Dit gebeurt op basis van de Europese Norm 17025. Deze norm bevat algemene eisen voor test- en kalibratielaboratoria en geldt niet alleen voor het meten van elektromagnetische velden. Bij de accreditatie wordt daarom altijd vermeld wat het werkgebied is van de instantie. Alle geaccrediteerde instanties en hun werkgebied zijn op de website van de RvA te raadplegen (zie [www.rva.nl /search/](http://www.rva.nl/search/); 'zoeken in de inhoud van scopes' met de term 'elektromagnetische'). Een organisatie is dan getoetst op de kwaliteit van de meetapparatuur, het kennisniveau van het personeel en het op orde hebben van de procedures. Een geaccrediteerde organisatie is dus in staat om een goede meting uit te voeren.

Organisaties die niet geaccrediteerd zijn kunnen eveneens een goede meting uitvoeren. De algemene eisen waaraan organisaties bij accreditatie moeten voldoen, hebben namelijk ook betrekking op de organisatie en het management. Indien een organisatie niet geaccrediteerd is, kan een meting gecontroleerd worden door te kijken of alle elementen aanwezig zijn en goed zijn uitgevoerd.



## Bijlage: Enkele termen uitgelegd

In Europa zijn de blootstellingslimieten voor de bevolking uitgewerkt in basisrestricties en referentieniveaus; voor werknemers wordt gesproken over grenswaarden voor blootstelling resp. actiewaarden: In deze bijlage worden deze termen verder toegelicht:

### Blootstellingslimiet

Verzamelnaam voor diverse termen die een grens aangeven die bij de bescherming van de gezondheid wordt gehanteerd.

Het Kennisplatform hanteert de termen die de EU heeft opgenomen in de officiële documenten zoals vermeld in de tabel. De EU baseert zich op de ICNIRP Richtsnoeren uit 1998.<sup>2</sup>

Aanduidingen van blootstellingslimieten in de internationale wetenschap en de Europese Unie		
ICNIRP Richtsnoeren	EU aanbeveling <sup>3</sup>	EU Richtlijn <sup>4</sup>
“leden van de bevolking en werknemers”	“leden van de bevolking”	“werknemers”
basic restrictions	basisrestricties	grenswaarden voor blootstelling
reference levels	referentieniveaus	actiewaarden

### Basisrestricties en grenswaarden

De basisrestrictie (bevolking) en grenswaarde voor blootstelling (werknemers) die van toepassing zijn op radiofrequente velden afkomstig van televisie- en radiozenders en GSM en UMTS, zijn gerelateerd aan de opwarming van het menselijke lichaam. De fysische grootte die daarbij wordt gebruikt is de Specific Absorption Rate (SAR-waarde).

De SAR-waarde is een maat voor de hoeveelheid energie die per tijdseenheid in het lichaam wordt opgenomen met als eenheid watt per kilogram lichaamsgewicht (W/kg).

Voor laag frequente velden zijn de basisrestricties (bevolking) en de grenswaarde voor blootstelling (werknemers) gebaseerd op het ontstaan van elektrische stromen in het lichaam. De fysische grootte waarin ze worden gespecificeerd is daarom de stroomdichtheid met als eenheid ampère per vierkante meter (A/m<sup>2</sup>).

<sup>2</sup> ICNIRP, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Phys 1998 74(4):494-522 + Erratum published in Health Phys. 1998;75(4):442.

<sup>3</sup> Aanbeveling 1999/519/EG, van de Raad van de Europese Unie, van 12 juli 1999, betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz — 300 GHz.

<sup>4</sup> Richtlijn 2004/40/EG van het Europees Parlement en de Raad van 29 april 2004 betreffende minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden) (achttiende bijzondere Richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG).



## Basisrestricties

Restricties aan de blootstelling van leden van de bevolking aan tijdsafhankelijke elektrische, magnetische en elektromagnetische velden, die direct gebaseerd zijn op bewezen gezondheidseffecten en biologische overwegingen. Afhankelijk van de frequentie van het veld worden de volgende fysische grootheden gebruikt om de basisrestricties te specificeren:

- de magnetische fluxdichtheid (eenheid  $\mu\text{T}$ );
- de stroomdichtheid (eenheid  $\text{A}/\text{m}^2$ );
- het specifieke energie-absorptie-tempo (*Specific Absorption Rate*, SAR; eenheid  $\text{W}/\text{kg}$ );
- de vermogensdichtheid (eenheid  $\text{W}/\text{m}^2$ ).

## Grenswaarden voor blootstelling

Restricties aan de blootstelling van werknemers. Voor de beschrijving zie onder 'Basisrestricties'.

## Referentieniveaus en actiewaarden

Het meten van de stromen of temperatuurstijging in het lichaam is in de praktijk moeilijk uit te voeren. Daarom zijn de basisrestricties (voor leden van de bevolking) en grenswaarden voor blootstelling (voor werknemers) omgerekend naar meetbare grootheden buiten het lichaam. Die afgeleide grootheden heten referentieniveaus voor leden van de bevolking en actiewaarden voor werknemers.

## Referentieniveaus

Niveaus van fysische grootheden die van de basisrestricties voor leden van de bevolking zijn afgeleid. In elke blootstellingssituatie kan men de gemeten of berekende waarden van deze grootheden vergelijken met het bijbehorende referentieniveau. Als wordt voldaan aan het referentieniveau, wordt voldaan aan de desbetreffende basisrestrictie. Als de gemeten waarde hoger is dan het referentieniveau, behoeft dat nog niet te betekenen dat de basisrestrictie wordt overschreden. In dergelijke omstandigheden moet echter wel worden vastgesteld of voldaan wordt aan de basisrestrictie.

Afhankelijk van de frequentie van het veld worden de volgende fysische grootheden gebruikt om de referentieniveaus te specificeren:

- de elektrische veldsterkte (eenheid  $\text{V}/\text{m}$ ),
- de magnetische veldsterkte (eenheid  $\text{A}/\text{m}$ ),
- de magnetische fluxdichtheid (eenheid  $\mu\text{T}$ ),
- de vermogensdichtheid (eenheid  $\text{W}/\text{m}^2$ ),
- de elektrische stroom in extremiteiten (eenheid  $\text{A}$ ),
- de contactstroom (eenheid  $\text{mA}$ ),
- de specifieke energieabsorptie (gepulserde velden; eenheid  $\text{J}/\text{kg}$ ).

## Actiewaarden

Niveaus van fysische grootheden die van de grenswaarden voor blootstelling van werknemers zijn afgeleid. Voor de beschrijving zie onder 'Referentieniveaus'.



## Meetgrootheden

Voor radiofrequente velden wordt in de praktijk meestal alleen gebruik gemaakt van de elektrische veldsterkte en voor extreem laagfrequente velden meestal alleen de magnetische veldsterkte. In tabel 2 staan de referentieniveaus en actiewaarden voor enkele toepassingen. Deze veldsterkten zijn niet voor elke frequentie hetzelfde want de invloed op het menselijk lichaam hangt af van de frequentie. Als een lid van de bevolking resp. een werknemer voornamelijk aan één frequentie wordt blootgesteld, mag worden verondersteld dat de basisrestrictie resp. grenswaarde voor blootstelling niet wordt overschreden als de veldsterkte niet hoger is dan het referentieniveau resp. de actiewaarde.

Tabel 2 Actiewaarden en referentieniveaus voor enkele toepassingen

toepassing	actiewaarden voor werknemers		referentieniveaus voor leden van de bevolking	
	magnetische veldsterkte ( $\mu\text{T}$ )	elektrische veldsterkte (V/m)	magnetische veldsterkte ( $\mu\text{T}$ )	elektrische veldsterkte (V/m)
hoogspanningslijnen	500	10.000	100 <sup>5</sup>	5.000
FM-radio		61		28
TV		61-90		28-41
GSM 900		90		41
GSM 1800		127		58
UMTS		137		61

Er zijn andere grootheden waarin de sterkte van elektrische, magnetische en elektromagnetische velden kunnen worden uitgedrukt. Voor meetrapporten zijn de grootheden uit tabel 2 gebruikelijk. Andere gebruikte eenheden zijn:

- De magnetische veldsterkte uitgedrukt in A/m. De magnetische veldsterkte (A/m) is de magnetische fluxdichtheid ( $\mu\text{T}$ ) gedeeld door 1,25. Dus 80 A/m is gelijk aan 100  $\mu\text{T}$ . ( $1\mu\text{T} = 1000\text{nT}$  (nanotesla).  
De microtesla ( $\mu\text{T}$ ) is eigenlijk de eenheid van magnetische fluxdichtheid en niet van de magnetische veldsterkte. Echter in de literatuur wordt vrijwel altijd de magnetische veldsterkte in microtesla uitgedrukt wat strikt genomen niet juist is.
- De magnetische veldsterkte uitgedrukt in gauss (G). Deze (verouderde) eenheid wordt in sommige Amerikaanse rapporten gebruikt. Hiervoor geldt dat 1  $\mu\text{T}$  gelijk is aan 10 milligauss (mG).
- De vermogensdichtheid. Deze grootheid wordt gebruikt voor radiofrequente velden. De vermogensdichtheid (in  $\text{W}/\text{m}^2$ ) is gelijk aan de elektrische veldsterkte (in V/m) in het kwadraat gedeeld door 377. Dus een veldsterkte van 28 V/m komt overeen met een vermogensdichtheid van  $28 \times 28 / 377 = 2 \text{ W}/\text{m}^2$ . In sommige rapporten worden de vermogensdichtheden soms uitgedrukt in  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  (microwatt per vierkante meter). Hiervoor geldt dat 1  $\text{W}/\text{m}^2$  gelijk is aan 1.000.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$

<sup>5</sup> Voor het plannen van nieuwe bebouwing of nieuwe hoogspanningslijnen wordt door de overheid aangeraden om te vermijden dat kinderen gedurende lange tijd worden blootgesteld aan magnetische veldsterkten boven 0,4  $\mu\text{T}$ . Zie ook het kennisbericht over hoogspanningslijnen en kinderleukemie.



**Elektrische veldsterkte** Een van de fysische grootheden waarin de sterkte van een elektromagnetisch veld kan worden uitgedrukt. De elektrische veldsterkte is een grootheid die overeenkomt met de kracht die op een geladen deeltje wordt uitgeoefend. Zij wordt uitgedrukt in volt per meter (V/m).

**Magnetische veldsterkte** Een van de fysische grootheden waarin de sterkte van een elektromagnetisch veld kan worden uitgedrukt en die naast de magnetische fluxdichtheid, dient voor de beschrijving van een magnetisch veld op elk punt in de ruimte. Zij wordt uitgedrukt in ampère per meter (A/m).

**Magnetische fluxdichtheid** Een van de fysische grootheden waarin de sterkte van een elektromagnetisch veld kan worden uitgedrukt en die naast de magnetische veldsterkte, dient voor de beschrijving van een magnetisch veld op elk punt in de ruimte. De fluxdichtheid veroorzaakt een op bewegende ladingen inwerkende kracht. Zij wordt uitgedrukt in tesla (T).

### Overige termen

**Norm** Een (inter)nationaal overeengekomen voorschrift volgens welke een locatie of een product aan een blootstellingslimiet kan worden getoetst. Een dergelijk voorschrift wordt ook wel een 'standaard' genoemd; soms kan er verwarring ontstaan als men de term 'norm' gebruikt in de betekenis van '(blootstellings)limiet'.

**Blootstellingsbijdrage** De blootstelling kan afkomstig zijn van verschillende bronnen met verschillende frequenties. Dat deel dat een apparaat bijdraagt aan de totale blootstelling van een persoon op een gegeven plek wordt blootstellingsbijdrage genoemd. De vaststelling van deze bijdrage geschiedt op een rekenkundige manier die verschilt voor de diverse frequentiegebieden.

**Standaard** zie norm

### Verantwoording

*Kennisberichten beschrijven het standpunt van het Kennisplatform Elektromagnetische Velden en Gezondheid over een specifieke (wetenschappelijke) publicatie of een onderwerp. Kennisberichten zijn het resultaat van overleg tussen deskundigen uit de organisaties die deelnemen aan het Kennisplatform. Het overleg vindt plaats in het wetenschapsforum en het communicatieforum. Foraleden vertegenwoordigen inhoudelijk de aan het Kennisplatform deelnemende organisaties en brengen de beschikbare kennis in. De vertegenwoordigers van de organisaties staan vermeld op de website van het Kennisplatform ([www.kennisplatform.nl](http://www.kennisplatform.nl)). Alle deelnemende organisaties staan achter de inhoud van de kennisberichten.*