

ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN EN VOLKSGEZONDHEID

Radarstraling en gezondheid

Radarsystemen detecteren de aanwezigheid, verplaatsing of afstand van vliegtuigen, schepen of andere, meestal bewegende objecten. Dit gebeurt door het uitzenden van gepulste hoog-frequente elektromagnetische velden (electromagnetic fields; EMF). Sedert de uitvinding, ongeveer 60 jaar geleden, worden radarsystemen over een breed gebied toegepast bij de scheepvaart, de luchtvaart, defensie en weervoorspellingen. Het hoofddoel is het bevorderen van individuele en collectieve veiligheid en bescherming.

Mensen die in de omgeving van radarsystemen wonen of werken, hebben er hun bezorgdheid over geuit dat de deze systemen mogelijk op lange termijn nadelige effecten op de gezondheid kunnen veroorzaken, zoals kanker, aangeboren afwijkingen, staarvorming, en veranderingen in gedrag en achterblijvende ontwikkeling bij kinderen. Een recent voorbeeld is de vermeende toename in testiskanker bij politiemannen die bij snelheidscontroles gebruik maken van een draagbaar radar“pistool”.

Het is van belang onderscheid te maken tussen gevoelsmatige en echte gevaren die radarsystemen kunnen vormen, en de achtergronden te begrijpen van de huidige internationaal gehanteerde veiligheidsnormen en beschermingsmaatregelen.

Uitstraling van elektromagnetische velden

Radarsystemen werken gewoonlijk in het radiofrequente (RF) gebied tussen 300 MHz en 15 GHz. Zij genereren elektromagnetische velden die RF-velden wordt genoemd. Deze RF-velden reageren afhankelijk van de frequentie op twee manieren met het menselijk lichaam.

RF-velden met frequenties lager dan 10 GHz (tot 1 MHz) dringen door in de blootgestelde weefsels en produceren daar warmte, doordat een deel van de energie wordt geabsorbeerd. De indringdiepte hangt af van de frequentie en is groter bij lagere frequenties. Absorptie van RF-velden in weefsels wordt beschreven door het specifiek absorptietempo (Specific Absorption Rate; SAR). De SAR wordt gegeven in de eenheid watt per kilogram (W/kg). De SAR is de maat waarin de RF-veldsterkte wordt gemeten in het frequentiegebied van circa 1 MHz tot 10 GHz.

- Er is minstens een SAR van 4 W/kg nodig om gezondheidsschade te veroorzaken bij mensen die aan RF-velden in dit frequentiegebied zijn blootgesteld.

RF-velden met frequenties boven 10 GHz worden voornamelijk in de huid geabsorbeerd, waarbij maar een zeer gering deel doordringt naar de onderliggende weefsels. De veldsterkte is de dosimetrische grootte waarin de RF-dosis boven 10 GHz wordt beschreven. Deze wordt uitgedrukt in de vermogensdichtheid, met als eenheid watt per vierkante meter (W/m^2), of voor zwakke velden milliwatt per vierkante meter (mW/m^2) of microwatt per vierkante meter ($\mu W/m^2$).

- Blootstelling aan RF-velden boven 10 GHz met vermogensdichtheden boven $1000 W/m^2$ veroorzaakt gezondheidsschade, zoals staar en huidverbranding.

Blootstelling

Het zendvermogen van radarsystemen bestrijkt een breed gebied vanaf een paar milliwatt (bij radarsystemen voor snelheidscontroles) tot meerdere kilowatt (bij doelvolgradars). Een aantal factoren zorgen echter voor een aanmerkelijke vermindering van de blootstelling van de bevolking aan RF-velden, met vaak meer dan een factor 100:

- Radarsystemen zenden de elektromagnetische velden niet continu uit, maar in pulsen. Hierdoor is het gemiddeld uitgezonden zendvermogen veel lager dan het piekvermogen in de pulsen.

- Radarsystemen zenden hun RF-velden uit in een bepaalde richting, in een smalle bundel, die te vergelijken is met de lichtbundel van een schijnwerper. De veldsterkte neemt buiten de hoofdbundel zeer snel af. In de meeste gevallen zijn deze veldsterktes duizenden malen kleiner dan die in de hoofdbundel.
- Veel radarsystemen werken met een continu ronddraaiende antenne en/of maken een knikkende beweging om hun elevatiehoek (de hoek met de horizon) te variëren. Dit heeft tot gevolg dat de richting van de bundel voortdurend wordt gewijzigd.
- Gebieden waar te hoge veldsterktes kunnen worden aangetroffen, zijn gewoonlijk verboden voor onbevoegden.

Radarbronnen

Enkele van de gebruikelijke typen radarsystemen die men in het dagelijkse leven kan tegenkomen, worden hieronder genoemd.

Luchtvaartcontrole radars worden gebruikt om de positie van vliegtuigen te volgen en het opstijgen en landen op luchthavens te controleren. Zij staan meestal verhoogd opgesteld, zodat de stralenbundel ontoegankelijk is voor personen op de grond. Karakteristieke waarden voor het piekvermogen van dit type radarsystemen zijn 100 kW of meer, terwijl het gemiddelde zendvermogen een paar honderd watt bedraagt. Onder normale omstandigheden leveren deze radarsystemen geen gevaar op voor de bevolking.

Weerradars staan vaak op dezelfde locaties als luchtvaartcontrole radars, dat wil zeggen meestal in uithoeken van luchthavens. Weerradars werken op een hogere frequentie, zij het in het algemeen met een lager piek- en gemiddeld zendvermogen. Net als de luchtvaartcontrole radars leveren ze onder normale omstandigheden geen gevaar op voor de bevolking.

Militaire radarsystemen zijn talrijk in aantal. Ze variëren van zeer grote installaties met piekvermogens tot meer dan 1000 kW en een gemiddeld zendvermogen van meerdere kilowatts, tot kleine radarsystemen, bijvoorbeeld de doelvolgradars in vliegtuigen. De grote richt- en zoekradars roepen vaak ongerustheid op in woongebieden rondom deze installaties. Doordat echter de zoekradars ronddraaien en daardoor een groot gebied bestrijken, varieert de vermogensdichtheid van deze systemen op het militaire terrein tussen 10 en 100 W/m². Buiten het terrein zijn de RF-stralingsniveaus gewoonlijk zonder gevoelige meetapparatuur niet te meten. De doelvolgradars in vliegtuigen zouden gevaar kunnen opleveren voor het grondpersoneel. Deze systemen zenden met een relatief hoog gemiddeld zendvermogen (tot enige kilowatts) en door de grote antenneversterking zijn vermogensdichtheden tot 10 kW/m² mogelijk. Blootstelling van de bevolking en personeel aan dergelijke niveaus is echter uitgesloten, omdat tijdens het op de grond testen van deze radarsystemen de toegang tot het testgebied is afgesloten. Uiteraard worden militair ook de andere beschreven type radarsystemen toegepast (luchtvaartcontrole-, weer-, maritieme en vogeltrekradarsystemen).

Maritieme civiele radarsystemen treft men aan op zowel kleine plezierjachten als grote oceaanstomers. De piekvermogens van deze systemen kunnen tot 30 kW reiken, het gemiddeld zendvermogen ligt tussen 1 en 25 W. Onder normale omstandigheden, met ronddraaiende antenne, is de gemiddelde vermogensdichtheid bij de grotere systemen op één meter afstand van de antenne gewoonlijk niet groter dan 10 W/m². Op de meeste vaartuigen is op toegankelijke plaatsen het stralingsniveau niet groter dan een paar procent van de huidige RF-blootstellingsnormen voor het publiek.

Snelheidscontrole radars zijn in veel landen draagbare systemen die door politiemensen worden gebruikt. Het gemiddelde zendvermogen is zeer laag, een paar milliwatt. Daarom worden deze radarsystemen niet als schadelijk voor de gezondheid beschouwd, ook niet als ze in de onmiddellijke nabijheid van het lichaam worden gehouden.

Mogelijke gezondheidsschade

Het meeste tot op heden verrichte onderzoek heeft betrekking op niet aan kanker gerelateerde gezondheidsschade. Er is diepgaand onderzoek verricht naar fysiologische reacties zoals die van het temperatuurregulatieproces, gedragsveranderingen, en effecten zoals lenstroebeling (staar) en geboortefwijkingen als gevolg van acute blootstelling aan relatief hoge stralingsdoses. Een aantal onderzoeken maakt melding van niet-thermische effecten, ook bij RF-veldsterktes waarbij geen temperatuurverhoging kan worden waargenomen.

Kankeronderzoek: In verscheidene epidemiologische onderzoeken is het mogelijke verband tussen blootstelling aan RF-velden en de toename van het risico op kanker bestudeerd. Vanwege de verschillen in opzet en uitvoering van deze onderzoeken zijn de resultaten ervan echter moeilijk te interpreteren. Een aantal nationale en internationale groepen van deskundigen hebben geconcludeerd dat er geen duidelijk bewijs bestaat voor het verband tussen blootstelling aan RF-velden en een toename van het risico op kanker. De WHO is eveneens tot de slotsom gekomen dat er geen overtuigend wetenschappelijk bewijs is geleverd dat blootstelling aan RF-velden de levensduurverwachting van de mens verkort of dat RF-velden kanker induceren of de groei ervan bevorderen. Meer onderzoek is echter noodzakelijk.

Thermische effecten: Blootstelling aan RF-velden is onderzocht bij dieren, waaronder primaten. Bij toenemende RF-veldsterkte zijn bij proefdieren de eerste tekenen van nadelige effecten voor de gezondheid een verminderd uithoudingsvermogen, vermindering van het RF-veld en een afnemende vermogen om taken uit te voeren. Deze onderzoeken doen vermoeden dat bij de mens eveneens nadelige effecten zullen zijn waar te nemen, indien als gevolg van gehele of gedeeltelijke blootstelling van het lichaam aan RF-velden de weefseltemperatuur met meer dan 1°C stijgt. Mogelijke nadelige effecten op de gezondheid zijn onder meer het ontstaan van staar en, naarmate de temperatuur van het lichaam stijgt, tal van fysiologische reacties ten gevolge van verstoring van het temperatuurregulatieproces. Deze effecten zijn goed gedocumenteerd en vormen de wetenschappelijke basis voor de blootstellingsnormen van RF-velden voor beroepsbevolking en algemene bevolking.

Niet-thermische effecten Verscheidene onderzoeksgroepen hebben gerapporteerd dat bij blootstelling aan RF-veldsterktes die te laag zijn om opwarming te veroorzaken (dat wil dus zeggen, bij zeer lage SAR-waarden), veranderingen optreden in de mobiliteit van calciumionen, een proces dat mede verantwoordelijk is voor de uitwisseling van informatie in weefselcellen. Dit effect is echter niet voldoende bewezen om als wetenschappelijke basis te dienen voor het vaststellen van blootstellingsnormen.

Gepulste radarstraling: Blootstelling aan gepulste RF-velden met hoge piekwaarden, vergelijkbaar met die van radarsystemen, resulteert bij muizen in het onderdrukken van de schrikreactie en wekt onwillekeurige lichaamsbewegingen op. Er zijn mensen met een normaal gehoor die dergelijke gepulste RF-velden in het frequentiegebied tussen circa 200 MHz en 6,5 GHz kunnen waarnemen. Dit wordt het *microgolf-hoor-effect* genoemd. Het geluid is op verschillende manieren omschreven als een zoemend, klikkend, sissend of ploffend geluid, afhankelijk van de RF-pulskarakteristieken. Langdurige of herhaalde blootstelling kan zeer hinderlijk zijn en dient waar mogelijk te worden vermeden.

RF-schokken en verbrandingen Bij frequenties lager dan 100 MHz kunnen RF-schokken en verbrandingen veroorzaakt worden door op metalen voorwerpen geïnduceerde ladingen. Bij personen die zich in een RF-veld bevinden kan eveneens een hoge absorptie van straling optreden op plaatsen in het lichaam met een kleine doorsnede, zoals de enkels. Omdat moderne radarapparatuur op hogere frequenties werkt en bovendien de stralbundels smal zijn, is in het algemeen de kans op zulke effecten zeer klein.

Elektromagnetische interferentie: RF-velden van radars kunnen ook elektromagnetische interferentie in elektronische apparatuur veroorzaken. De drempelwaarden voor deze effecten zijn vaak veel lager dan de blootstellingsnormen voor RF-velden bij de mens. Daarnaast kan de velden storingen veroorzaken in bepaalde medische hulpmiddelen, zoals hartstimulators en gehoorapparaten. Personen die dergelijke hulpmiddelen gebruiken en dicht in de buurt van radarsystemen moeten werken, moeten contact opnemen met de fabrikant van het betreffende hulpmiddel om de gevoeligheid voor RF-interferentie van hun apparaat vast te stellen.

Ontsteking van brandbare vloeistoffen en explosieven: RF-velden kunnen door de inductie van elektrische stromen brandbare vloeistoffen en explosieven ontsteken. Dit is een uitzonderlijke gebeurtenis en kan zich normaal gesproken alleen voordoen bij een concentratie van radarsystemen, zoals aan boord van marineschepen. Maar daar zijn maatregelen getroffen om zulke effecten te verhinderen.

Internationale blootstellingsnormen

Blootstellingsnormen voor RF-velden zijn opgesteld door internationale organisaties zoals de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). De ICNIRP is een politiek onafhankelijke organisatie, formeel erkend door de Wereldgezondheidsorganisatie (World Health Organization, WHO). De commissie hanteert in samenwerking met de WHO ontwikkelde beoordelingen van gezondheidsrisico's om richtlijnen voor blootstellingslimieten op te stellen. Toepassing van de ICNIRP richtlijnen biedt bescherming tegen alle wetenschappelijk vaststaande door RF-velden veroorzaakte gezondheidsschade. De richtlijnen zijn opgesteld na grondige bestudering van alle -door vakgenoten beoordeelde- wetenschappelijke literatuur op samenhang en reproduceerbaarheid, inclusief onderzoek naar kanker en niet-thermische effecten. RF-veldsterktes in de omgeving van radarsystemen, in gebieden die toegankelijk zijn voor de bevolking, zijn tenminste een factor 1000 lager dan de door de ICNIRP opgestelde limieten voor continue blootstelling van de bevolking, en een factor 25.000 onder het niveau waarop de eerste symptomen zichtbaar worden die tot gezondheidsschade kunnen leiden.

Beschermingsmaatregelen

Het doel van beschermingsmaatregelen is, om blootstelling aan RF-velden uit te sluiten dan wel beneden de veiligheidsnormen te brengen. Daarvoor moet voor elk radarsysteem een uitgebreid programma van metingen, voorlichting en effectieve beschermingsmaatregelen opgezet worden. In de meeste landen is uitgebreide documentatie, waaronder een milieu-effect rapportage, vereist voordat een radarsysteem kan worden geplaatst.

Nadat een radarsysteem is gebouwd, dient een relevant meetprogramma uitgevoerd te worden om de RF-veldsterktes in het gebied vast te stellen. Direct vóór een radarantenne kunnen extreem hoge veldsterktes gemeten worden, maar de veldsterktes in de voor het publiek toegankelijke gebieden zijn doorgaans nauwelijks meetbaar. Om te voorkomen dat zowel personeel als publiek zich in gebieden begeven waar de RF-veldsterktes boven de veiligheidsnormen uitkomen, moeten technische voorzieningen dan wel administratieve maatregelen worden toegepast om dit te vermijden.

- Technische voorzieningen zijn bijvoorbeeld vergrendelingen op toegangsdeuren, elektronische beperking om in bepaalde richtingen uit te zenden en afscherming van strooi- en stoorvelden.
- Administratieve maatregelen zijn bijvoorbeeld alarmbellen en zwaailichten, waarschuwborden, toegangsbeperking door middel van slagbomen, persoonlijke toegangscontrolekaarten, of beperking van de verblijftijd bij het radarsysteem.

Wanneer technische voorzieningen en administratieve maatregelen niet voldoende zijn, dienen werknemers beschermende kleding te dragen opdat de veiligheidsnormen niet worden overschreden. Elektrisch-geleidende werkkleding, handschoenen, veiligheidsschoenen en andere soorten persoonlijke, tegen RF-velden beschermende uitrustingsstukken zijn tegenwoordig in de handel verkrijgbaar.

- Dit soort kledingstukken moet met uiterste zorgvuldigheid worden gedragen omdat de verzwakkende werking van het betreffende materiaal zeer sterk met de frequentie kan variëren. Alleen wanneer de verzwakkende eigenschappen van de uitrustingsstukken voor de frequentie in kwestie bekend zijn, kan het uitrustingsstuk op betrouwbare manier worden gebruikt.
- Speciale aandacht verdient de RF-veiligheidsbrillen, daar metalen onderdelen kunnen gaan werken als een ontvangerantenne en zo de plaatselijke RF-velden kunnen versterken.
- Er zijn geen blootstellingsomstandigheden denkbaar waarbij leden van de bevolking gebruik zou moeten maken van tegen RF-velden beschermende uitrusting.
- In de afgelopen jaren zijn kledingstukken en andere materialen op de markt verschenen die bescherming tegen RF-velden zouden bieden, en waarbij wordt ingespeeld op gevoelens bij "stralingsgevoelige" bevolkingsgroepen, zoals zwangere vrouwen. Het gebruik van dergelijke producten is onnodig en moet worden afgeraden. Dergelijke producten bieden geen effectieve RF-afscherming en zijn nutteloos.

Blootstelling van mensen aan EMF-velden afkomstig van radarsystemen is beperkt door internationale veiligheidsnormen en door beschermingsmaatregelen. Deze zijn gebaseerd op de huidige wetenschappelijke inzichten. Samengevat:

- RF-velden brengen moleculen in weefsels in trilling en genereren daarmee warmte. Warmte-effecten zijn te verwachten bij een verblijf direct in de bundel van sommige radarantennes, maar zijn uitgesloten bij RF-veldsterktes die buiten omheinde terreinen om radarsystemen aanwezig zijn.
- De RF-veldsterkte moet boven een drempelniveau uitkomen om enige gezondheidsschade te veroorzaken. Het geaccepteerde drempelniveau is de blootstelling die de weefseltemperatuur met tenminste 1 °C doet stijgen. De zeer lage veldsterktes in de omgeving van radarsystemen kunnen geen noemenswaardige temperatuurstijging veroorzaken.
- Er zijn tot op heden geen wetenschappelijke aanwijzingen dat herhaalde blootstelling aan RF-velden onder het drempelniveau leidt tot enige gezondheidsschade. Herhaalde blootstellingen aan lage RF-veldsterktes geven géén accumulatie van weefselschade.
- Er zijn tot nu toe geen serieuze aanwijzingen dat blootstelling aan RF-velden op of beneden de niveaus van de internationaal vastgestelde limietwaarden tot enige gezondheidsschade, inclusief het ontstaan van kanker, kunnen leiden. Nader onderzoek is echter noodzakelijk om bepaalde hiaten in de kennis te vullen.

Voor meer informatie kunt u de Internet home page van het Project raadplegen: <http://www.who.int/emf/>, of het Office of Public Information van de WHO, tel.: (+41 22) 791 2584, fax: (+41 22) 791 4858, e-mail: info@who.ch.

Alle WHO persberichten, informatiebladen, speciale onderwerpen en andere informatie over dit onderwerp kunt u vinden op de WHO home page op Internet: <http://www.who.int/>.

Dit informatieblad is vertaald door de Afdeling Niet-ioniserende straling (NIS) van de Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne (NVS). Nadere inlichtingen over onderwerpen op het gebied van niet-ioniserende straling zijn in Nederland te verkrijgen bij Dr Eric van Rongen, secretaris van de NVS-NIS, tel.: (+31 70) 340 5730, fax: (+31 70) 340 7523, e-mail: e.van.rongen@gr.nl.