

Inleiding

In onze samenleving maken we op grote schaal gebruik van techniek: we verlichten en verwarmen onze woningen met elektriciteit en zijn in huis steeds meer apparaten gaan gebruiken die op elektriciteit werken.

Daarnaast zijn we in deze 21e eeuw in de ban geraakt van draadloze overdracht van informatie en energie. We kunnen ons een leven zonder laptop of mobieltje nauwelijks meer voorstellen. De al langer bestaande zendmasten van radio en tv zijn uitgebreid met zendmasten voor mobiele telefonie en navigatieapparatuur, terwijl het aantal WiFi-hotspots een gigantische vlucht neemt.

Al deze technische voorzieningen brengen elektromagnetische straling met zich mee. Moeten we ons zorgen maken over deze straling en de invloed ervan op onze gezondheid en ons welbevinden? Het is belangrijk dat we ons bewust zijn van de grote hoeveelheid elektromagnetische straling waaraan we dagelijks blootstaan en kennisnemen van de manieren waarop we daaraan het hoofd kunnen bieden.

In dit Ankertje leer je wat straling is (hoofdstuk 1), wat het met ons doet (hoofdstuk 2), wat de overheid aan straling toelaat (hoofdstuk 3), en wat we kunnen doen om de effecten van straling te beperken: zorgen voor een optimale gezondheid (hoofdstuk 4), het contact met de aarde herstellen (hoofdstuk 5), kiezen voor de juiste voeding (hoofdstuk 6), en bepaalde technische maatregelen nemen (hoofdstuk 7).

1 Wat is straling?

Straling is het verschijnsel waarbij energie en informatie wordt overgedragen zonder dat er een direct contact bestaat tussen zender (de stralingsbron) en ontvanger (bijvoorbeeld de mens). Deze energieoverdracht kan plaatsvinden via golven (zoals bij elektromagnetische straling) of via deeltjes (zoals bij radioactiviteit). Overigens is er volgens de kwantumfysica geen wezenlijk verschil tussen deze beide vormen van energieoverdracht: elektromagnetische straling heeft zowel een golf- als een deeltjeskarakter. Licht en materiedeeltjes als elektronen kunnen zich in sommige opzichten als deeltjes en in andere opzichten als golven gedragen. De straling plant zich voort met de snelheid van het licht.

Elektromagnetische straling

Elektromagnetische straling hangt sterk samen met elektriciteit en magnetisme.

Wanneer door elektrische apparaten of elektrische leidingen stroom vloeit, brengt deze in de directe omgeving een elektrisch en een magnetisch veld teweeg. De sterkte van die velden is evenredig met de stroomsterkte. Een elektrisch veld is ook aanwezig wanneer een apparaat uit staat en er dus geen stroom doorheen vloeit, maar er wel spanning op het apparaat staat.

Golflengte en frequentie

Elektromagnetische golven worden gekenmerkt door golflengte en frequentie. De golflengte is, zoals de naam al zegt, de lengte van één golf (één enkele trilling) uitgedrukt in meter

(m). De frequentie is het aantal golven (trillingen) per seconde, uitgedrukt in hertz (Hz). Deze beide factoren hangen met elkaar samen: lage frequenties worden gekenmerkt door lange golflengten, hoge frequenties hebben korte golflengten. Deze samenhang kan als volgt worden uitgedrukt: golflengte x frequentie = lichtsnelheid.

OEFENING

- Neem een springtouw en bevestig één uiteinde aan een vast punt of laat het door een partner vasthouden. Kijk vervolgens of je een, twee of meer golven kunt maken, en vergelijk de moeite die dat je kost. Je verplaatst energie van het begin van het touw naar het uiteinde. Kijk ook naar de snelheid waarmee de golven zich verplaatsen.

Volgens kwantumfysici bestaat alle materie uit golven, opgewekt door trillingen, en is materie een vertraagde – of verdichte – vorm van energie. Dat komt erop neer dat de bouwstenen van onze wereld onstoffelijk zijn.

Wanneer alles – ook ons lichaam – tot in het kleinste detail uit trillingen bestaat, is het gemakkelijk te begrijpen dat door trillingen zowel schade kan ontstaan als reparaties kunnen worden uitgevoerd.

– Dietmar Heimes

Interferentie

Wanneer verschillende golven elkaar treffen, zullen ze elkaar beïnvloeden: ze kunnen elkaar versterken of verzwakken. Dit verschijnsel wordt interferentie genoemd.

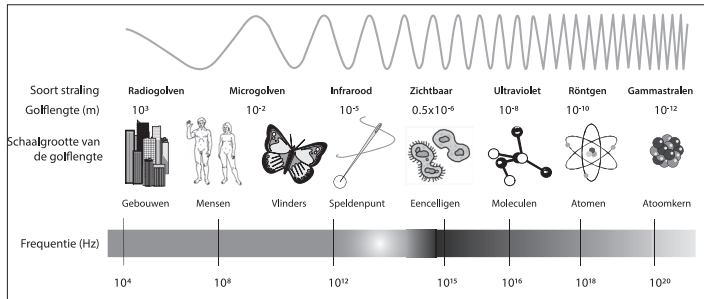
Wanneer de golven gelijklopen (in fase zijn), spreken we van constructieve interferentie. Daarbij wordt de intensiteit ver-

sterkt en de frequentie niet verstoord. Wanneer de golven precies tegengesteld zijn (uit fase zijn), spreken we van destructieve interferentie. Daarbij heffen de golven elkaar op. Wanneer kunstmatige elektromagnetische straling interfereert met de natuurlijke frequenties in ons lichaam, kan dat tot gezondheidsproblemen leiden doordat de van buiten komende frequenties specifieke eigen trillingen van ons lichaam verstoren.

Het elektromagnetisch spectrum

In het dagelijks leven worden we blootgesteld aan uiteenlopende frequenties, bijvoorbeeld wanneer we naar muziek luisteren, tv kijken of telefoneren. Ook de rotatie van de aarde, de seizoenswisselingen, het dag-en-nachtritme, onze hartslag en zelfs ons denken gebeuren met bepaalde frequenties.

De verschillende frequenties van elektromagnetische straling kunnen worden weergegeven in het elektromagnetisch spectrum.



Afbeelding 1. Het elektromagnetisch spectrum.

Nano	10^{-9}	Giga	10^9
Micro	10^{-6}	Tera	10^{12}
Milli	10^{-3}	Peta	10^{15}
Kilo	10^3	Exa	10^{18}
Mega	10^6	Zetta	10^{21}

Tabel 1. Betekenis van de voorvoegsels bij verschillende eenheden.

Laagfrequente en hoogfrequente straling

Elektromagnetische straling kan op grond van het frequentiebereik globaal worden onderscheiden in laagfrequente (LF) en hoogfrequente (HF) straling.

Het laagfrequente gebied omvat frequenties van 0 tot 300 kHz. De elektrische en magnetische velden staan hierbij los van elkaar. Door de elektrische installatie in woningen en andere gebouwen ontstaan velden met een frequentie van 50 Hz.

Het hoogfrequente gebied omvat frequenties van 300 kHz (golflengte 1 km) tot 300 GHz (golflengte 0,001 m). De elektrische en magnetische velden zijn hierbij met elkaar verbonden; ze worden daarom elektromagnetische velden (afgekort EMV) genoemd. De eigenschappen van deze straling zijn geheel anders dan die van de lage frequenties omdat ze bij de bron loslaten, dat wil zeggen zich zelfstandig voortplanten. Deze EMV-eigenschap wordt technisch benut bij de radio- en televisiekanalen, mobiele telefoons, magnetrons, radarinstallaties en satellieten.

Aanduiding	Frequentiegebied	Golflengte
ULF	0 – 30 Hz	> 10.000 km
ELF	30 – 3 kHz	> 100 km
VLF	3 – 30 kHz	100 – 10 km
LF	30 – 300 kHz	10 – 1 km

Aanduiding	Frequentiegebied	Golflengte
MF	300 kHz – 3 MHz	1 km – 100 m
HF	3 – 30 MHz	100 – 10 m
VHF	30 – 300 MHz	10 – 1 m
UHF	300 MHz – 3 GHz	1 m – 10 cm
SHF	3 – 30 GHz	10 – 1 cm
EHF	30 – 300 GHz	1 cm – 1 mm
submillimeter	300 GHz – 3 THz	1 mm – 100 μ m
infrarood	3 – 430 THz	100 μ m – 700 nm
zichtbaar licht	430 – 750 THz	700 – 400 nm
ultraviolet	750 THz – 30 PHz	400 – 10 nm
röntgenstralen	30 PHz – 3 EHz	10 nm – 100 pm
gammastralen	> 3 EHz	< 100 pm

Tabel 2. Overzicht van verschillende soorten straling

Hogere frequenties zijn energierijker en dringen daardoor dieper in biologische weefsels door. De indringdiepte van de straling hangt af van de frequentie en de weerstand van het weefsel. Bij HF-straling kan deze tot vijftien centimeter diepte reiken. Een belangrijke uitwerking van de opgenomen straling is de warmtewerking, zoals we die kennen van de magnetron en mobieltjes. Wetenschappers erkennen dat mobiel telefoneren op-warmeffecten teweegbrengt; over de eventuele schadelijke biologische effecten zijn onderzoekers het niet eens. Het langetermijneffect is eveneens onbekend.

In het hoogfrequente gebied kan zowel bij natuurlijke als bij kunstmatige elektromagnetische velden onderscheid worden gemaakt tussen ioniserende en niet-ioniserende straling en tussen pulserende en niet-pulserende straling.

Ioniserende en niet-ioniserende straling

Ioniserende straling is hoogenergetische straling met een frequentie hoger dan 3 petahertz (PHz), die in staat is uit de buitenste schil van atomen elektronen los te slaan, waardoor vrije (negatieve) elektronen en positief geladen ionen ontstaan (1 petahertz = 10^{15} hertz). Voorbeelden van deze straling zijn röntgenstraling, gammastraling en kosmische straling.

Bij frequenties hoger dan de frequentie van ultraviolet licht is alle straling ioniserend en dus in principe schadelijk voor organismen. Hoge frequenties (korte en vooral ultrakorte golven) zijn gevaarlijker voor mensen dan lage frequenties, doordat ze verhoudingsgewijs energierijker zijn (ze bevatten meer energie per foton) en daardoor verder door kunnen dringen in cellen en weefsels en chemische bindingen veranderen. Zo kunnen ioniserende stralen blijvende schade aan het DNA veroorzaken, en dat geldt voor warmtestralen (infraroodstraling) bijvoorbeeld niet. Niet-ioniserende straling is laagenergetische straling met een frequentie lager dan 3 PHz die niet in staat is ionen te doen ontstaan. Voorbeelden van deze straling zijn radiostraling, microgolven, infrarood licht, zichtbaar licht en ultraviolet licht.

Pulserende en niet-pulserende straling

Pulserende straling ontstaat als de uitgezonden golven gedurende zeer korte perioden worden onderbroken. Bij mobieltjes is dit bijvoorbeeld 217 keer per seconde het geval en bij de digitale snoerloze telefoon 100 maal per seconde. Het technische voordeel van het gebruik van pulsen is dat dan meerdere communicaties tegelijk via één lijn kunnen plaatsvinden. Pulserende straling geldt als bijzonder problematisch voor onze gezondheid, omdat ze het functioneren van de hersenen beïnvloedt (Teule). Niet-pulserende straling – zowel de natuurlijke als de kunst-

matige – wordt gelijkmatig door de bron uitgezonden, en is door het menselijk organisme beter te verdragen.

Elektriciteit in ons lichaam

Levende organismen lijken elektromagnetische velden als stressfactoren waar te nemen. Ze kunnen zich daaraan gemakkelijker aanpassen als de kenmerken ervan constant zijn. Ze hebben echter geen afweermechanismen tegen grote variaties van natuurlijke en kunstmatige elektromagnetische velden (Panagopoulos).

De besturingssystemen in ons lichaam zijn uiterst gevoelige elektrochemische systemen en reageren op kleine veranderingen in de elektrische en magneetvelden. Alle biochemische uitwisselingen in ons lichaam worden aangestuurd door elektriciteit. De ionenpomp in onze cellen wordt bijvoorbeeld gestuurd door een elektrisch signaal van 400 hertz en onze hersenen genereren extreem lage frequenties, globaal tussen 0,5 en 13 Hz. Alle receptoren in ons lichaam geven hun informatie als elektrische impulsen door aan de hersenen. Alles wat we denken, voelen, zien, horen, ruiken en proeven komt in het complexe elektrochemische systeem terecht.

Bepaalde elektrische spanningen in ons lichaam kunnen worden gemeten. Bij een gezonde jongere blijkt de spanning van de cellen 72 millivolt te bedragen. De elektrische spanningen in de zenuwbanen zijn veel geringer; ze bedragen rond de 250 microvolt, terwijl de intensiteit van de hersengolven varieert van 2 tot 200 microvolt.

De technische spanningen uit de buitenwereld zijn bijzonder groot in vergelijking met die in ons lichaam. Het is dan ook niet verbazingwekkend dat veel hogere spanningen, afkomstig van elektromagnetische straling, een versturende invloed hebben op het zenuwstelsel.

Natuurlijke en kunstmatige elektromagnetische straling

Tot de natuurlijke elektromagnetische straling behoort die van het aardmagnetisch veld en van de zon ('zonnwind') en andere sterren, alsmede de kosmische achtergrondstraling in de vorm van warmtestraling die sinds de oerknal in het heelal aanwezig is. Kunstmatige elektromagnetische straling is afkomstig van menselijke activiteit. Wat betreft eigenschappen en effecten zijn natuurlijke en kunstmatige stralingsbronnen gelijk. De sterkte van de elektromagnetische velden van deze bronnen kan echter aanzienlijk verschillen.

Ons lichaam is uiterst gevoelig voor elektromagnetische velden, van extreem laagfrequente tot hoogfrequente velden. Maar er moet duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen natuurlijke en kunstmatige of technische stralingsvelden. De elektrische spanningen bij deze beide soorten straling lopen sterk uiteen, en het ligt voor de hand dat de hogere spanningen van de kunstmatige bronnen een sterker effect hebben op ons eigen elektromagnetisch veld en dus op ons lichamelijk functioneren dan de veel geringere spanningen van natuurlijke stralingsbronnen. Bovendien bevat kunstmatige straling vooral veel hoogfrequente elektromagnetische velden.

De voornaamste kunstmatige stralingsbronnen zijn elektrische apparaten en elektriciteitsleidingen, de magnetron, hoogspanningslijnen, zendantennes van radio, tv en gsm et cetera.

Draadloze netwerken

Onder de kunstmatige stralingsbronnen nemen de draadloze netwerken voor mobiele telefonie en dataoverdracht met hun vele zendantennes een belangrijke plaats in.

Het blijkt dat bij elke volgende generatie zendantennes hogere frequenties in het HF-gebied worden gebruikt:

2G –GSM-systeem: frequenties 900 en 1800 MHz.

3G –UMTS-systeem: frequenties 1900 en 2100 MHz.

4G –LTE-systeem: frequenties 2500 en 2600 MHz.

De techniek voor het draadloos voeren van gesprekken en het verzenden en ontvangen van berichten en data evolueert voortdurend, om steeds meer mensen sneller van data te kunnen voorzien. Bij 4G LTE is dat 15 tot 100 keer sneller dan bij het 3G-netwerk. Hogere frequenties en slimmere software, tezamen met nieuwe zendtechnieken maken dat er steeds grotere hoeveelheden gegevens per tijdseenheid kunnen worden verstuurd (zoals bij films kijken op je mobieltje). Daarmee neemt de stralingsbelasting enorm toe.

Ten behoeve van de genoemde netwerken wordt het aantal zendmasten voortdurend uitgebreid. Er wordt zodoende een ononderbroken deken van elektromagnetische straling over heel Nederland gelegd.

Het 4G-netwerk werkt onder andere met 2600 MHz en heeft een tienmaal hoger vermogen dan het 3G-netwerk. Netwerken en apparatuur die met HF-straling werken zijn: umts, wifi, 3G, 4G en 5G, samen met laptops, smartphones, tablets, huishoudelijke apparatuur als magnetrons, cv-ketels met een 'remote service module' (gsm-aansluiting); radar van vliegvelden, schepen en militaire installaties.

Fabrikanten werken eraan om gezamenlijk draadloze verbindingen te leggen tussen alle elektrische huishoudelijke en gsm-apparaten, waardoor we bijvoorbeeld op reis via het beeldscherm van onze smartphone in ons huis kunnen kijken. Men wil hiervoor de frequentie 2,4 GHz gebruiken, dit is de magnetronfrequentie.

Radioactieve straling

Naast de elektromagnetische straling bestaat er straling van niet-elektromagnetische aard, de deeltjesstraling. Deze is afkomstig van radioactief verval: alfastraling bestaat uit heliumkernen, bètastraling uit elektronen. Ook de neutronenstraling die bij kernsplijting en kernfusie ontstaat behoort tot de deeltjesstraling. Al deze deeltjes planten zich met een geringere snelheid dan die van het licht voort. Natuurlijke radioactieve straling is ioniserende straling die wordt uitgezonden door bepaalde gesteenten (waarbij o.a. het gasvormige element radon vrijkomt) in de aardkorst, en komt zodoende ook voor in de atmosfeer, in rivieren, in ons voedsel, in levende organismen en dus ook in ons lichaam.

In steden is de radioactiviteit die door de bodem wordt uitgestraald meestal hoger dan op het platteland. In oude, slecht geventileerde ruimten kan de door radioactiviteit gevormde radon uit de bodem en uit bouwmaterialen als beton, baksteen en natuursteen hoog zijn. Radon veroorzaakt in Nederland enkele honderden gevallen van longkanker per jaar.

Kunstmatige radioactieve straling vindt onder andere toepassing bij de bestrijding van kanker. Er treedt daarbij cumulatie van de effecten op en de gevolgen zijn vaak pas na tientallen jaren zichtbaar. Dit geldt uiteraard niet alleen voor de radioactieve straling bij medische toepassingen, maar ook voor radioactieve straling die vrijkomt bij ongevallen in of zelfs rampen met kerncentrales.

Kosmische straling

Tot de natuurlijke (niet-radioactieve) straling behoort ook de kosmische straling, die bestaat uit hoogenergetische ioniserende deeltjes afkomstig van processen op de zon ('zonnewind') en andere sterren, en de zogenoemde kosmische achtergrondstraling in de vorm van warmtestraling die sinds de oerknal in het heelal aanwezig is.