

Fabel 1

Onderzoeken hebben uitgewezen dat mensen, die zeggen gevoelig te zijn voor RF straling, in het algemeen niet in staat zijn aan te geven wanneer zij wel of niet aan deze straling blootgesteld zijn. Dat is een indicatie dat stralingsgevoeligheid van personen niet bestaat.

Indien het kunnen waarnemen van blootstelling aan straling een indicatie zou zijn voor het bestaan van gevoeligheid voor deze straling, dan zouden we ons bijvoorbeeld rustig urenlang kunnen blootstellen aan röntgenstraling. Er is namelijk, naar ons beste weten, geen enkele persoon die ooit beweerd heeft röntgenstraling te kunnen waarnemen (*natuurlijk wel met meetapparatuur, maar dat bedoelen we hier niet*). Zelfs kankerpatiënten die bestraald worden met een hoge dosis hoogenergetische röntgenstraling merken daar tijdens de bestraling niets van. Na enkele uren komt er dan veelal wel een zware terugslag. Ook voor radioactieve straling van een kernreactor hoeven we dan niet bang te zijn, die is evenmin direct voelbaar. Om het gebied wat uit te breiden, een dagelijkse bescheiden portie arsenicum in ons voedsel zou evenmin schadelijk zijn, want daar proeven we niets van. En zo kunnen we nog wel even doorgaan. Kortom, het al dan niet direct of snel kunnen waarnemen van enige vorm van belasting, zegt niets over de werkelijke mogelijke schadelijkheid. Het al dan niet direct kunnen waarnemen van RF straling zegt dus evenmin iets over de mogelijke schadelijkheid.

Om dit nog verder te verduidelijken, het is algemeen bekend dat ons lichaam veelal vertraagd reageert op externe belasting, zoals bijvoorbeeld diverse vormen van stress. Een burn-out kan na jaren van overbelasting ontstaan, maar daarna kan men dan weinig hebben. Spierpijn krijgt men meestal één à twee dagen na lichamelijke inspanning. Allergische reacties kunnen sneller optreden, maar ook daarbij kan er een vertraging van meerdere uren of dagen zijn. Wat wij van elektrogevoeligheid van personen uit de vele ervaringsverhalen weten is dat deze gevoeligheid veelal pas na langdurige stralingsbelasting ontstaat. Indien men eenmaal elektrogevoelig is dan kan een belasting van één of enkele uren - natuurlijk afhankelijk van de intensiteit - reeds klachten opleveren, maar meestal treden die ook in dit geval met vertraging op. Er zijn enkele personen die een voldoende sterke stralingsbelasting direct kunnen waarnemen, maar dat zijn uitzonderingen. En als er geen enkele persoon zou zijn die dat kan, dan zegt dat nog niets over de schadelijkheid, zoals we met onze voorbeelden – röntgen- en radioactieve straling – duidelijk gemaakt hebben.

Nu kan bovenstaande, voor iemand die niet in dit gebied thuis is, als volstrekt triviaal overkomen. Wij zijn het daar volledig mee eens. De reden om deze argumentatie op papier te zetten is dat het Kennisplatform Elektromagnetische Velden en Gezondheid (EMV&G) er in haar Kennisbericht 2012-001, van 19 april, maar liefst drie pagina's wijdt aan dit onderwerp; dus aan het wel of niet kunnen waarnemen van RF straling, ofwel, meer algemeen, van elektromagnetische velden. Wel is het van belang of er effecten meetbaar zijn bij iets langere blootstelling aan deze straling. Daar komen we in fabel 4 op terug.

Fabel 2

RF straling van zendmasten, mobieltjes, DECT huistelefoons, WiFi, Bluetooth, draadloze babyfoons e.d. kan niet schadelijk zijn voor de gezondheid omdat de energie van de RF fotonen¹ veel te klein is om schade te veroorzaken en omdat absorptie van deze straling bij de huidige emissie-intensiteiten van deze bronnen een verwaarloosbare temperatuurverhoging geeft.

Indien wij blootgesteld staan aan niet-ioniserende straling - zoals RF straling van een mobieltje, DECT telefoon, WiFi of zendmast - dan dringt deze straling in ons lichaam door en wordt daarin voor een groot deel geabsorbeerd. Om te beargumenteren dat dit geen schade in ons lichaam zou kunnen veroorzaken, wordt vaak een vergelijking gemaakt tussen de energieën van de RF fotonen en van röntgen- en UV fotonen. Röntgenfotonen zijn energetisch genoeg om op moleculaire schaal in ons lichaam schade te veroorzaken en UV fotonen kunnen verbranding van onze huid veroorzaken. De energie van RF fotonen is ongeveer zes ordes van grootte (een factor 10^6) lager dan die van UV fotonen. Om deze reden is het inderdaad plausibel dat RF fotonen individueel op geen enkele wijze schadelijk kunnen zijn.

Er zijn echter belangrijke verschillen tussen absorptie van straling uit enerzijds het Röntgen- en UV gebied en anderzijds het RF gebied. Röntgen- en UV fotonen worden in ons lichaam als enkele fotonen geabsorbeerd. Tussen deze fotonen is er geen onderlinge correlatie. In het RF gebied hebben we te maken met elektromagnetische (EM) velden, cq. stralingsvelden, uitgezonden door antennes. De aantallen RF fotonen in zo'n veld zijn zo extreem groot dat we te maken hebben met een klassiek EM veld. Bij absorptie van RF straling daaruit hebben we niet te maken met absorptie van individuele fotonen, maar met simultane absorptie van zeer grote aantallen RF fotonen. De energie van de individuele RF fotonen is dan niet van belang.

Voorts is er een langdurige interactie tussen het RF stralingsveld en ons lichaam. Mede dank zij de vaste frequenties in dat veld zijn dan resonante interacties, zoals resonante absorptie van straling, mogelijk. Van belang daarbij zijn de vaste draaggolf-frequentie in het GHz gebied en (i.h.b.) de daarop gesuperponeerde lage frequenties, zoals 217 Hz (GSM), 100 Hz (DECT) en 10 Hz (WiFi). Resonante interacties kunnen de drempelenergie waarbij biologische effecten optreden met ordes van grootte verlagen.²

Om het begrip resonante absorptie, en de daardoor veroorzaakte verlaging van de drempelenergie, te verduidelijken maken we een vergelijking met het plaatsen van een gewicht op een brug. De brug kan instorten indien deze te zwaar belast wordt. De fotonenergie is te vergelijken met het gewicht. Absorptie van een röntgenfoton komt dan overeen met het plaatsen van een wolkenkrabber op de brug, die natuurlijk instort. Absorptie van een minder energetisch UV foton komt overeen met het plaatsen van een gebouw van vier verdiepingen op de brug, die wederom instort. De brug kan wel het gewicht

¹ Fotonen zijn de elementaire deeltjes (lichtdeeltjes) waaruit elektromagnetische straling is samengesteld. Fotonen bewegen zich met de lichtsnelheid c voort als elektromagnetische golven met elektrische en magnetische veldvectoren loodrecht op de bewegingsrichting. De relatie tussen de golflengte λ van de fotonen en de frequentie ν van het elektromagnetisch veld wordt gegeven door $\lambda \nu = c$, waar c de lichtsnelheid is. Invullen van $c = 300.000 \text{ km/s}$ levert voor $\nu = 2 \text{ GHz}$ (RF fotonen) een golflengte op van 15 cm.

² Met drempelwaarde bedoelen we de laagste energie waarbij schadelijke biologische effecten op kunnen treden.

van een gebouw van twee verdiepingen dragen, wat in deze vergelijking overeenkomt met een foton uit het zichtbare gebied wat geen schade veroorzaakt. Eén RF foton komt dan overeen met het gewicht van een enkele persoon, bijv. een soldaat. Door dat gewicht kan de brug natuurlijk nooit instorten. Maar, zoals vermeld, we hebben niet te maken met één RF foton, maar met een stralingsveld veroorzaakt door extreem grote aantallen RF fotonen. Dus in plaats van een enkele soldaat hebben we te maken met een hele colonne. Maar nog steeds is het gewicht van de colonne niet voldoende om de brug te laten instorten. De colonne loopt echter niet willekeurig uit de pas over de brug, maar met een vaste pasfrequentie. In dat geval kan een trilling (resonantie) ontstaan waarbij de uitwijking (amplitude) steeds groter wordt. De brug kan dan instorten, ondanks het feit dat de brug het gewicht van de colonne makkelijk kan dragen. De pasfrequentie is daarbij belangrijker dan het totale gewicht van de colonne. Evenzo is (zijn) bij resonante absorptie van RF straling de frequentie(s) van het stralingsveld van meer belang dan de energie.

In het Röntgen- en UV gebied hebben we dus te maken met absorptie van individuele fotonen, terwijl we in het RF gebied te maken hebben met simultane absorptie van zeer grote aantallen fotonen, waarbij tevens resonante absorptie mogelijk is. Bij resonante absorptie kan de drempelwaarde voor biologische effecten met ordes van grootte verlaagd worden en zijn de frequenties van het veld van meer belang dan de energie.

Voor de volledigheid dient opgemerkt te worden dat resonante absorptie van energie uit het RF stralingsveld zeker niet het enig mogelijke biologische schade veroorzakende proces is. Andere mogelijke processen komen in de bespreking van de andere fabels aan de orde. Eén noemen we hier echter, namelijk de mogelijkheid van interferentie. Interferentie en resonantie zijn in de natuurkunde en in andere vakgebieden bekende en nauw verwante begrippen. In dit geval bedoelen we dat reeds in ons lichaam lopende processen die door elektrische stroompjes bestuurd worden door interferentie met het RF stralingsveld verstoord kunnen raken. Ook daarbij zijn de in het RF veld aanwezige frequenties van primair belang

Om de begrippen resonantie en interferentie te verduidelijken geven we nog enkele voorbeelden. De snaren van muziekinstrumenten hebben eigen resonantiefrequenties evenals de pijpen van blaasinstrumenten. Slingers en schommels kunnen met kleine op het juiste moment, dus met de juiste (resonante) frequentie, gegeven tikken een grote uitwijking (amplitude) krijgen. Interferentie treedt bijvoorbeeld op als we gelijktijdig twee stenen op enige afstand van elkaar in een vijver gooien. Waar de ontstane golven elkaar ontmoeten treedt versterking op en worden de golven extra hoog. Grootschalig gebeurt dat soms op zee waar door interferentie gevaarlijke extreem hoge golven kunnen ontstaan. In ons geval denken we aan interferentie tussen in ons lichaam lopende, door elektrische stroompjes bestuurde, processen en het RF stralingsveld.

Fabel 3

Absorptie van RF straling in ons lichaam kan alleen maar een biologisch effect hebben indien de geabsorbeerde energie groter is dan de altijd aanwezige thermische ruis (kT), die thermische trillingen van de moleculen in ons lichaam veroorzaakt.

Gassen, vloeistoffen en vaste stoffen kunnen gekarakteriseerd worden door een temperatuur T . Bij die temperatuur is er een thermische beweging van de atomen en moleculen met een bewegingsenergie³ van de orde kT , waarbij T de absolute temperatuur is in graden kelvin (K) en k de constante van Boltzmann. Om een merkbare verandering in zo'n niet-biologisch evenwichtssysteem aan te brengen moet de lokale energieabsorptie groter zijn dan kT . Extrapolatie van dit argument naar levende biologische systemen is echter volstrekt onjuist, zoals we hieronder zullen uitleggen. De kernvraag daarbij is hoe een energieabsorptie ver beneden kT biologisch schadelijk zou kunnen zijn, terwijl de bindingsenergieën van de moleculen in ons lichaam een factor 100 of meer boven kT liggen.

Het meest simpele in het boek van Binhi⁴ gegeven antwoord op deze vraag is dat het kT argument afkomstig is uit de statistische natuurkunde en alleen geldt voor systemen die niet te ver uit statistisch (thermisch of thermodynamisch) evenwicht zijn. Biologische systemen zijn in het geheel niet in thermisch evenwicht. Continu vinden er processen plaats die niet met één temperatuur te karakteriseren zijn, zoals enzymreacties, DNA schade en reparatie, celdood en celdeling. Bij deze processen worden moleculaire bindingen verbroken en nieuwe gevormd. De voor deze processen benodigde energie is reeds in ons lichaam aanwezig en wordt continu aangevoerd in de vorm van zuurstof en voedingsstoffen. Het goede verloop van deze processen, en dus van ons welzijn, hangt sterk af van onze lichaamstemperatuur. Hier gaan we iets nader op in.

De snelheid waarmee chemische reacties verlopen wordt in belangrijke mate bepaald door de absolute temperatuur T . Ook voor reacties in ons lichaam zal de absolute temperatuur maatgevend zijn. Onze normale lichaamstemperatuur is gelijk aan $273 + 37 = 310$ K. Een geringe temperatuurverhoging, van slechts $4\text{ }^{\circ}\text{C} = 4$ K, is al bijna dodelijk. Deze 4 K bedraagt slechts 1,3 % van onze lichaamstemperatuur. De Gezondheidsraad heeft erkend dat er bij een langdurige verhoging van de lichaamstemperatuur van $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ reeds schadelijke biologische effecten optreden. Deze verhoging bedraagt slechts een fractie van $1/310$ ofwel 0,3% van onze lichaamstemperatuur (in K). Dat betekent dat, om deze reden, een lokale energieabsorptie van circa $kT/300$, i.p.v. kT , reeds schadelijk zou kunnen zijn. Maar ook dit argument heeft slechts een beperkte waarde, omdat het, zoals we in Fabel 2 hebben uitgelegd, niet gaat om de energie van de geabsorbeerde straling, maar om de in deze straling aanwezige frequenties die, resonant en interfererend, lopende processen in ons lichaam kunnen verstoren. In ieder geval hopen we met bovenstaande wel plausibel gemaakt te hebben dat het kT argument geen enkel basis heeft.

³ In een thermodynamisch systeem (in evenwicht) bij de absolute temperatuur T is de thermische energie gemiddeld gelijk aan $\frac{1}{2}kT$ per vrijheidsgraad (bewegingsrichting). De gemiddelde thermische energie van een deeltje wat in drie richtingen beweegt is $\frac{3}{2}kT$. Bij moleculen zijn er tevens met vibraties en rotaties samenhangende interne vrijheidsgraden, elk met een energie $\frac{1}{2}kT$. Ter wille van de eenvoud spreken we hierboven alleen over een bewegingsenergie van de orde kT .

⁴ 'Magnetobiology' van Vladimir Binhi van het General Physics Institute van de Russian Academy of Sciences in Moskou. Het voorwoord van 'Magnetobiology' is geschreven door A.M. Prokhorov, Nobelprijswinnaar natuurkunde.

L. V., 09 – 01 – 2013