

6. EMV BINNENSHUIS EN ONDERWEG

6.1. Groeiende inzichten: Waar zit het gevaar?

Hoewel het probleem van EHS al jaren bekend is en beschreven is welke apparatuur als storend wordt ervaren, is er nog weinig bekend over de precieze plek waar die storing vandaan komt, of over de fysische aard van de storende signalen. Dit hoofdstuk richt zich juist op die onbekendheden. Uitgelegd wordt aan welke criteria velden voldoen wanneer ze storend zijn en waarom bepaalde apparaten juist wel en andere juist niet vaak als storend worden gerapporteerd.

Diverse omstandigheden hebben er voor gezorgd dat we nu een stap verder kunnen komen:

- de beschikbaarheid van gevoelige en betaalbare apparatuur voor het meten en analyseren van veel voorkomende typen van EMV;
- de toenemende bewustwording van burgers ten aanzien van niet alleen velden van zenders, maar ook van velden in huis en leefomgeving; tevens de bereidheid mee te denken over verstandige manieren om met velden om te gaan;
- het inzicht dat storende velden niet alleen rechtstreeks van apparatuur afkomstig zijn, maar ook uitgestraald kunnen worden door aansluitsnoeren en door het elektriciteitsnet;
- het inzicht dat verstorende veldsignalen zich als 'vuile' stroom of als vuile spanning in het net presenteren en daardoor alom aanwezig zijn;

In dit hoofdstuk zullen verschillende categorieën van apparaten de revue passeren, met uitleg over het type storing dat daar van uit gaat. Voor een goed begrip van deze materie is enige kennis van elektriciteit en magnetisme wel handig om ook zelfstandig na te kunnen gaan wat in de leefomgeving kan worden verbeterd om de veld dichtheden op het gewenste lage niveau te brengen.

Wie lijdt aan EHS doet er goed aan allereerst te gaan kijken welke bronnen van EMV er in eigen huis te vinden zijn en die vervolgens aan te pakken. De bronnen die we in bijna alle huizen aantreffen zullen we hier de revue laten passeren. Het zijn bijna nooit de ouderwetse apparaten die nog niet voorzien zijn van chips of schakelende voedingen, bijvoorbeeld waterkokers, gloeilampen, elektrische kacheltjes, strijkijzers en boilers en dergelijke. Deze *lineaire stroomverbruikers* laten de stroom intact en veroorzaken geen netvervuiling. De stroom gaat er even schoon uit als die er in gaat. Dus niet alles waar een stekker aan zit is verdacht. Moderne apparaten en installaties zijn echter bij voorbaat wél verdacht omdat het *niet-lineaire stroomverbruikers* zijn. Dat komt door de bijzondere manier waarop ze met de elektrische stroom omspringen. De stroom in het net wordt 'vervuild' en we spreken daarom over 'vuile stroom', 'vuile spanning' en 'vervuilende' apparaten en installaties. Ze zetten storingen op het net en verzieken de mooie regelmatige sinusvorm van de wisselstroom door er *pulsen* op te injecteren, zodat er een gehavende sinus achterblijft. Dat is ziekmakend en daarover handelt een deel van dit hoofdstuk. Het is het effect van de tegenwoordige *schakelende voedingen* die in heel veel toestellen wordt ingebouwd, als een goedkope manier om spanningen te regelen.

De 'hinderfactor': Het verband tussen blootstelling aan EMV en hinder

Wat bepaalt de mate van hinder? Vanzelfsprekend is de ervaren hinder groter naarmate

6. EMV binnenshuis en onderweg

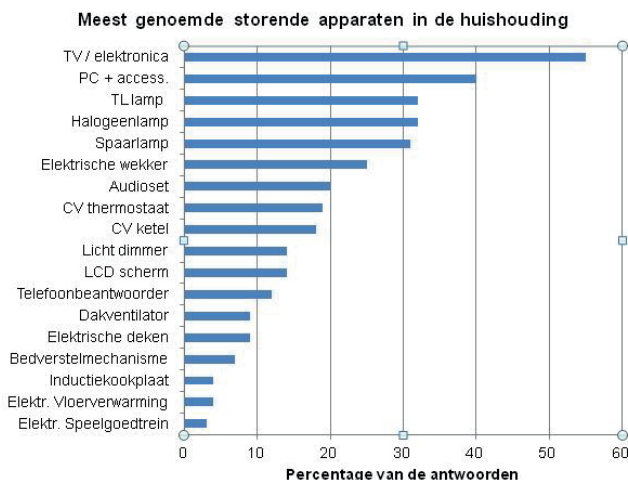
de *veldsterkte* waaraan men bloot staat hoger is en de blootstellingsduur langer. Daarnaast is er de factor *elektrogevoeligheid*: de meeste mensen hebben sowieso nergens last van, terwijl anderen al beroerd worden van zwakke velden die bijna niet te meten zijn. Dan is er nog de factor *hinder*: de fysische eigenschappen van een EMV die maken dat ze sterker 'aankomen' dan een veld met dezelfde gemeten veldsterkte, maar met een regelmatig 'profiel' (als bijvoorbeeld een gave sinusvorm). In formule uitgedrukt is het verband als volgt:

$$\text{Effect} = \text{veldsterkte} \times \text{blootstellingsduur} \times \text{hinderfactor.}$$

We kunnen op zichzelf niet zoveel met deze formule. Maar het helpt enkele verbanden beter te begrijpen. Zo is de ervaring van velen dat blootstelling aan 'schone' EMV vanuit het stroomnet in bijvoorbeeld de meterkast als minder schadelijk wordt ervaren, dan een korte blootstelling aan de velden van een Dect telefoon of WiFi installatie in de kamer. Dat komt enerzijds door de geringe gevoeligheid voor de schone 50 Hz velden uit het net en anderzijds door de zwakke hinderfactor voor die regelmatige wisselspanning en de sterke hinderfactor voor de zwakke gepulste velden van die draadloze toestellen. Maar pas op: in gebieden met veel vervuilende aansluitingen op dezelfde stroomkabel van de stroomleverancier kan de wisselspanning soms sterk vervuild zijn. Ga dus niet nodeloos naast of vlak boven de meterkast slapen; je weet maar nooit of en wanneer er vuile stroom in je huis komt. Alleen met speciale meetapparatuur is dat te checken.

6.2. Storende bronnen van EMV zoals gerapporteerd

Hinder die mensen rapporteerden



Figuur 6-1. Overzicht van de meest genoemde apparaten thuis die via enquêtegegevens verantwoordelijk werden gehouden voor EHS klachten.

Per enquête werd mensen gevraagd welke apparaten, die in een lijst werden genoemd, hen stoorden. In figuur 6-1 is het resultaat weergegeven. De horizontale balken geven aan hoeveel mensen het betreffende apparaat storend vonden, ze geven niet aan hoe storend die apparaten waren. Bijna iedereen heeft tegenwoordig een TV en/of PC en andere elektronica, die categorie is dan ook vaak aangekruist op het formulier; weinigen hebben natuurlijk een speelgoedtrein, die maar drie maal is aangekruist. Dit lijstje bevat zo ongeveer alle niet-lineaire stroomverbruikende apparaten. Het is op basis van

6. EMV binnenshuis en onderweg

dergelijke gegevens dat we volhouden dat de gewone schone wisselstroom, zoals die stroomt door een conventionele strijkbout of straalkachel, nauwelijks schadelijk is voor elektrogevoeligen, wanneer het 'schone' stroom betreft. In het bijzonder zijn het dus niet (alleen) de apparaten zelf die storen, maar ook de stroom aan- en afvoerende kabels of snoeren.

Bundeling van kennis

In dit hoofdstuk maken we gebruik van de vele gegevens die mensen ons verstrekten via vragen op het enquêteformulier. Daarnaast hebben meetspecialisten van de stichting helderheid gebracht in de vraag wat eigenlijk de storende factoren zijn waar mensen aan zijn blootgesteld. Deze gebundelde kennis stelt ons in staat aan te geven voor welke apparatuur men in het bijzonder beducht moet zijn, welke veldtypen gevaarlijk zijn, wat de gevaarlijke component is die deze velden zo ziekmakend maken en wat we er tegen kunnen doen. Let wel, veel van de inzichten die we hebben gekregen zijn nog niet wetenschappelijk onderbouwd. Maar uit vele honderden beredeneerde experimenten met blootstellingen en afschermingen is gebleken dat de inzichten nauw aansluiten bij de praktijkervaringen en de behaalde successen. Verbetering is altijd mogelijk en suggesties van lezers voor verbetering van meet- en evaluatiemethoden zijn meer dan welkom.

6.3. Bronnen van EMV

De vergeten bron: Het lichtnet als zendantenne

De oorzaak van het EMV-lijden in huis is niet goed op te sporen, wanneer we niet ook kijken naar de invloeden van het lichtnet. Alle elektrische apparaten geven velden af (elektrische en/of magnetische wisselvelden), maar het uitzetten daarvan helpt niet altijd. Er blijven restvelden die soms moeilijk zijn op te sporen. Die storende restvelden zijn afkomstig van het lichtnet. De 230V wisselspanning wordt soms sterk gemoduleerd door de vervuulende elektrische pulsen van aangesloten apparatuur. En wanneer er stroom door loopt kan ook de regelmatige wisselstroom op een gepulste manier worden vervuild, wat magnetische vuile velden geeft. Beide vormen van vervuiling kunnen onafhankelijk van elkaar optreden.

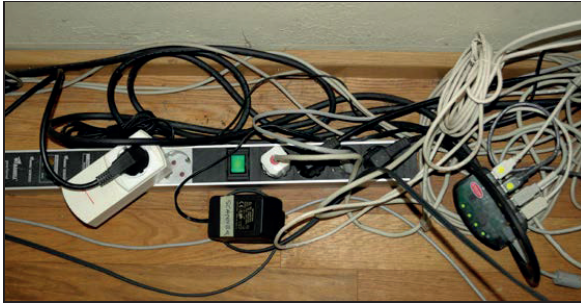
Zoals al is gezegd zijn het de schakelende voedingen die deze vervuiling veroorzaken. Het gevolg is dat de leidingen gaan functioneren als zendantennes voor lage frequenties. En omdat die leidingen in huis gauw vele tientallen meters lang zijn en in alle ruimten komen, zijn ze een belangrijke bron van zorg. De uitgestraalde magnetische wisselvelden zijn relatief zwak en zijn er alleen wanneer er stroom door de leiding loopt. De elektrische velden zijn sterk, zijn altijd aanwezig. Ze komen niet alleen uit leidingen en snoeren, maar worden inductief overgenomen door houten en gipsen wanden en zolderingen waar de leidingen achter lopen. Daar is wel wat tegen te doen, maar je moet het wèl eerst weten.

De afstraling van vuile elektrische en magnetische velden is sterk afhankelijk van de frequentie. De 50 Hz velden zijn relatief onschadelijk. Maar de vervuulende pulsen vooral voor in frequenties van enige tot vele kHz, hebben een extreem korte pulsduur, een grote doordringingskracht in het weefsel en zijn effectief op grote afstand van de bron. Het centraal afschakelen van de groepen in de meterkast lost dat probleem op.

6. EMV binnenshuis en onderweg

Klassieke verlichting

Losse snoeren (snoeren'spaghetti's). Losliggende snoeren, stekkerblokken, verdeelstekkers, adapters enzovoort geven een sterk elektrisch veld af. In het geval van figuur 6-2 is het stekkerblok van een geaard type en is aangesloten met een afgeschermd snoer. Maar de andere stekkers en snoeren van PC randapparatuur liggen kriskras over de grond. Als het ondoenlijk is alle snoeren te voorzien van afscherming, is het zaak afstand te houden van deze rommel.



Figuur 6-2 Snoeren 'spaghetti' nabij aansluitingen van PC randapparatuur. Ook USB kabels maken er deel van uit, wat niet bevorderlijk is voor de bedrijfszekerheid van de PC en datatransmissie.

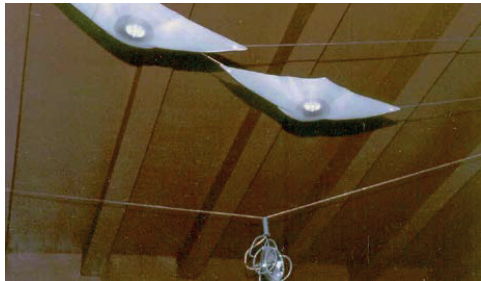
Waar snoeren langs muur- of plafondvlakken lopen, of door muren, ontstaan elektrische wisselvelden. Die zijn sterker dan de velden uit loshangende snoeren, omdat de vlakken als extra grote reflector werken (figuur 6-3). Ook metalen objecten waar snoeren langs of doorheen lopen nemen de spanning capaciteef over en gaan dan als zendantenne fungeren. Dat zien we bij de metalen buizen van staande of hangende lampen of bureaulampen (figuur 6-4 en 6-6). Berucht zijn ook de vrij lopende fase- en retourdraden waaraan dimbare halogeenlampjes zijn opgehangen (figuur 6-5). In oudere huizen kunnen 'weesleidingen' zonder functie nog velden uitstralen.



Figuur 6-3. Stralend muurvlak. De kabels achter het stucwerk veroorzaken voor de muur een sterk elektrisch veld.



Figuur 6-4. Staande schemerlamp met draad in de buis. Zolang het metaal niet is geaard straalt de buis veel sterker dan een los opgehangen draad.



Figuur 6-5. De uiterst schadelijke uitstraling van de gepulste dimmerstoringen doordat de halogeenlampjes vrij zijn opgehangen aan gescheiden aansluitdraden.



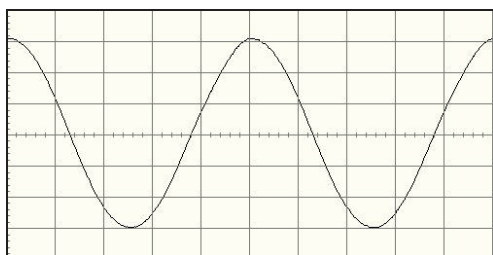
Figuur 6-6. Bureaulamp met draad binnen de metalen buis. Aardin van het metaal voorkomt dat de lampvoet een elektrisch veld uitstraalt.

6. EMV binnenshuis en onderweg

Alle storingen die de dimmer veroorzaakt worden dan via de draden vrijelijk de ruimte ingestraald. Bij een gewoon tweelingsnoer worden de magnetische velden van het heenspoor geneutraliseerd door de velden rond het retourspoor. Maar bij vrijhangende opstellingen met losse aan- en afvoerdrad is er geen enkele demping van signalen.

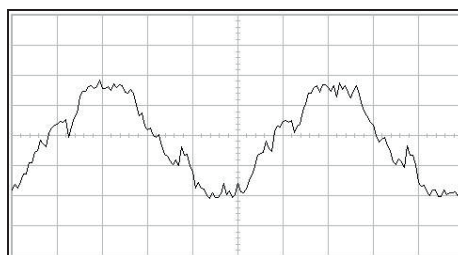
6.4. Wat stoort er eigenlijk?

Het probleem EHS neemt de laatste 10 à 15 jaar wat extremere vormen aan, door de verdringing van conventionele elektronische apparatuur door moderne digitale apparatuur. De lineair functionerende oude apparaten doen dat op een nette manier waarbij de aard van de wisselspanning en stromen in het lichtnet niet of nauwelijks verstoord worden. Figuur 6-7 toont een schoon sinusprofiel van een wisselstroom. De nieuwe apparaten doen dat op een ruwe manier, doordat de voedingen van die apparaten pulsgewijs vermogen uit het net opnemen, meestal honderd keer per seconde. Dat laat de sinus wat 'verkreukeld' achter (figuur 6-8). Ook alle moderne lampen die op 230 V werken maken zich daar schuldig aan.



Figuur 6-7. Schone sinus in de wisselstroom door een gewone gloeilamp.

Tijdas 4 msec.



Figuur 6-8. Vervormde sinus in de stroomdraad van een spaarlamp.

Tijdas 4 msec.

De lineaire stroomverbruikers trekken de meeste stroom uit het net op het punt dat de spanning ongeveer op zijn top zit, positief of negatief. De sterkste vervuilende effecten kan men verwachten bij die apparaten met veel vermogen die veel stroom trekken. Daaronder vallen bijvoorbeeld acculaders, zwaar handgereedschap, stofzuigers, regelbare keukenapparaten en dergelijke.

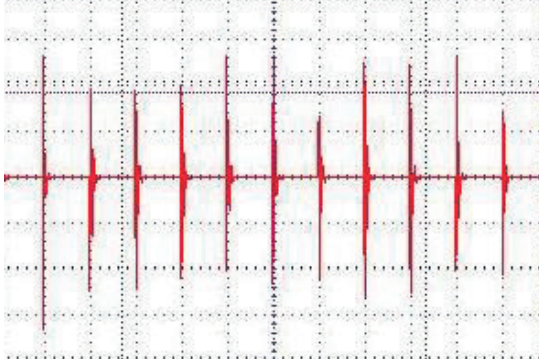
Analyse van vuile stroomcomponenten

De *oscilloscoop* is een krachtig instrument om de kortdurende spanningsveranderingen van laagfrequente velden te onderzoeken en afwijkingen in beeld te krijgen. Omdat de gewone 50 Hz velden altijd sterk overheersen, moeten die voor de analyses eerst door filtering worden verwijderd. Dan pas worden de vervuilende componenten voldoende naar voren gehaald om gemeten en gekarakteriseerd te worden. Sommige meetapparaten hebben voor die filtering ingebouwde voorzieningen. Na deze voorbereiding kan bekeken worden wat de fysische 'fingerprint' van de overblijvende velden is en kan de bron van die velden worden opgespoord. Figuur 6-9 geeft daar een voorbeeld van.

Het blijkt dat er een grote variatie in veldprofielen is. Het meest opvallend zijn de geïsoleerde scherpe en hoge 100 Hz pulsen, zoals die door o.a. 230 V LED lampen worden geproduceerd (figuur 6-9). Variaties op die ordening zijn pulsen die in groepjes verschijnen, of die na intervallen als 'treintjes' passeren, of die als dubbelpulsen

6. EMV binnenshuis en onderweg

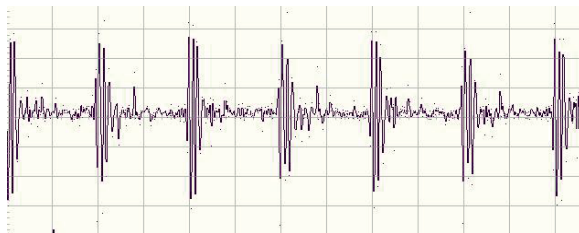
verschijnen. Ook bestaan er groepen van hoogfrequente signalen die in amplitude toenemen en afnemen, ongeveer zoals een streng 'worstjes'. Deze worden o.a. gevonden in stuursignalen voor frequentiegestuurde ventilatoren en dergelijke. Variaties op deze fingerprints zijn talrijk en met enige oefening kan de meetspecialist aangeven van welk type apparaat deze pulsen afkomstig zijn.



Figuur 6-9. Oscilloscoperegistratie die toont hoe LED lampen (230V) omgaan met de stroom. Honderd keer per seconde loopt er een korte stroomstoot door de draad. Stroomstoten zijn van korte duur, hoogstens een fractie van een milliseconde. Verticale as geeft de stroomsterkte in arbitraire eenheden. Horizontale as geeft de verlopen tijd: 10 milliseconde per vakje. Interval van de stroomstootjes is 10 milliseconden (=50 Hz).

Er is nog een andere analysetechniek, de *frequentieanalyse*. Met behulp van een algoritme dat bekend staat als de Fast Fouriertransformatie (FFT) kan een grafische weergave en een overzicht gemaakt worden van de frequenties van velden in een ruimte. In het navolgende worden daarvan enkele toepassingen getoond.

In een wat complexere situatie van een TV aansluiting (figuur 6-10) zien we 100 maal per seconde een samengesteld groepje pulsen, gekoppeld aan het 50 Hz signaal. Bij het uitrekken van een pulsgroep kunnen we de pulsduur bepalen. In dit geval is dat ongeveer 0,2 msec. De pulshoogte varieert met het opgenomen vermogen en kan honderden millivolts bedragen.



Figuur 6-10. Pulsen afgeleid van een TV aansluitsnoer. Normale afleiding van een serie pulsclusters, na uifiltering van de signalen, <2kHz. Tijdas: 5 msec.

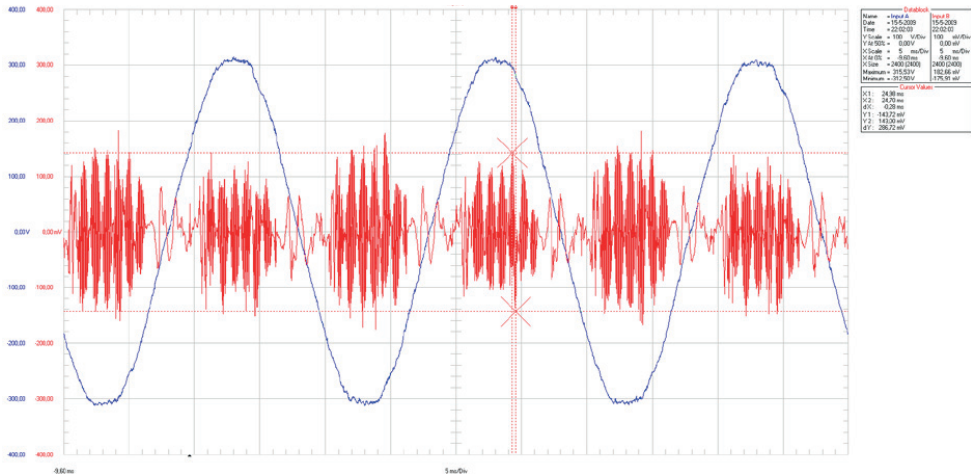


Figuur 6-11. Een 5x uitgerekte pulscluster. Let op de korte duur van de pulsen, nl. ca 0,5 milliseconde (*notatie: msec.*). Tijdas 1 msec.

Hoe complexer het apparaat, des te complexer het pulspatroon. Een PC of laptop, bijvoorbeeld, bevat meerdere onderdelen die stroom gebruiken, zoals de hoofdvoedingsunit, de aandrijving van harde schijven, verlichting van het scherm, ventilatoren en dergelijke. Elk daarvan heeft weer zijn eigen karakteristiek voor stroomopname. Sommige typen produceren zeer sterk ziekmakende velden, andere typen zijn minder schadelijk. Een kwestie van uitzoeken en meten, voor wie een prettig werkende computer wil hebben. Figuur 6-11 toont de velden bij het snoer van een laptop, opgenomen op een dubbelkanaals oscilloscoop. Daarop is het normale 50 Hz

6. EMV binnenshuis en onderweg

signaal van de wisselspanning te zien naast de vuile stroompulsen die door de complexe elektronica worden geproduceerd. Hier is te zien dat de breed samengestelde groepen van pulsen gerelateerd zijn aan het 50 Hz patroon. Zowel bij de positieve als bij de negatieve uitslag vinden we die groepjes, met een herhalingsfrequentie van 100 Hz.



Figuur 6-12. Oscilloscoopregistratie van vuile spanningpulsen, veroorzaakt door de schakelende voedingsunit van een laptop (schakelfrequentie 18 kHz). De grote sinus (in rood) geven het spanningsverloop op het net (schaal 100 V/vakje.). De groepjes van dichtgepakte pulsen (schaal 100 mV/vakje.) zijn zichtbaar gemaakt na wegfilteren van de 50 Hz signalen en corresponderen met het spanningsverloop. Let op de pieken van de sinus die zijn 'afgeknot' als gevolg van het spanningsverlies door de vuile pulsen. De vuile stroomclusters passeren 100 maal/seconde.

(Afbeelding beschikbaar gesteld door M. Honsbeek (www.electrosense.nl)).

Alle LCD, TFT en LED schermen van PC, laptop, tablet en smartphone en zelfs van de routenavigators gebruiken ook stroom. Die wordt hier door een accu geleverd. De velden die door het scherm en door de elektronica van die apparaten wordt uitgestraald zijn weliswaar zwak, maar zijn alle van het hier beschreven type. Niet iedereen kan daarop de duur goed mee overweg en sommigen ontwikkelen EHS klachten.

Het meten van vuile spanning

De mate van vervuiling is op verschillende manieren inzichtelijk te maken. Het gemakkelijkst gaat dat met meters die een maat voor de verstoring geven. De storingen zitten veelal in hogere frequentiegebieden, tussen 4 kHz en 100 kHz. De netvervuiling kan voor wat betreft elektrische componenten worden bepaald met een metertype waarbij een schatting gemaakt wordt van de gezamenlijke frequenties: de *Graham-Stetzer microsurge meter*. De af te lezen eenheden worden in een arbitraire maat weergegeven, de GS eenheid. Aanbevolen wordt de netvervuiling door gerichte maatregelen als het plaatsen van *Stetzerfilters* beneden 50 GS eenheden te houden. Dat kan door het bijplaatsen van Stetzerizer filters (zie hoofdstuk 15).

6.5. Storende elektronische apparaten

Het probleem van de 'schakelende voeding'

Het regelen van vermogen voor verlichting of elektromotoren ging vroeger nogal eenvoudig; met transformatoren. Met de eenvoudige uitvoeringen kon de uitgaande spanning in stappen geregeld worden; de mooiere hadden een traploze

6. EMV binnenshuis en onderweg

instelmogelijkheid. Ze waren echter zwaar en duur en zijn tegenwoordig vervangen door goedkopere en lichtere elektronische schakelingen. Het zijn 'schakelende voedingen'. Ze worden op enorme schaal gebruikt in de elektronica, waaronder computers, energiebesparende verlichting, elektrische dekens, auto-elektronica, kerstboomkaarsjes en vele regelfuncties als bij dimmers. Variabele spanningsregelaars vindt men bij dimmers, toerentalregeling van elektrisch handgereedschap, stofzuigers, dashboardverlichting, aansturing van ventilatoren, treinen en dergelijke. Ze hebben een belangrijk nadeel: ze gebruiken de stroom op een onnette manier en verspreiden sterk vervuilde elektrische en magnetische wisselvelden.

De werking van schakelende voedingen berust op het feit dat ze slechts een deel gebruiken van de spanning zoals die door het net geleverd wordt. De schakeling 'snijdt' als het ware een segment uit de sinusstructuur en voert dat toe aan de stroomverbruiker. Hoe breder en hoger dat segment, hoe meer vermogen er wordt toegeleverd. Dat heeft twee consequenties: (1). verlichting als spaarlampen en LED lampen vertonen een 100 Hz flikkering; dat is voor het oog niet erg, maar gaat gepaard met een 100 Hz elektrisch veld rond die lampen, waar het lichaam wel op reageert. (2). Het elektriciteitsnet wordt vervuild, omdat die 'hapjes' stroom, die de voeding uit de netspanning neemt, niet volledig in het net worden gecompenseerd: er ontstaan spannings- en stroompulsjes in de bedrading. Deze verspreiden hinderlijke elektrische en magnetische wisselvelden langs het hele traject van het snoer en de elektrische leidingen.

Over het algemeen geldt hoe groter het geschakelde vermogen, hoe groter de storing. Een enkele LED lamp zal men nauwelijks opmerken, maar als er twintig tegelijk branden, die allemaal van hetzelfde type zijn, wordt de storing vermenigvuldigd. Hetzelfde geldt voor computers: een enkele PC uitrusting kan een beperkt effect hebben, maar een hele tafel met leerlingen die allemaal werken met eenzelfde type computerterminal, kan wel degelijk erg storen omdat alle gelijktijdig gegenereerde pulsen optellen (zie figuur 6-13).



Figuur 6-13. Een grote tafel met veel PC terminal gebruikers in een onderwijsinstelling, die allen dezelfde monitoropstelling gebruiken. Langs de kabelgoot onder de tafel ontstaat een sterk laagfrequent gepulst veld van de stromen uit de schakelende voedingen.

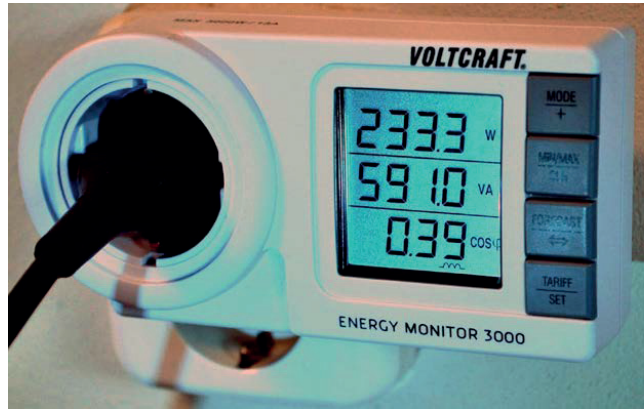
Met moet verstandig omgaan met de knoppen voor snelheidsregeling van bijvoorbeeld de ventilator, dimmer of stofzuiger. Het is niet zo dat er minder storing is wanneer het apparaat lager ingesteld wordt. Integendeel: de storing is juist minimaal wanneer de instelling op maximaal staat. Dan is er geen regeling werkzaam en vloeit de stroom ongehinderd door de snoeren en het apparaat. Zeker in de midden- of in laagste stand is de storing het hevigst, zoals de volgende situatie toont (figuur 6-14). De zuigkracht

6. EMV binnenshuis en onderweg

van een stofzuiger is in dit geval niet ingesteld op de maximum waarde. Dat is te meten met bijvoorbeeld een energiemonitor die in het circuit is aangesloten (figuur 6-15).



Figuur 6-14. Stofzuiger, een van de vele huishoudelijke apparaten met een regelbaar vermogen, hier ingesteld op ca. $\frac{1}{4}$ vermogen.



Figuur 6-15. Met een *Energemonitor 3000* (Voltcraft) wordt - behalve de netto en bruto opgenomen vermogens - ook de $\cos \phi$ van de stroom weergegeven. In dit geval heeft de $\cos \phi$ een waarde van 0,39.

Energiezuinige verlichting

Het parlement van de Europese Unie (2009) heeft besloten dat stroomslurpende gloeilampen moeten verdwijnen en plaats moeten maken voor energiezuinige vormen van verlichting. Dat was een ongelukkige beslissing omdat veel elektrogevoelige personen last hebben van de nieuwe lamptypen. Nog los van de UV uitstralende spaarlampen – waar sommigen een verbrande huid van oplopen – zenden deze typen alle elektrische en magnetische wisselvelden uit van de schadelijke soort.

De conventionele gloeilamp is een 'lineaire' stroomverbruiker die de stroom niet vervormt; de stroom loopt gelijkmatig door de gloeidraden en daaromheen spelen geen vervelende EMV. Moderne lampen werken anders. Ze zijn voorzien van elektronische schakelingen die er voor zorgen dat het lichtgevende gedeelte wordt voorzien van de juiste spanning en dat gaat gepaard met een gepulste stroomdoorvoer. Metingen hebben aangetoond dat het niet alleen de lampen zelf zijn die EMV verspreiden, maar ook de snoeren er naar toe en dat over de hele lengte van de snoeren: het betreft zowel elektrische als magnetische velden. Wie alle lampen in huis heeft vervangen door spaarlampen bevindt zich in een 3-dimensionaal netwerk van gepulste velden.

Ecoclassic lamp (figuur 6-16).

De lamp is in feite een halogeenlamp maar ziet er bij oppervlakkige beschouwing uit als een gewone heldere gloeilamp. Ook dit type zal helaas binnenkort uit de winkelschappen verdwijnen. Deze lamp is elektrisch 'schoon'.

Spaarlampen (figuur 6-17)

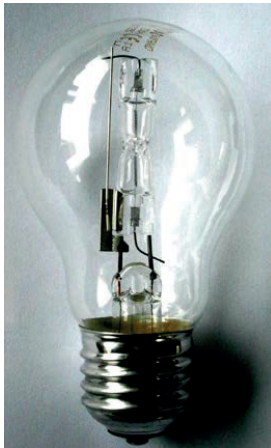
Spaarlampen zijni feite kleine opgevouwen TL buizen; van beide typen ondervinden elektrogevoeligen grote hinder. Een opstartende spaarlamp produceert meer vuile stroom dan een stbiel branderde lamp. Ook vervuilen oude lampen het stroomnet meer dan nieuwe lampen. Het licht wordt uitgestraald met een primaire frequentie van 50Hz en met een secundaire frequentie die veel hoger ligt, over het algemeen bij enkele tienduizenden Hertz. De verschillende fabrikaten kunnen sterk verschillen in de hoeveel

6. EMV binnenshuis en onderweg

velden die ze verspreiden en de daarin voorkomende frequenties van elektrische en magnetische wisselvelden.

Light emitting diodes (LED) lampen (figuur 6-18)

De nieuwste generatie van lampen, LED lampen, werken in feite op lage gelijkspanning. Ze geven onmiddellijk vol licht, licht dat momenteel in verschillende kleuren wordt uitgestraald. Ze hebben een ingebouwd 'lensje' waardoor de lichtbundel gericht is. Ze geven opmerkelijk veel licht, het lage stroomgebruik in aanmerking genomen, typisch zo'n 50 lumen/W opgenomen vermogen. Vele malen meer dan een gloeilamp van dat wattage: een 4W LED lamp geeft evenveel licht als een 30W gloeilamp. Ze zijn nog niet in werkelijk hoge wattages te krijgen. Alleen in zaklantaarns branden de lampen op gelijkspanning uit een batterij of accu. Samengestelde armaturen met meerdere gebundelde LEDjes beschikken over een elektronische spanningsregeling. Er zijn meerdere uitvoeringen die op 230V branden, maar die hebben alle een voorschakelsysteem dat de spanning naar beneden omvormt. Dat systeem produceert sterke, gepulste stoorvelden.



Figuur 6-16. Halogeen EcoClassic lamp. Let op de complexe constructie daarbinnen.



Figuur 6-17. Spaarlamp



Figuur 6-18. LED lamp
'Power' LED voor 230V aansluiting.

Telefonie

De aloude analoge draadloze telefoon in huis (de 'looptelefoon') heeft destijds opmerkelijk weinig gezondheidsklachten gegeven. Dat ondersteunt de opvatting dat klachten van de latere Dect telefoon te wijten zijn aan het pulserende karakter van de uitgezonden velden. Draadloze telefoons zijn nu van het digitale type en dat is het enige dat nu te koop is. Zowel basisstation als telefoon hebben een bakenfrequentie van 100 Hz, die verandert zo gauw men gaat bellen. Het zijn sterk gepulste velden. Het standaard basisstation zendt 24 uur per dag uit, onafhankelijk van gebruik. Het basisstation van het 'Eco'-type Dect dat nu op de markt gekomen is zendt alleen uit wanneer er telefonisch contact is. Maar Eco-typen verschillen onderling sterk en niet alle doen wat we van ze verwachten: stralingsvrij zijn als er niet gebeld wordt. En kwestie dus van goed uitkijken bij aanschaf van een nieuwe telefoon.

6. EMV binnenshuis en onderweg

Draadtelefoons

De oude analoge draadtelefoons werken prima op de moderne telefooncentrales en zijn tweedehands en via internet heel gemakkelijk te bemachtigen; ze kosten dan vrijwel niets.

De klassieke draadtelefoon (figuur 6-19) is eigenlijk onmisbaar voor elektrogevoeligen. De uitzonderlijk gevoelige personen kunnen toch last hebben van de magnetische velden die bij het luisteren worden opgewekt door het spoeltje dat de membraan van de luidspreker in beweging brengt. Dergelijke personen kunnen baat hebben bij een type dat gebruik maakt van piëzo-elektrische velden (figuur 6-20). Piëzo-elementen produceren een statisch wisselveld dat dient om de membraan in beweging te brengen. Deze telefoons hebben hetzelfde gebruiksgemak als een klassieke telefoon en worden beter verdragen.

Er is een nieuwe ontwikkeling in het telefoontype, gesprekken verlopen via de internettelefonie ('voice over internet protocol (VoIP) (figuur 6-21). Dit type schakelt door naar andere telefoons in een bedrijfsnetwerk. Cisco SPA942 IP-telefoon is zo'n type. Ze zijn voorzien van elektronische schakelingen die sterke EMV genereren en daardoor sterk storen.



Figuur 6-19. Klassieke analoge 'draad' telefoon, magnetodynamisch luidsprekertje in de hoorn. Wordt door sommigen slecht verdragen



Figuur 6-20. Piëzo draadtelefoon (Litephon). Analoge telefoon met piëzo element in de hoorn, welke nauwelijks laagfrequente velden genereert. Wordt goed verdragen.



Figuur 6-21. Cisco Linksys digitale telefoon. Geeft sterke velden in de omgeving en wordt heel slecht verdragen.

Draadloze telefoons en vormen van draadloze communicatiemethoden worden besproken in het hoofdstuk 6.6.000000 Draadloze communicatiesystemen thuis.

Elektrische bed- en stoelverstelling

Het is af te raden een elektrisch verstelbare stoel of bed aan te schaffen. Daar zit een elektrisch systeem onder dat stoort. Zeker als er een accu in zit, waardoor het meubel ook zonder elektrische aansluiting is te gebruiken. Het voedingsdeel hiervan geeft sterke laagfrequente velden af. Dit speelt vooral bij de meeste ziekenhuisbedden.

Alle elektriciteit in de slaapkamer is eigenlijk taboe, zeker van snoeren bij het bed, aansluiting van het wekkertje of radio/TV, leidingen in muren. Zeer veel klachten komen van situaties waarbij de elektrische spanning dicht bij het lichaam wordt gebracht, zoals bij elektrische dekens of het waterbed. Of slapen op vloeren die voor de bewoner daaronder is gebruikt om TL buizen aan op te hangen enzovoort. Het helpt dat deel van het huis 's nachts stroomloos te maken, dan wel uitsluitend afgeschermd kabel te gebruiken in de leidingen. De sterke magneten in de motor kunnen het aardmagnetisme verstoren, wat een slechte nachtrust kan geven.

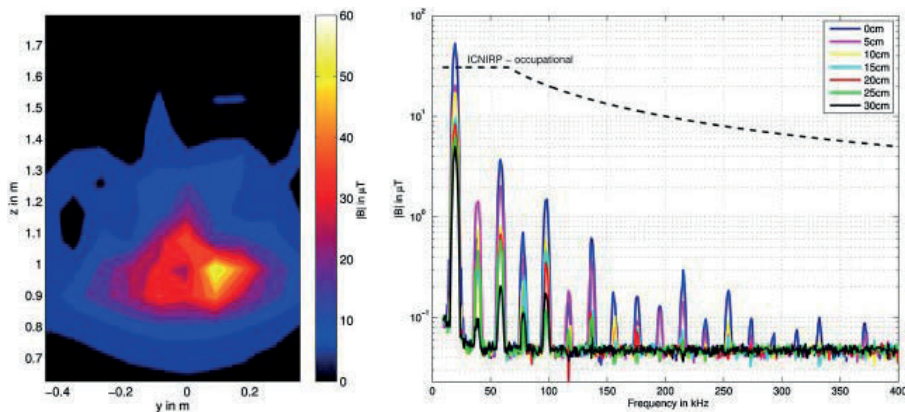
6. EMV binnenshuis en onderweg

Couveuses

Couveuses zijn in feite een incubator waarin te vroeg geboren baby's in hun meest kwetsbare fase worden verzorgd. De ruimte wordt verwarmd en geventileerd en de technische installatie die daarvoor nodig is bevindt zich soms zeer dicht bij het kind. De ventilator produceert laagfrequente EMV van 1000 nT, die in principe schadelijk kunnen zijn. Onderzoek van Bellieni et al. (2008) heeft duidelijk gemaakt dat de baby reageert op die velden met een momentane verandering van de hartslag. De van nature altijd aanwezige hartslagvariatie komt te vervallen, als teken dat de controle door het autonome zenuwstelsel is weggefallen. Dat is een bedreigende situatie, omdat bekend is dat het verlies van controle bij hartpatiënten duidt op een slechte prognose. In dit geval reageert de baby bij het aanzetten van de ventilator binnen seconden. Als na 5 minuten de ventilator weer wordt uitgezet, komt de normale hartritmevariatie volgens Bellieni weer terug. Of deze behandeling leidt tot gezondheidsschade is niet onderzocht. Maar vanuit het verzorgingsprincipe handelend zou het beter zijn de ventilator op grotere afstand van de couveuseruimte te monteren.

Inductiekookplaat

De werking van de conventionele elektrische kookplaat berust op de overdracht van warmte vanuit de elektrisch verwarmde spiraal naar de pan of schaal met inhoud. De magnetische wisselvelden die er van af komen vallen mee en weinigen ondervinden er last van.



Figuur 6-22. Grafische afbeeldingen van de EMV vlak voor een inductiekookplaat. *Links* de ruimtelijke verdeling in breedte en hoogte (in meters); hoe lichter de kleur, hoe sterker het veld. *Rechts* een frequentieverdeling van de magnetische wisselvelden op 30 cm afstand van de kookplaat. De piek van 20 kHz is veruit het hoogst en overtreft de limiet (gestippelde lijn), maar de frequenties van de ontstane harmonischen lopen door tot in het hoogfrequente gebied. *Bron:* Christ et al., 2012.

De inductiekookplaat werkt anders. De elektronica van het apparaat genereert sterke en gepulste magnetische velden, die in de metalen pan zwerfstromen opwekken die het materiaal verhitten. Daardoor wordt ook de inhoud verwarmd. De frequentie van de wisselvelden is 20 kHz met talloze harmonischen die lopen tot in de honderden kHz (zie figuur 6-22 *-rechts*). De gepulste velden zijn hinderlijk voor elektrogevoelige personen; sommigen zijn intussen overgestapt op andere vormen van koken. Bij zwangere vrouwen krijgt de foetus het zwaar te verduren. Afhankelijk van de centrering

6. EMV binnenshuis en onderweg

van de pan die er op staat straalt de kookplaat ook horizontaal sterke velden uit. Metingen en berekeningen door Christ et al. (2012) wijzen uit, dat het zenuwstelsel van het foetus wordt getroffen door EMV die de limieten zoals gesteld door de ICNIRP sterk overtreffen. De animatie van figuur 6-22 (*links*) toont de positie van de veldsterkten ten opzichte van de voorkant van de kookplaat. Dat blijkt juist de plek te zijn waar de foetus is gelegen. Ook kleine kinderen die voor zo'n kookplaat staan en net boven het aanrecht uitkomen kunnen aan te sterke velden worden blootgesteld.

IT apparatuur

Apparatuur met complexe elektronische schakelingen geven meerdere soorten vervuilende velden af. Dat betreft in de eerste plaats IT apparatuur als computers en hun randapparatuur, maar ook CV ketels, slimme meters en mobieltjes. Hieronder enkele voorbeelden.

Computer apparatuur

PC's behoren tot de apparaten die al in de vorige eeuw aanleiding gaven tot EHS klachten. Aanvankelijk waren het vooral de schermen die zowel EMV uitstraalden als UV-straling en vooral huidklachten waren daarvan het gevolg. Olle Johansson (2006) van het Karolinska Instituut in Stockholm heeft nagegaan wat er in de huid precies gebeurde. Bepaalde celtypen bleken histamine en andere neuroactieve stoffen uit te scheiden die o.a. jeuk en ontstekingen veroorzaakten. Tegenwoordig worden de opgenomen vermogens van computers groter en wordt er door de voedingen meer 'vuile stroom' op het net gezet.

Beeldschermen

De platte LCD, TFT of LED beeldschermen gebruiken veel minder energie dan de oude fluorescentieschermen en geven minder straling, hoewel altijd nog wat. De huidige schermen bevatten nog altijd enkele elektronische schakelingen voor voeding, beeldopbouw, geluid en regelmechanismen die laagfrequente velden verspreiden. Deze elektronica zit buiten het beeldveld, in de rand van het scherm, Het is daarom raadzaam de monitor op ruime afstand van het lichaam te zetten. In sommige pas ontwikkelde modellen is de voedingsunit uitgebouwd, zodat de schadelijke schakelende voeding ver van het lichaam verwijderd is. Dat verhoogt de bruikbaarheid voor elektrogevoeligen sterk.

De PC kast

Door steeds complexer wordende functies en diversiteit aan componenten worden er complexe velden uitgestraald, van extreem laagfrequent tot in het MHz gebied. Elektrische velden worden via de ommanteling bij een goede aansluiting afgevoerd naar aarde, maar de magnetische wisselvelden worden maar gedeeltelijk tegengehouden. Het is daarom aan te raden de kast ver weg te zetten. Ook de snoeren van aangesloten randapparatuur geven gepulste velden af. Dat is de reden om de snoerenbundels van monitor, muis en toetsenbord vanaf de werktafel van zich te laten 'afstromen' en er niet midden in te gaan zitten. Om van dat snoerengedoe af te zijn, nemen sommigen draadloze muizen en toetsenborden in gebruik. Dat werkt prima voor wie bestand is tegen de hoogfrequente velden rond die draadloze verbinding.

De laptop

De laptop wordt steeds professioneler toegerust en is geleidelijk aan bezig de PC in de

6. EMV binnenshuis en onderweg

huiskamer te verdringen. Er kleven echter wel enkele bezwaren aan het gebruik van laptops:

- Door het geïntegreerde toetsenbord houdt men het apparaat wel zeer dicht bij het lichaam. Dat kan sommigen storen, omdat de velden die er uit komen sterker kunnen zijn dan die uit een standaard PC. Dat komt grotendeels doordat de kast deels van kunststof is en de velden niet tegenhoudt.
- Laptops zijn soms niet geaard en geven bijzonder sterke elektrische wisselvelden af, tot wel honderden V/m. Het is essentieel om ze te aarden, bijvoorbeeld door een koperdraadje vanaf een willekeurig stukje blank metaal van een RS232-poort of iets dergelijks naar de aardpen van een stopcontact te leiden. Ook zijn er kabeltjes die de aarde van een USB-poort gebruiken.
- Door het nabije beeldscherm ontstaat gemakkelijk hinder door de velden die uitgestraald worden door de TL buisjes voor schermverlichting. Nu LED lampjes bijna de plaats van TL buisjes innemen zal dat probleem snel verholpen zijn.
- De laptop straalt vooral naar onderen en dat is een ongemakkelijk idee voor wie de gewoonte heeft om in de trein te werken en de laptop op schoot heeft.
- Bij een ingeschakelde WiFi zender komen daar hoogfrequente velden bij, met een mogelijk risico voor de mannelijke en vrouwelijke geslachtsorganen daar in de buurt.

De 'laptop' zou eigenlijk niet op schoot gebruikt moeten worden, omdat het veel beter is de computer op een tafel te gebruiken, ver af van het lichaam. De Italiaanse onderzoeker Bellieni (2012) heeft gemeten dat de laagfrequente magnetische wisselvelden een hoge waarde van 1,6 - 6 microTesla kunnen bereiken en een elektrisch veld van 35 V/m. Het effect op het lichaam is dat er sterke zwerfstromen gaan ontstaan, die bijna de helft bedragen wat volgens de ICNIRP normen verantwoord is. Het voedingsgedeelte echter geeft nog veel sterkere straling en overtreft de limieten voor foetus en volwassene zelfs met resp. 200 en 500%. De gemeten velden zijn ook sterker dan wordt aanbevolen door de Zweedse TCO organisatie. Het wordt door de auteurs daarom sterk afgeraden de laptop op schoot te gebruiken; dat geldt speciaal voor zwangere vrouwen. Maar ook de kwaliteit van mannelijk zaad gaat daardoor achteruit.

Tablets

Tablets zijn uitgevoerd met een accu die evelas laptops van tijd tot tijd moeten worden opgeladen aan het net. De conversie van spanning geeft EMV en vergelijkbare gezondheidsproblemen als laptops en andere vormen van draagbare computers. Ze werken met programmatuur die draadloos communiceert met de buitenwereld. In de regel zal dat gebeuren via WiFi installaties. Intensieve omgang met tablets (zoals iPad) vergt een goed contact met draadloze netwerken. In de regel zal een tablet voortdurend actief 'op zoek' zijn naar netwerken en signalen uitzenden. Slechts enkele uitvoeringen hebben een mogelijkheid tot ethernet aansluiting.

Smartphones

Deze slimme telefoons zijn volledig afhankelijk van draadloze verbinding met zenders als van WiFi en mobiele telefonie (GSM en UMTS), afhankelijk van de aard van het abonnement. Met de uitrol van het LTE netwerk ('4G') worden de nieuwere types ook bruikbaar voor breedbandige communicatie en supersnelle

6. EMV binnenshuis en onderweg

connecties. Dergelijke telefoons zijn uitgerust voor meerdere communicatiewegen en zijn veelal bezig te zoeken naar netwerken in de buurt, ook wanneer de drager van de smartphone niet zelf actief aan het communiceren is. Elektrogevoelige personen melden dat zij zich onprettig voelen in gezelschap waar smartphones aanwezig zijn. Hoewel de toestellen steeds minder signaalsterkte nodig hebben om te communiceren lijkt de hinder er van toe te nemen.

Slimme meters

In Nederland zijn de slimme meters (figuren 6-23 t/m 25) aan een voorzichtige opmars bezig. Technische evaluaties voor de eerste paar honderdduizend meters zijn begonnen en gezondheidsklachten hebben ons nog niet bereikt. Maar in de VS, Canada en Engeland zijn de klachten talrijk; wetenschappelijk is daar nog niet naar gekeken. Hoe dat tegen het jaar 2020 gaat, wanneer 80% van de huishoudens in Europa een slimme meter moet hebben, valt nog niet te zeggen.

Momenteel worden door de netbeheerders twee systemen beproefd om de meterstanden van een afstand af te kunnen uitlezen. Die systemen zijn: (1) draadloze hoogfrequente systemen die gebruik maken van het GPRS protocol en via de GSM masten werken; (2) de 'powerline communication' techniek (PLC), die via het elektriciteitsnet zijn signalen verstuurt naar het dichtstbijzijnde transformatorhuisje. Per netbeheerder wordt momenteel nagegaan wat de beste route is voor de signalen. Het is de bedoeling de PLC meter alleen te installeren wanneer draadloze GPRS communicatie zeer moeilijk is. Niet vanwege mogelijke gezondheidsgevaars, maar omdat er een conflict dreigt met de door radioamateurs gebruikte zendfrequenties.



Figuur 6-23. Slimme meter ISKRA - ME372. GPRS transmissie. Dit type wordt vervangen.



Figuur 6-24. Slimme meter KAIFA DSMR4.0. GPRS transmissie. Dit type dient als uitgangspunt voor het definitieve type.



Figuur 6-25. Slimme meter Echelon. PLC transmissie. Wordt slechts in uitzonderingsgevallen geïnstalleerd.

Daarnaast hebben slimme meters hun eigen elektronische systemen en die vergen energie. Die wordt met behulp van schakelende voedingen uit het gewone elektriciteitsnet gehaald.

De meters worden in de huidige proefperiode geïnstalleerd in nieuwe woningen en bij grootschalige renovaties van bestaande wooncomplexen. Netbeheerders moeten er nog

6. EMV binnenshuis en onderweg

ervaring mee opdoen en uitvinden welk metertype en communicatiemethode de beste resultaten geeft. Sommige van de nu geplaatste meters zullen na 2015 weer worden vervangen, omdat men vanaf dat moment een zekere standaardisatie gaat invoeren.

Bij beheerssystemen die frequent de meters kunnen uitlezen bestaat er in principe het gevaar dat mensen in hun privacy worden aangetast omdat 'iemand' op een centrale post het woongedrag van individuele bewoners zou kunnen volgen. Netbeheerders zouden - door de stroomafname te volgen - uw gewoonten kunnen analyseren. Volgens de huidige wetgeving zal dat niet gebeuren. In 2011 heeft de 1^e Kamer de nieuwe gas- en elektriciteitswetten aangenomen. Nu is bepaald dat men de slimme meter zonder opgave van redenen kan weigeren.

De invoering van de meter zal bij bestaande woningen voorlopig niet verplicht worden (in het Engels heet dat 'opt out'), maar bij verhuizing zal de nieuwe eigenaar de meter wel moeten toelaten. De minister van economische zaken, landbouw en innovatie (EL&I) heeft bepaald dat de meter niet vaker dan eens per twee maanden mag worden uitgelezen. En de meter geeft de data alleen op afroep door de netbeheerder. Dit ter bescherming van de privacy. Dat laat onverlet dat de mobiele operators gemachtigd zijn om vaker bij de meter 'in te loggen' voor technische zaken en om te zien of alles naar behoren functioneert. Zij hebben hun eigen inlogregime. Net als bij het contact met een mobieltje zal deze misschien meerdere keren per dag nagaan of de verbinding nog in orde is. Dat wisselt per provider; later zal duidelijkheid gaan ontstaan over de inlogfrequentie van de GPRS provider in het verzorgingsgebied van uw energieleverancier. Er mogen echter geen gebruiksgegevens worden verzameld.

Omdat sommige metertypen worden uitgerust met een 'poort' ('P1') waarmee de bewoner zelfstandig een veelheid aan gegevens over zijn gebruik kan downloaden kan de bewoner een prima overzicht krijgen van zijn gebruik. Dat zou energie kunnen besparen. Dat is echter een onzinnig argument omdat men voor enkele tientjes een metertje kan kopen waarmee elk elektrisch apparaat eenvoudig op stroomverbruik kan worden onderzocht.

De voordelen van de slimme meter liggen duidelijk vooral aan de kant van de energieleveranciers, omdat die naar tijd gedifferentieerde tarieven kunnen aanbieden om de energiestroom wat regelmatig te laten verlopen, wanbetalers te kunnen afsluiten en onwettige praktijken te kunnen opsporen. Men heeft ook geen meteropnemers nodig die langs de deuren gaan en dat drukt de kosten. Op termijn kan men uiteenlopende tarieven gaan hanteren, te weten hogere tarieven per kwh in perioden van hoog energieverbruik. Op dit ogenblik wordt dat ten stelligste ontkend, maar in enkele landen is dat al het geval.

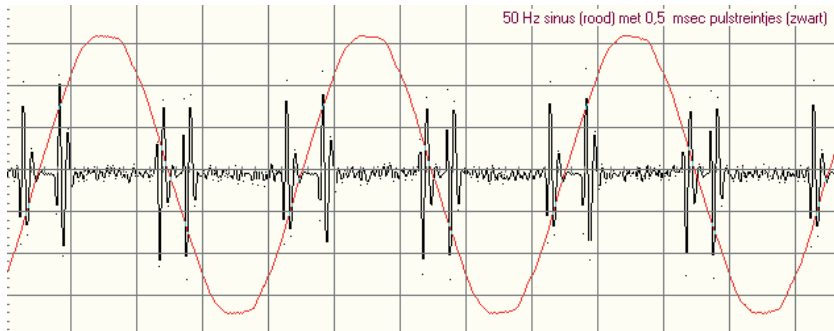
Er is objectief gezien weinig op tegen als er bijvoorbeeld een enkele keer per dag, week of maand een kort signaal naar het centrale punt zou worden verzonden. Die kortdurende puls zal voor weinig extra veldbelasting zorgen. Het is wel zaak de vinger aan de pols te houden en er voor te zorgen dat men zijn bed op een gezonde afstand van de meter opstelt.

Acculaders

Laadapparatuur voor autoaccu's, elektrische fiets, mobieltje, smartphone, iPod, E-reader en alle andere elektronische apparaten die vanuit het net gevoed worden, geven sterke gepulste stromen (figuur 6-26). De pulsen lopen synchroon met de 50Hz

6. EMV binnenshuis en onderweg

netspanning en bevinden zich in het spanningsverloop dicht bij de nul-doorgang van de sinus. Ze leveren gezondheidsklachten wanneer men er langdurig te dichtbij zit of ligt. In caravans is dat één van de standaard risico's, wanneer men aangesloten is op een externe stroomaansluiting. De toepassingen van dit soort laadelektronica zijn talrijk en je komt ze in vele situaties tegen. Door ze op afstand te houden is er weinig hinder van te verwachten, maar anders wordt het wanneer men regelmatig zware accu's moet opladen voor een elektrische fiets, scooter of elektrische auto. De daarbij optredende stromen zijn aanzienlijk en het is aan te bevelen deze laadhandelingen niet in huis te doen maar in een schuurtje of andere plek buiten; in elk geval op grote afstand van het slaapvertrek.



Figuur 6-26. Velden rond een laadapparaat voor een accu. De 50 Hz wisselspanning waarmee het laadapparaat wordt gevoed is weergegeven met de regelmatige slingerlijn. De stroom die de lader de accu instuurt is herkenbaar aan de tweelingpulsen op de nullijn. De laadkabels stralen sterk: afstand houden dus.

Assen: *Horizontaal* is de tijd uitgezet, verdeeld in vakjes van 5 msec. *Verticaal* de stroomsterkte in arbitraire eenheden.

Zonnecellen op het dak

Photovoltaïsche (PV) cellen op het dak (figuren 6-27 en 28) leveren stroom wanneer er licht op schijnt: hoe meer zonlicht, hoe hoger het geleverde vermogen. Dat kan gaan tot 100W/m^2 . De elektriciteitsmeter draait zichtbaar terug. Maar zonder extra maatregelen is het de vraag of het uw gezondheid bevordert. De omvormers die de gelijkspanning van de zonnepanelen opkrikken naar een 230 V wisselspanning produceren namelijk extreem vervuulende stroompulsen. Zolang de zon schijnt injecteert het systeem series van 68 kHz pulsen in het net, die gezamenlijk een soort van wisselspanningsprofiel



Figuur 6-27. Zonnecellen op het dak (PV cellen).

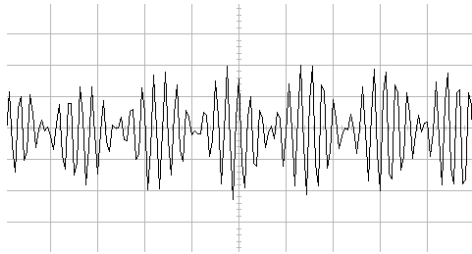


Figuur 6-28. Inverters (voorschakelkasten) op zolder.

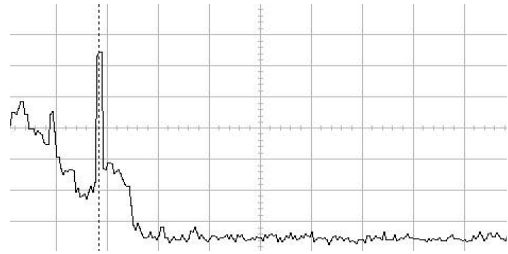
6. EMV binnenshuis en onderweg

voorstellen (figuren 6-29 en 30). Overigens verschillen de eigenschappen van omvormers per fabrikaat. Die pulsen in spanning zijn voor een deel te dempen door het bijschakelen van 'capaciteit', bijvoorbeeld met Stetzerfilters.

Aangezien grote woningbouwcorporaties als bijvoorbeeld Aedes het voornemen hebben hun huurhuizen op zeer grote schaal te gaan voorzien van zonnepanelen, is het zaak de vinger aan de pols te houden en maatregelen te nemen om hinderlijke vuile stroom op de elektriciteitsleidingen te voorkomen.



Figuur 6-29. Repeterend patroon van laagfrequente pulsen (1,7 kHz) afgeleid van de inverter van een zonnecel, die het net ingestuurd worden, Een vakje is 0,4 msec.



Figuur 6-30. Frequentieanalyse van de pulsen van hogere frequentie (68 kHz) die het lichtnet ingaan. Een vakje is 35 kHz breed.

Problematische aarding van apparatuur

Voor elektrogevoelige personen is het van wezenlijk belang dat de aarding van een huis in orde is, zodat de spanningen die ontstaan op metalen delen in en rond het elektriciteitsnet op de goede manier naar aarde worden geleid. Die spanning kan bij een gebrekkige aarding vele tientallen volts bedragen, terwijl er al problemen kunnen ontstaan bij spanningen op het lichaam van enkele millivolts.

Ongewenste spanningen moeten dus het huis uit en de grond in. Daar zijn twee hoofdroutes voor: (1) via de aardendraad in de installatie die u vanuit het elektriciteitsnet wordt aangereikt, of (2) via een aardendraad die door uw eigen grondpen de grond in gaat. Dat is niet hetzelfde omdat de elektrische weerstanden kunnen verschillen en de af te voeren stromen de weg van de minste weerstand volgen. Om veiligheidsredenen en elektrocutie bij aanraking te voorkomen, moet de weerstand naar aarde officieel minder dan 160 Ohm bedragen. Maar voor elektrogevoeligen is dat niet goed genoeg en moet de weerstand minder dan 10 Ohm bedragen om de installatie voldoende spanningsvrij te houden. Eventueel moeten er één of meer extra aardpenen geslagen worden om die weerstand voldoende laag te krijgen.

De stromen die de grond in gestuurd worden vinden hun weg langs verschillende grondlagen naar de aardpen van het trafohuisje dat u de stroom levert en komt vervolgens via de centrale aardendraad uw huis weer binnen. Alleen, die aansluiting op het trafohuisje deelt u met een onbekend aantal buurtbewoners, die elk de nodige signalen en spanningen op de aardendraad zetten. Die komen even gemakkelijk ook uw huis binnen en kunnen soms problemen oproepen. Daar is weinig anders tegen te doen dan er voor zorgen dat uw eigen aardpen gebruikt wordt voor uw eigen installatie en dat de weerstand daarvan zo laag mogelijk is.

Er komt een conflict (een 'aardlus') wanneer u delen van uw installatie via meer dan

6. EMV binnenshuis en onderweg

één enkele route gaat aarden. Er zullen dan stromen gaan lopen die u niet wenst en waarover u geen controle hebt. De stromen volgen de weg van de minste weerstand en dat kan eventueel dwars door uw huis zijn en niet langs de kortste weg naar buiten. Die situatie doet zich voor, bijvoorbeeld, wanneer u een van de apparaten met reandaarde hebt aangesloten op een centrale antennekabel. De afschermdende mantel van die kabel is geaard via een het verdeelkastje aan de straat terwijl het stekkerblok is geaard via de huisaarde. Dan komen aardeaansluitingen van het huis in contact met de aarding van de kabel en gaan er permanent onbeheersbare stromen lopen. Bij apparaten die dubbel geïsoleerd zijn en een stekker zonder randaarde hebben, treedt dit probleem niet op.

Dit zijn zaken die voor de leek moeilijk te overzien zijn en die het inzicht vergen van geschoolde meespecialisten. Want het afschermen van ruimten en apparatuur kan volledig mislopen, wanneer niet tevens aandacht wordt besteed aan dit essentiële deel van uw systeem: het huisnet. Aarding beschermt u tegen elektrocutie, dat is waar. Maar tegelijk haalt u soms het 'Paard van Troje' binnen, dat uw ruimten opzadelt met vervuilende elektrische velden die van buiten komen en moeilijk te bestrijden zijn.

Powerline communication voor datatransport in huis

Sommige leveranciers adviseren om een draadloze verbinding tussen PC en router te vervangen door een bedrade verbinding, maar dan wel via kabels van het elektriciteitsnet. Dat heet powerline communication (PLC). Dat klinkt logisch, maar is het voor deze toepassing zeker niet logisch voor elektrogevoeligen. Want PLC datatransport geeft sterk vervuilende laag- tot hoogfrequente velden langs de hele loop van het leidingstelsel. De spanningspieken bij datatransfer kunnen honderden millivolts bedragen. Er zijn goedkope PLC systemen te koop om PC signalen via het net naar de router of modem te transporteren. Homeplug is één van die systemen. Die systemen werken goed en snel. Maar trek dan toch liever een aparte draad van de PC naar de router.

6.6. Draadloze communicatiesystemen thuis

Deze paragraaf behandelt een aantal hoogfrequente bronnen van EMV in huis. Wat daartegen te doen is wordt behandeld in hoofdstuk 15.

Draadloze techniek	Draaggolf	Kanaalbreedte	Baken Puls	Data Puls
DECT	1880-1900 MHz	2 MHz	100 Hz	100 Hz
WLAN B	2400-2485 MHz	10 MHz	10 Hz	variabel
WLAN G	2400-2485 MHz	22 MHz	10 Hz	variabel
WLAN A	5000-5900 MHz	22 MHz	10 Hz	variabel
Bluetooth	2400-2485 MHz	1 MHz	2x800 Hz	variabel
Nintendo Wii (Bluetooth Variant)	2400-2485 MHz	1 MHz	200 Hz	200 Hz
XBOX360RF	2400-2485 MHz	onbekend	130 Hz	130 Hz
Domotica/Afstandsbedieningen	433/866 MHz	<1 MHz	variabel	variabel

Het gepulste signaal van vrijwel alle draadloze technieken wordt extreem variabel wanneer er internetsignalen over verstuurd worden. Dit komt omdat internetverkeer geen vaste bandbreedte heeft.
(Bron: Robin Heijblom, persoonlijke mededeling)

In de toekomst worden we binnenshuis - meer dan nu al het geval is - ondergedompeld in een soep van hoogfrequente velden. En het wordt voortdurend erger, want er is geen rem op deze ontwikkelingen. Het automatisch regelen van huiselijke functies heet 'domotica'. De verwachtingen van digitale ontwikkelaars voor verdere ontwikkelingen zijn hooggespannen. In opkomst is het *Internet of things*, waarbij een aantal apparaten,

6. EMV binnenshuis en onderweg

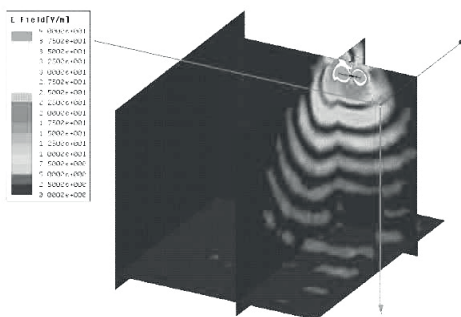
die met chips zijn uitgerust, draadloos met elkaar kunnen gaan communiceren. Elektrogevoeligen zullen het gemak van verdergaande automatisering moeten bekopen met toenemende hinder van de onvermijdelijke velden. In tabel 6-1 zijn enkele veelvoorkomende draadloze systemen voor gebruik in huis opgesomd. Voor de technici is ook een aantal technische gegevens opgenomen. De gebruikte frequenties verschillen en daarmee ook de golflengten. Het doordringend

vermogen van hoogfrequente signalen is hoger naarmate de frequenties lager zijn. Niet voor niets zijn mobieltjes jaren geleden begonnen met een frequentie van 900 MHz en golflengte van 33,3 cm. Bluetooth signalen en de nieuwere versies van de WLAN systemen zullen dus moeilijker door uw muren heendringen.

Hotspots bij alle hoogfrequente velden

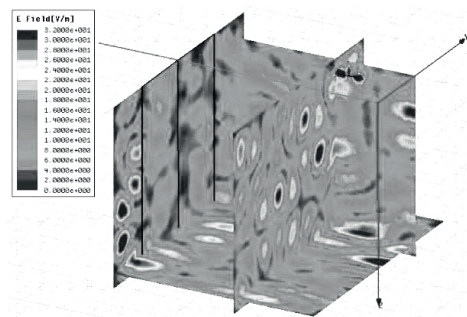
Wat betreft de mate van blootstelling in een besloten ruimte is de inrichting van belang, want de aanwezigheid van grote reflecterende vlakken als stalen meubels, spiegels, stralingwerende beglazing en sommige kunststoffen meubelafwerking weerkaatsen de golfvelden van de hoogfrequente straling en gaan een onderlinge interactie aan. Er ontstaan dan *hotspots*: plekken waar door interferentie van HF golven grote veld dichtheden ontstaan. Op enkele decimeters afstand daarvan zijn dan zones waar golven elkaar verzwakken. Bij kortgolvlige velden liggen hotspots soms maar enkele decimeters van elkaar; men zal niet bij voorkeur op precies zo'n plek de gemakkelijke stoel willen hebben, of het hoofdkussen.

In Japan is nagegaan op welke manier de velden rond mobiele telefoons zijn verspreid. De golfvelden worden in de ruimte weerkaatst, zodat er volgens de golftheorieën van Huygens interferentieverschijnselen ontstaan. In de ruimte leidt dat tot plaatselijke verdichtingen van de velden: de 'hotspots'. Afhankelijk van de golflengte van het gebruikte GSM systeem (900 of 1800 MHz) liggen die hotspots verder of minder ver uit elkaar. Figuur 6-31 toont de interferentieverschijnselen in een reflectieloze kamer. Figuur 6-32 toont wat er gebeurt bij interacties met 'eigen' golven of door interactie van golven van uiteenlopende oorsprong.



Figuur 6-31. Grafische voorstelling van een reflectieloze kamer met een Dect zender. De golven planten zich rechthoekig voort tot ze worden geabsorbeerd. De hotspots zijn hier 'zichtbaar' gemaakt als lagen van velden met gelijke dichtheid.

Bron: Hondou 2006, met toestemming.



Figuur 6-32. Kamer met reflecterende wanden. Plaatselijk ontstaan verdichtingen van energie: de 'hotspots'. Vanuit vele richtingen ontstaan er veldinteracties waardoor een complexe ruimtelijke verdeling van hotspots ontstaat (donkere vlekken).

Bron: Hondou 2006, met toestemming.

6. EMV binnenshuis en onderweg

De hotspots zijn hier aangegeven als donkere zones. Men heeft vastgesteld, dat de veldsterkte van een hotspot 15 maal zo hoog kan zijn dan de ruimte daar omheen, wanneer de kamer is voorzien van reflecterende wanden

Dect telefoon (digitally enhanced cordless telephone)



Figuur 6-33. Dect telefoons (handsets) en basisstation (rechts).

De laatste jaren worden voor huisgebruik nog vrijwel uitsluitend Dect telefoons gekocht (figuur 6-33); de analoge draad en looptelefoons zijn vrijwel niet meer te krijgen. Het voordeel van Dect telefoons is het gebruiksgemak, de veelzijdigheid en mobiliteit van de gebruiker. Het bereik van de telefoon ten opzichte van het basisstation dat met de externe telefoonverbinding in contact staat is enkele tientallen tot honderden meters, afhankelijk van de bebouwing. Een basisstation kan meerdere telefoons bedienen.

Het basisstation zendt 24 uur per dag hoogfrequente velden uit om op elk moment contact te kunnen hebben met de telefoon, waar die ook in huis wordt opgenomen. Die velden zijn gepulst: 100 maal per seconde is er een korte serie van nog kortere pulsen. Ze zijn voor velen hinderlijk. Het is daarom goed dat er nu uitvoeringen op de markt zijn gekomen die alleen zenden wanneer er een gesprek is: de *Eco-plus-ducts*. Die wordt door elektrogevoelige personen veel beter verdragen. Het beste is een ouderwetse bedrade telefoon te handhaven.

Babyfoon op het Dect principe of GSM

Het is wel gemakkelijk om te horen wat baby's en kleine kinderen op een andere verdieping of bij burens uitgesproken en de draadloze babyfoon lijkt een perfecte oplossing. Ze werken prachtig, maar kijk eens naar de velden die daar vanaf komen. In Tabel 6-2 zijn een paar meetwaarden gegeven. De metingen zijn uitgevoerd zowel binnen in ruimten die al of niet grensden aan muren met geleidende koolstofverf en beglazing van het type *HR++ Special S*. De gemiddelde waarden op verschillende afstanden van de babyfoon zijn nogal variabel, maar de tendens is duidelijk. Veld dichtheden nabij de babyfoonzender zijn enorm en zijn op 5 meter afstand nog ver boven de SBM2008 normen (tabel 12-2).

Tabel 6-2. Afstand tot babyfoon	Gemiddelde meetwaarde	
0,5 m	185 mW/m ²	8,35 V/m
1 m	55 mW/m ²	4,55 V/m
2 m	20 mW/m ²	2,74 V/m
3 m	13 mW/m ²	2,21 V/m
5 m	7 mW/m ²	1,62 V/m

Overige hoogfrequente bronnen in huis

Tabel 6-3 toont een paar draadloze communicatiesystemen voor gebruik binnenshuis met hun fysische eigenschappen.

Bluetooth HF apparatuur

Bluetooth is een communicatiemiddel tussen verschillende computer randapparaten en heeft een relatief gering bereik. Het wordt ook toegepast voor de aansturing van

6. EMV binnenshuis en onderweg

elektronische spelletjes, telefoons, headsets etc. en de gebruiksmogelijkheden nemen in snel tempo toe. Bluetooth kent vier categorieën qua uitzendvermogen. 100, 5, 2 of 1 mW.

Tabel 6-3. Enkele eigenschappen van zenders in huis.

Toestel	Zendfrequentie	Pulsfrequentie	Zendvermogen (piek)
Dect telefoon	1800-1900 MHz	100 Hz	250 mW
Bluetooth standaard	2,4 GHz	1600 Hz	1 of 2,5 mW
Bluetooth versterkt	2,4 GHz	1600 Hz	100 mW (class I)
WLAN 2/11 Mbit/s	2,4 GHz	10 Hz	100 mW
WLAN 54 Mbit/s	5,2 GHz	10 Hz	200 mW
GSM telefoon (2G)	0,9 GHz	2, 8, 217 Hz	2 W
GSM telefoon	1,8 GHz	2, 8, 217 Hz	1 W
UMTS telefoon (3G)	1,9 GHz	ongepulst	125-250 mW
LTE (4G)	0,8 en 2,6 GHz	?	?

Bron: Gustavs 2008; www.stopumts.nl

Het signaal is niet sterk en pulseert over een heel breed frequentiegebied.

CV radiator warmtemeter

Sommige typen warmtemeters zijn direct aan een radiator bevestigd en geven regelmatig en draadloos door aan een centrale computer door hoeveel energie (warmte) in een bepaald tijdsbestek is verbruikt. Daarvoor wordt bijvoorbeeld een Zigbee communicatieprotocol gebruikt voor het doorsturen van sensorgegevens en voor (proces)besturing. De fabrikant kan ook voor een ander systeem kiezen. Hoe dan ook, zulke draadloze systemen geven een constante HF stralingsbelasting. Sommige bewoners van appartementen die met deze apparaatjes zijn uitgerust rapporteren dat ze daar heel moe en beroerd van worden.

Elektronisch speelgoed (games)

Spelletjesgiganten als Nintendo (Wii) en PlayStation (PlayStation 3) hebben computerspellen op de markt gebracht die met units van hetzelfde merk kunnen communiceren. Daarvoor worden Bluetooth-achtige protocollen gebruikt en de velden zijn behoorlijk sterk. In de stand-by stand schakelen ze automatisch uit. De grotere spelen zijn uit te rusten met allerlei hardware opties: stuurtoetsen en andere bedieningsorganen. Een spel gaat daarbij gepaard met een kakofonie van hoogfrequente velden. Elk soort spel heeft weer zijn eigen specialiteiten en logica. Het spelen is niet geheel zonder gevaar want niet alleen zijn de velden sterk, sommigen rapporteren dat ze er hoofdpijn bij krijgen of er agressief van worden, er een opgefokt gevoel van krijgen. Bij een XBOX360 zijn de sterke velden, net zoals bij een Dect basisstation, in het geheel niet uit te schakelen zolang de stekker in het stopcontact steekt.

6. EMV binnenshuis en onderweg

Draadloze schakelaars

Dat zijn kleine handzenders waarmee garagedeuren, ventilatoren, zonneschermen etc. op afstand kunnen worden geregeld. Ze maken gebruik van frequenties die voor dit soort doeleinden gereserveerd zijn: meestal 433 of 866 MHz. Hun vermogen is klein, het gebruik maar enkele seconden en daardoor niet erg gevaarlijk. Maar houdt die zendertjes liever niet bij het hoofd.

Inbraakbeveiliging systemen

Deze werken meestal op een frequentie van 868 MHz.

Philips Hue systeem

Het systeem op basis van het Zigbee/Lighting protocol werkt op 2400 MHz.

6.7. Velden op school

In het schoollokaal waar het 'nieuwe leren' volgens Steve Jobs wordt ingevoerd is sprake van een accumulatie van velden:

- Draadloze netwerken voor communicatie (WiFi)
- Zendmasten in de buurt van de school
- Computers, beeldschermen, randapparatuur
- Tablets, notebooks, laptops en andere computers
- Smart board, beamer en computer
- TL verlichting.

Er heerst een mix van velden, hoog- en laagfrequente. En met de tegenwoordige inrichting van klaslokalen wordt er veel gebruik gemaakt van zonwerend glas, metalen plafondconstructies, stalen meubels enzovoort. Deze metalen vlakken hebben de eigenschap om velden te reflecteren, zodat het in het lokaal een heksenketel van elkaar versterkende velden wordt. Hoogfrequente velden gaan een interactie met elkaar aan: golffronten zullen elkaar in de ruimte door interferentie versterken en geven dan een lokale veldverdichting, 'hotspot' genoemd. Hotspots liggen normaal op enkele decimeters afstand van elkaar, afhankelijk van de golflengte. Naarmate er meer bronnen van EMV actief zijn, zoals wanneer meer leerlingen de computer met WiFi gaan gebruiken, wordt de onderlinge afstand van hotspots zo klein dat men er voortdurend in verkeert.

WiFi



Ouders en leraren maken zich zorgen over de gezondheid van sommige kinderen op scholen waar voor draadloze communicatie WiFi systemen zijn geïnstalleerd (figuur 6-34). Er zijn aanhoudende verhalen van mensen die hun kinderen wegens ziekte van school halen en van leerlingen van lager en hoger onderwijs die afhaken en de school verlaten. Deze mensen hebben grote hinder van de EMV van WiFi zenders. Thuis en op elke andere veldarme plek is er helemaal geen gezondheidsprobleem.

6. EMV binnenshuis en onderweg

In het klaslokaal heerst een cumulatie van elektromagnetische velden (EMV). Niet alleen de installaties voor draadloze communicatie, maar ook de zenders van PC, laptop, tablet PC, smartphone of mobieltje vormen gezamenlijk een EMV'soep' in de ruimte. Men kan ze niet zien, voelen, horen of ruiken, maar EMV zijn er altijd. Ze zijn wel meetbaar en de toelaatbare veldsterkte is zo gekozen dat er geen 'thermische' effecten op de gebruiker kunnen ontstaan, althans volgens de richtlijnen van de *International commission on non-ionizing radiation protection* (ICNIRP 2010).

Er zijn altijd minstens twee bronnen van WiFi velden in een ruimte: (1) Het access point ergens aan de muur; dat zendt een bakensignaal uit, 10 maal per seconde. Wanneer er een contact is met een ontvangende computer, dan volgt een 'stroom' van data van hooguit enkele seconden; in de stand-by stand worden er slechts zwakke velden verzonden, als er data verzonden worden zijn de velden sterker. (2) De zendantenne van de WiFi kaart in de computer: wanneer de computer data te verzenden heeft zoekt die contact met het access point en bij contact wordt een datastroom verzonden. Als er geen data verzonden worden zijn er geen velden, maar bij datatransport zijn de velden juist heel sterk.

Metingen van veld dichtheden tijdens het zenden zijn in de buurt van de computer als genoemd in tabel 6-4.

Tabel 6-4. Verzwakking van de hoogfrequente WiFi velden bij toenemende afstand

Afstand van de laptop	HF uitstraling			
0,5 m	3000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1000 mV/m	1	V/m
1 m	500 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	434 mV/m	0,43	V/m
2 m	50 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	137 mV/m	0,13	V/m
4 m	8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	54 mV/m	0,05	V/m

Uit de metingen blijkt dat de veld dichtheden vlak bij de computer erg hoog zijn, maar dat de meetwaarden met toenemende afstand sterk afnemen. In klaslokalen waar meerdere leerlingen tegelijk draadloos communiceren, gaat die afstandsregel niet op, omdat men altijd in de buurt van een zender computer zit.

Intussen is er al een aantal scholen en instellingen die WiFi hebben verbannen en zijn overgegaan op een bedrade internetverbinding. Dat betreft een paar Nederlandse scholen en de universiteitsbibliotheek van de Parijse Sorbonne. De Franse regering heeft WiFi op lagere scholen verboden.

De Belgische regering zou in 2013 een besluit nemen over een wetsvoorstel waarin reclame voor mobiele telefoons voor kinderen tot 14 jaar wordt verboden, evenals de verkoop van mobieltjes die zijn ontworpen voor kinderen tot 7 jaar. We zouden wensen dat een dergelijk verbod ook zou gelden voor WiFi in scholen.

Gezondheidsklachten

Zeker waar veel EMV bronnen bij elkaar zijn, is er een grote kans op hinder. Gezondheidsklachten die gerapporteerd worden zijn o.a.: hoofdpijn, duizeligheid, druk in het hoofd, onscherp zien, spierzwakte, verstoring van hartritme en hartkloppingen. Ook het gedrag wordt beïnvloed: depressieve gevoelens, agressiviteit, nervositeit en *last-but-not-least*: de *Attention deficit hyperactivity dystrophy* (ADHD). De opvatting is groeiend dat minstens een deel van de ADHD klachten bij leerlingen te wijten is aan de effecten

6. EMV binnenshuis en onderweg

van EMV. Dat is een ernstige zaak, niet alleen omdat ze een leerachterstand oplopen, maar ook omdat ze tijdens hun leven sowieso langer blootstaan aan schadelijke EMV dan volwassenen. Het brein is nog volop in ontwikkeling en neurologisch onderzoek wijst uit, hoe subtiel de zenuwcontacten tijdens de ontwikkeling tot stand komen en hoe gemakkelijk die ordening kan worden verstoord.



Figuur 6-35. Identieke workstations, alle aangesloten op hetzelfde elektrische net. Omdat de schakelende voedingen alle op hetzelfde moment vermogen uit het net opnemen, ontstaan er een sterke stroomvervuiling.



Figuur 6-36. Smart board waarop PC beelden worden geprojecteerd. Elektronische 'krijtjes' vormen de interface tussen leraar en het smart board.

Digitale schoolborden: de 'smart boards'

Er zijn nog meer moderne verworvenheden die schoolbesturen zich wensen voor optimale schoolprestaties, maar die antiproductief zijn voor de elektroveelgevoelige leerlingen en onderwijzend personeel. In dit systeem hangt er voor de klas een wit schoolbord - een 'smartboard' - (figuur 6-36), waarop de leraar kan schrijven en tekenen met behulp van een elektronisch 'krijtje'. Ook eventueel in meerdere kleuren. Zo'n krijtje gaat tijdens contact met het bord een elektronische interactie aan met een gevoelige cel, dat is een pixel in de matrix van het digitale bord. Een PC registreert dat en stuurt een signaal naar een beamer die aan het plafond hangt en een lichtvlekje projecteert op het witte bord. Het lijkt net of de leraar echt op het bord schrijft. Maar er is een hele keten van EMV actief om dat effect te krijgen.

Het bord produceert voortdurende en over een groot oppervlak hinderlijke EMV, om signalen van het digitale krijtje te kunnen opvangen. De PC straalt, evenals de snoeren tussen bord en PC en tussen PC en beamer. Ook de beamer straalt. Alles laagfrequent en met puls vormen die heel ver afstaan van de ideale 'schone' sinusvorm van de netspanning.

6.8. Velden in kantooromgevingen

Velen ontwikkelen op kantoor ernstige EHS klachten. De precieze oorzaak daarvan is niet in elk individueel geval te achterhalen, maar meerdere typen EMV zijn bijna altijd in kantoren te vinden.

Communicatiesystemen

Er wordt steeds meer gebruik gemaakt van hoogfrequente digitale systemen als WiFi, Dect telefoon voor contacten binnenshuis en van mobieltjes of smartphones voor externe contacten. Afhankelijk van de materialen die voor de bouw zijn gebruikt kunnen

6. EMV binnenshuis en onderweg

er binnen het gebouw hinderlijke veldverdichtingen (hotspots) voorkomen, als er veel reflectievlakken zijn. Metalen gevels, zonwerend glas, metalen kastwanden en dergelijke weerkaatsen radiofrequente velden. Daar komt bij dat mobiele telefoons op maximale sterkte gaan zenden, wanneer er door afscherpende gevelbekleding en glas slechts moeizaam contact met de betreffende zendmast kan plaatsvinden.

Het gebruik van flexibele werkplekken in kantoorruimtes impliceert dat werknemers zich meer en meer bedienen van laptops, tablets of computers die op alle plekken inzetbaar zijn en voornamelijk via WiFi met de omgeving of met het internet communiceren. Daartoe moeten er overal WiFi access points zijn geïnstalleerd.

Computerschermen

Het gebruik van beeldschermen is op zich al een risicofactor, omdat daar altijd enige EMV vanaf komen. Omdat alle monitors tegenwoordig voldoen aan de Zweedse TCO normen zijn die velden niet erg sterk en zeker de nieuwe LED schermen produceren weinig velden. Wat echter niet wegneemt dat sommigen daar extra gevoelig voor zijn geworden. Het zijn in het bijzonder de laagfrequente magnetische wisselvelden die hierbij een rol spelen. Aan de achterkant en zijkant van het scherm zijn die velden overigens sterker dan aan de voorkant.

Het nadeel van het werken met laptops is dat er sterke elektrische en magnetische wisselvelden vanaf komen. De elektrische zijn enigszins af te schermen door aansluiting op een geaard stopcontact, wanneer er tenminste een geaarde stekker aan zit. Tegen de magnetische velden is weinig te doen; die komen vooral aan de onderkant vrij.

Verlichting

Zoals eerder gezegd kunnen TL buizen en spaarlampen erg storen. Dat zou vooral kunnen gelden voor de nieuwe generatie van dimbare TL buizen, die op veel hogere frequenties werken, in het tientallen kHz gebied. Het licht uit die buizen flinkt niet meer voor onze ogen; daar staat tegenover dat die buizen een zekere variatie in frequentie rond een bepaalde instelwaarde hebben. Omdat sommigen rapporteren dat ze in zo'n TL milieu gestresst raken, is het denkbaar dat er zeer laagfrequente interferentievelden gaan ontstaan, die daar debet aan zijn.

Tabel 6-5. Velden in Kantoren, in vergelijking tot TCO en ICNIRP richtlijnen

Type veld	Natuurlijke achtergrond	Kantoor achtergrond	Richtlijnen praktijk	ICNIRP richtlijnen
ELF <i>elektrisch</i> 5-2000 Hz	0,001 V/m	10-50 V/m	10 V/m (TCO)	5000 V/m (50 Hz)
VLF 2-400 kHz		1 V/m		87 V/m (3-1000 kHz)
ELF <i>magnetisch</i> 5-2000 Hz	0,001 nT	20-250 nT	200 nT (TCO)	100.000 nT (50 Hz)
VLF 2-400 kHz			25 nT (TCO)	6250 nT (0,8-150 kHz)
RF 30 MHz - 300 GHz	0,000.001 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	10-500 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (BioInitiative)	10.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Statisch <i>elektrisch</i>	50-500 V/m	200-10.000 V/m	500 V/m (TCO)	
Statisch <i>magnetisch</i>	0,1 - 1 μT	1-10 μT	<20 μT (SBM2008)	40.000 μT Guideline 1994

6. EMV binnenshuis en onderweg

In Canada heeft Katharina Gustavs (2008) een aantal velden in kantoren gemeten en de waarden vergeleken met enerzijds de natuurlijke achtergrondwaarden en anderzijds de ICNIRP richtlijnen (tabel 6-5). De waarden zijn zuiver indicatief, omdat kantoren erg verschillen in o.a. de geïnstalleerde apparatuur en het veel uitmaakt of men in de vrije ruimte meet, dan wel vlak bij een apparaat. De gegeven waarden zijn in de vrije ruimte. Daarbij valt op dat de metingen in kantoor heel veel hoger uitvallen dan in de vrije natuur, maar dat de waarden weer veel lager zijn dan de richtlijnen van de ICNIRP.

6.9. Elektromagnetische velden onderweg

Velden in auto's

Velen hebben problemen met het reizen per auto. Dat komt doordat moderne auto's zijn uitgerust met veel automatische elektrische functies en met digitale besturingssystemen. De meer geavanceerde auto's zitten vol met elektronica. Al die dingen verspreiden velden die door sommigen niet goed worden verdragen.

Wie moet meerijden, doet er goed aan op grote afstand van het motorcompartiment te gaan zitten: achterin en zich zo klein mogelijk te maken om een minimum aan elektrische en magnetische wisselvelden te moeten incasseren. Statische oplading van rijdende auto's is een probleem op zichzelf, dat verholpen kan worden door het aanleggen van een sleepcontact met de weg. Voor wisselvelden, die we hier bespreken, gaat dat niet op.

Auto's met verbrandingsmotoren. Elektrogevoelige personen kiezen een auto van ouderwetse makelij (zie onder). Deze zijn nog voorzien van mechanische brandstofinjectie, een ver naar voren liggende dynamo, elektrische installaties en ontsteking, liefst met dieselmotor, met een minimum aan elektronica en zonder onnodige elektrische systemen, bijvoorbeeld het type dat is afgebeeld in figuur 6-37. Het enige type auto dat acceptabel lijkt te zijn is dat met een dieselmotor, zonder elektronische brandstofinjectie of andere elektronische systemen. Die worden tegenwoordig waarschijnlijk nergens meer gemaakt. Om zo'n oude diesel te bemachtigen is men aangewezen op gebruikte auto's uit het eind van de 20^e eeuw. Aanschaf daarvan is niet moeilijk, maar zal in de loop der jaren wel problematisch worden. Dergelijke auto's zijn elektrisch vrijwel ontstoord. Het nadeel van oude auto's is dat ze het milieu belasten met meer vieze uitlaatgassen.



Figuur 6-37. Voorbeeld van een auto met conventionele dieselmotor zonder elektronische brandstofinjectie en met een minimum aan elektronica; geliefd bij elektrogevoeligen (Mercedes C220, bouwjaar 1997).



Figuur 6-38 Voorbeeld van een auto met hybride aandrijving die men beter kan mijden, gezien de geïnstalleerde elektronica (Toyota Prius).

De elektrische velden uit het motorcompartiment worden wel door de stalen carrosserie weggehouden, maar magnetische wisselvelden gaan overal doorheen. Het zijn vooral de niet-sinusachtige rimpelingen in de gelijkstromen die onregelmatige magnetische

6. EMV binnenshuis en onderweg

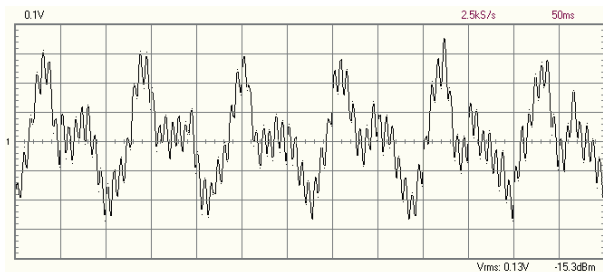
wisselvelden veroorzaken, overal waar stroom loopt. Notoire verstoorders van de 12 volt gelijkspanning zijn de dynamo en spanningsregelaar, ventilator, ruitenwisser en airconditioning.

Auto's met elektromotoren. Geheel elektrische auto's zijn nog zeldzaam. Maar hybride-auto's met zowel een verbrandingsmotor als elektromotor (figuur 6-38) beginnen talrijk te worden. Niet ieder voelt zich daar goed in. Veldmetingen in een aantal verschillende merken wijzen uit dat er op sommige plekken sprake is van sterke tot zeer sterke magnetische velden. Die hangen samen met sterke stromen, die door de elektrische generator worden geproduceerd om de accu's tijdens het rijden bij te laden. Bij het elektrisch rijden zijn het de stromen uit de accu's, die de elektromotoren aandrijven. Tel daarbij op de gepulste stromen en spanningen van het management systeem en de problemen liggen voor elektrogevoelige personen voor het oprapen. Niet alle stoelen zijn even sterk belast. Om een indruk te geven, de velden op de rechter achterstoel van de Toyota Prius kunnen enkele duizenden nanoTesla bedragen.

Mobiel bellen in de auto

Mobiel bellen in auto's wordt afgeraden omdat de hoogfrequente velden van het mobieltje of de smartphone zonder verdere maatregelen heel sterk worden. De stalen carrosserie geeft interne reflecties van de golven, wat leidt tot een grote dichtheid van hotspots. Warmtewerende beglazing helpt tegen instraling van de warmte van de zon, maar geeft daarentegen sterke reflecties van de golven, die daardoor vooral binnen blijven. De zendmast wordt moeilijk bereikt, zodat het mobieltje op topvermogen werkt om contact te leggen.

Het is veel beter de telefoon aan te sluiten op een systeem waarbij de telefoonsignalen naar buiten worden geleid, naar een externe antenne. Het is niet voor niets dat ook de ontvangstantenne voor de radio aan de buitenkant van de auto is bevestigd; binnenin is er vrijwel geen ontvangst mogelijk. Helemaal mooi is het een 'hands-free' systeem te hebben waarbij men de handen aan het stuur kan houden. Of dat de verkeersveiligheid vergroot is nog in discussie; zeker is dat het element van afleiding van de gedachten een verminderd contact met het verkeer op de weg oplevert en daardoor een grotere kans op ongelukken..



Figuur 6-39. Extreem laagfrequente magnetische wisselvelden veroorzaakt door een autoband, opgenomen tegen de binnen-wielkast van een personenauto. Iedere piek stelt een omwenteling voor. De fijnere piekjes komen uit de elektronica van de auto.

Horizontale as: 50 msec/vakje.

Velden door roterende autobanden

De inzittenden van personenauto's en vrachtauto's staan bloot aan sterke velden, die worden opgewekt door de rotatie van de staalgordel radiaalbanden onder de auto. Die staalgordel heeft plekken met magnetische zones die tijdens het productieproces ontstaan. Bij de omwentelingen in het aardmagnetische veld ontstaan hierdoor

6. EMV binnenshuis en onderweg

laagfrequente magnetische wisselvelden die dwars door de stalen carrosserie heendringen en die honderden tot duizenden nanoTesla magnetische wisselvelden kunnen bedragen (figuur 6-39). Sommige personen kunnen daar niet tegen en worden wagenziek.

Problemen ontstaan doordat de vier banden elk een ander veldprofiel hebben en bij het rijden een complex resulterend magnetisch veld geven. De banden draaien niet alle precies even snel, door verschillen in bandenspanning en slijtage. Het wisselveld, met een frequentie van ca. 20 Hz bij een snelheid van 100 km/u, wisselt daardoor voortdurend van richting. Wagenziekte kan hiervan het gevolg zijn.

De remedie is demagnetisatie van de banden door er een sterk 50 Hz veld op los te laten. Een demagnetisatiespoel werkt als volgt. Een sterke 50 Hz stroom uit een wandcontactdoos veroorzaakt in de opening van de spoel een zeer sterk magnetisch wisselveld (zie figuur 6-40). Wanneer dat veld in contact komt met een stalen voorwerp dat permanent magnetisch is geworden, bijvoorbeeld een schroevendraaier, een schroef of bout, of de stalen wapening van een radiaalband, dan wordt de magnetisering opnieuw ingesteld, op zo'n manier dat het magnetisme gelijkmatig over het staal wordt verspreid. Na verloop van tijd wordt het oorspronkelijke magnetisme altijd weer hersteld. Bij intensief gebruik van de auto op snelwegen zullen stalen wegconstructies een hermagnetiserend effect hebben. Een behandeling moet daarom periodiek herhaald worden. In de provincie met overwegend landwegen lijkt dat effect minder sterk te zijn.

Fietsbanden



Figuur 6-40. Magnetische zones in staaldraad van fietsbanden. Demagnetiseren m.b.v. een 50 Hz demagnetisatie apparaat.



Figuur 6-41. Trein die bij het optrekken en elektrisch afremmen sterke laagfrequente pulsen op de bovenleiding zet.



Figuur 6-42. Vliegtuig compartiment. De meeste datakabels liggen boven het plafond. De sterkste laagfrequente velden heersen direct onder het plafond.

Race- en terreinfietsen gaan doorgaans hard en sommige mensen worden daar onnatuurlijk moe van en moeten soms afstappen. Dat is het gevolg van de extreem laagfrequente magnetische wisselvelden die ontstaan door de draaiende banden. Net zoals bij de autobanden hebben ook gewone fietsbanden stalen onderdelen die bij het productieproces een magnetische zone krijgen. Dat is de stalen velgdraad aan beide zijden die de band de nodige sterkte moet geven. Door een kompasje of veldsterktemeter bij een draaiende band te houden is dat heel gemakkelijk te constateren. Er zijn twee oplossingen: de banden vervangen door een 'vouwband', die geen staal maar een kunststof wapening heeft, of een demagnetisatie van de band uitvoeren (zie figuur 6-40).

6. EMV binnenshuis en onderweg

Magnetische remmen in toebussen in de bergen

Mensen met een pacemaker moeten in een moderne autobus niet boven de motor gaan zitten. Die bussen hebben vaak magnetisch vertragende bergremmen. Door de zeer sterke velden daaromheen kan een pacemaker van slag raken.

Vliegtuigelektronica

In deze tijd van digitale besturingstechnieken zijn vliegtuigen uitgerust met kilometers datakabel voor besturingsdoeleinden. Hoewel die kabels zijn afgeschermd om 'overspraak' tussen de naastgelegen kabels te voorkomen stralen ze nog veel laagfrequente velden uit: gemakkelijk vele honderden nanoTesla. Veldmetingen in enkele 2-motorige toesteltypen wezen uit dat kabels met laagfrequente signalen boven het plafond lopen (figuur 6-42). In het gedeelte tussen cockpit en vleugel zijn de signalen het sterkst. Wanneer er keus is, kan men het beste een stoel reserveren in het deel achter de hoofd vleugel. Blijf de hele reis rustig zitten want rechtop staan brengt het hoofd heel dicht bij het plafond waar de meeste leidingen lopen en waar zeer sterke laagfrequente velden heersen. Vliegtuigtypen zullen verschillen in de velden die ze binnenin produceren; het lijkt dus verstandig een laagfrequent meter voor magnetische velden mee te nemen en snel de situatie door te meten. Ga niet lang rondlopen want dan komt men van de regen in de drup. Ga ook niet aan het werk met een veldmeter met antenne omdat de bemanning dan buitengewoon zenuwachtig wordt. Volgens de vervoerreglementen mag men geen antenne binnen bereik hebben omdat men vreest met een terrorist van doen te hebben.

Motorfietsvelden

Moderne motoren hebben bijna evenveel elektronica als een auto. De accu, spanningsregelaar, bobine en bougies zitten vlak onder het zadel. De laagfrequente velden zijn enorm sterk. Er is een groep van verontruste motorrijders in de USA, die waarschuwt dat onder fervente motorrijders veel gevallen van kanker voorkomen: kankers aan de prostaat en dikke darm, daarnaast erectie- en potentiële storingen bij mannen.

Elektrische fietsen en scootmobiel

Deze voertuigen zijn voor elektrogevoeligen niet aan te raden wegens de straling die de berijder ondergaat. De elektronische bedieningsorganen aan het stuur geven een zekere straling, vooral veroorzaakt door het LCD scherm. De sterkste velden worden tijdens het rijden veroorzaakt door de elektromotor, de kwalijkste door de digitale elektronica van de vermogensregulatie.

Trein velden

De reiziger staat in de trein bloot aan meerdere velden. Vanaf de bovenleiding komen o.a. elektrische velden vrij van de 1500V en 300Hz gerimpelde gelijkspanning, die via de ramen binnenkomt (figuur 6-41). Vanaf de stroomafnemers, smoorspoelen en tractiemotoren onderin komen sterke magnetische wisselvelden vrij. Het is daarom zaak een coupé en stoel uit te zoeken daar zo ver mogelijk vandaan, op de verdieping van dubbeldekkertreinen, tussen de wielstellen of langs het gangpad, om aan de sterkste velden te ontsnappen. Een door een losse locomotief voortgetrokken trein is altijd te verkiezen boven een dubbeldekker of andere zelfbewogen treintypen.

6. EMV binnenshuis en onderweg

Maar de techniek schrijdt voort en de motoren van de hogesnelheidstrein in Duitsland, de CEE, zijn dermate goed geconstrueerd, dat pal daarboven nauwelijks EMV zijn te meten. Maar niet alle plekken zijn bemonsterd en we beschikken niet over EMV gegevens van de Franse treinen, de TEE en de Thalys. Nu de intercitytreinen zijn uitgerust met WiFi is het verblijf in de trein problematisch aan het worden. Hopelijk blijven er rijtuigen die deze voorziening niet hebben, anders wordt het zaak om te leren reizen met boemeltjes. Of men moet zich afschermen met alles omhullende stralingwerende voile. Dat geeft zeker gesprekstof met medereizigers.

Een toenemend gevaar schuilt in het mobiele bellen van medepassagiers. In de trein is men altijd omgeven door staal, warmtewerend glas en andere materialen die relatief ondoordringbaar zijn voor de velden van het zendende mobieltje. Het moet om die reden extra hard zenden om zich bij de zendmast buiten de trein 'verstaanbaar' te maken. Binnen geeft dat veel reflecties van eigen velden, maar ook van velden van anderen in de coupé die ook zitten te bellen. Japans onderzoek heeft uitgewezen dat de veld dichtheid bij vijf of meer bellende personen boven de toch al hoge grenswaarde kan uitkomen, die door ICNIRP voor mobieltjes is gesteld. Hetzelfde bezwaar van mobiel bellen geldt natuurlijk voor andere gesloten compartimenten als auto's en liften.

Logies onderweg

Gebruik makend van de gegevens op internet (bijvoorbeeld via het Antenneregister en de website www.umtsmasten.nl) is gemakkelijk na te gaan waar zendmasten en WiFi hot spots, of FON access points zijn geplaatst. Bij het uitzoeken van een kampeerplaats of hotel is daar rekening mee te houden. De meeste moderne hotels hebben voor hun gasten faciliteiten voor (gratis) mobiel internetten met een centraal geplaatste WiFi hotspot (access point). Bespreek een kamer die ver verwijderd is van dat punt. De kleinere hotels hebben die voorzieningen soms nog niet en hebben daarom wellicht uw voorkeur.

Shopperen

Veel elektrogevoeligen mijden winkelcentra in sommige steden, grote winkels en shopping areas wegens de daar ondervonden hinder van EMV. De oorzaak is niet eenduidig aan te geven, het is waarschijnlijk een cumulatie van factoren: TL buizen, WiFi, elektronische bewakingssystemen, Dect telefoons, datanetwerken voor de afrekeningsystemen. Daarnaast de vele klanten met mobieltjes of smartphones. Samen met de spanning van het winkelen, de haast om weg te komen en de beduchtheid op blootstelling aan EMV zorgt dat voor elektrogevoeligen voor veel problemen.

Bijna alle winkels zijn bij de uitgang voorzien van detectiepoortjes waarmee onbetaalde artikelen (lees: niet-gedeactiveerde chips) worden opgespoord en een alarm in werking wordt gesteld. Alle artikelen zijn eerder door het personeel, of al bij de fabricage, voorzien van een label met chip die bij doorgang door het poortje een signaal laat afgaan. Bij bestraling door het veld. Alleen wanneer het artikel op reguliere manier de kassa is gepasseerd geeft die chip geen signaal af dat er nog betaald moet worden. Winkels hebben allemaal een verschillend systeem en de velden kunnen heel sterk zijn. Dat kan voor kassapersoneel die in de buurt van die poortjes hun werk doet heel vervelend uitpakken. Maar ook bezoekers die daar blijven staan worden door die velden getroffen.

6. EMV binnenshuis en onderweg

RFID systemen (*Radio frequency identification*).

Meer in het algemeen is de blootstelling aan dit soort RFID systemen in bibliotheken en sommige typen winkels voor bedienend personeel gevaarlijk. De klant hoeft maar even zijn artikel, geleend boek of CD te laten scannen. Maar de baliemedewerker zit de hele dag in het veld dat het systeem permanent uitzendt om passerende artikelen te identificeren. Dergelijke voorzieningen zouden moeten worden afgeschermd, zodat de medewerker er minder hinder van gaat ondervinden. Omdat RFID systemen een steeds belangrijker rol gaan spelen in vele sectoren van handel en goederenstromen zou er meer aandacht moeten gaan naar beveiliging van het personeel.