

# Helbredseffekter fra ikke-ioniserende elektromagnetiske felter og elektromagnetisk stråling - en oversigtsartikel inspireret af Neil Cherry's arbejder

af *Nikolaj Holtermann*, *cand.scient. og sundhedskonsulent*

## **Kontaktdata**

Nikolaj Holtermann, sundhedskonsulent  
cand. scient. (geografi), bac.scient. (kemi)

Rosengården 14, 3.tv

DK - 1174 København K

tlf 33930070

email [nvhh@get2net.dk](mailto:nvhh@get2net.dk)

[www.sundhedskonsulenten.tk](http://www.sundhedskonsulenten.tk) (.tk og ikke .dk)

[http://hjem.get2net.dk/nikolaj\\_holtermann](http://hjem.get2net.dk/nikolaj_holtermann)

## **Abstract**

Nedenstående tekst er en oversigtsartikel over helbredseffekter fra elektromagnetiske felter og elektromagnetisk stråling. Der tages udgangspunkt i Dr. Neil Cherry's videnskabelige studier af området. Newzealandske Neil Cherry har primært bygget sin forståelse af EMF/EMR-problematikken på litteraturundersøgelser [1,2,3].

Cherry's vigtigste bidrag til forskningen i elektromagnetiske felter og elektromagnetisk stråling (forkortet *EMF* og *EMR*) er dokumentationen af, hvorfor en udelukkende biokemisk tilgang til emnet ikke giver tilstrækkelig forståelse for helbredseffekterne. Det er vigtigt at supplere med en biofysisk forståelse, da kroppen er en følsom elektromagnetisk mekanisme, som kun fungerer indenfor snævre intervaller af elektromagnetiske påvirkninger.

De vigtige biofysiske funktioner, som kroppen udfører med naturlige elektromagnetiske signaler, styrer bl.a. hjerne, centralnervesystem, hjerte, motor neuron system, samt alle de enkelte celler i kroppen. Et praktisk

eksempel, der dokumenterer kroppens naturlige elektromagnetisme, er de elektriske EKG- og EEG-apparater, som benyttes i sundhedsvæsenet til at følge hjerte- og hjernerytmer. Et andet eksempel er pacemakeren, der i tilfælde af mangel på en velfungerende, naturlig stimulation af hjertet, kan overtage impulserne til hjertet, så hjerteslagene kan foregå regelmæssigt. Et eksempel på følsomheden i systemer, der benytter EMF/EMR til den interne kommunikation, er når Dankortterminaler, flykommunikationssystemer eller hospitalssystemer, påvirkes af mobiltelefoni. Menneskets fintfølede elektromagnetiske system bliver tilsvarende påvirket af eksterne elektromagnetiske felter og stråling. Den manglende erkendelse af betydningen af disse biofysiske funktioner betyder, at helbredseffekter fra EMR-EMF undervurderes med den følge, at grænseværdier for elektromagnetiske påvirkninger sættes for højt og i det hele taget benyttes forkert. Desuden umuliggør den manglende forståelse for biofysikken korrekte tolkninger af epidemiologiske undersøgelser af elektromagnetiske påvirkninger. Et stort problem ved epidemiologiske undersøgelser af EMF/EMR-påvirkninger er, at ikke-eksponerede grupper i praksis ikke findes. Næsten alle borgere i den vestlige verden er udsat for påvirkning fra lavfrekvente (ELF) elektriske ledninger og apparater lokalt, og kan modtage radio-, TV- og mobiltelefon-signaler overalt. Alle mennesker i hele verden er udsat for eksponering for kortbølge-radiosignaler (RF) og mikrobølge-stråling (MW) fra satellitter.

De studier, som forstår mekanismerne bag de sundhedsskadelige effekter af EMF og EMR, dokumenterer samstemmende en tydelig og konsistent dosis-afhængig sammenhæng mellem udsættelse for elektromagnetiske felter og stråling og de resulterende helbredseffekter.

## ***1 Indledning***

Nedenstående tekst er en oversigtsartikel over helbredseffekter fra elektromagnetiske felter og elektromagnetisk stråling (forkortet *EMF* og *EMR*). Der er hentet inspiration i Dr. Neil Cherry's videnskabelige studier af området. Newzealandske Neil Cherry har primært bygget sin forståelse af EMF/EMR-problematikken på litteraturundersøgelser [1,2,3].

## ***2 Grundlæggende principper bag elektricitet og***

## *elektromagnetisme*

Den læser, som i forvejen forstår disse grundlæggende principper eller læseren, der hellere vil koncentrere sig om helbredseffekterne, kan med fordel springe dette afsnit over.

### **Elektricitet og elektriske felter**

Elektricitet beskriver vekselvirkninger mellem positivt og negativt ladede partikler (som eksempelvis ioner og elektroner). Den kan være stillestående (elektrostatisk) eller være i bevægelse som jævnstrøm eller som ledningsnettets vekselstrøm (være elektrodynamisk) (se oversigt i Tabel 1).

Elektrostatisk elektricitet opstår, når et objekt oplades med enten positive eller negative ladninger. En mere korrekt betegnelse er derfor *statisk ladning*. I et statisk felt vil der være en vis afstand mellem de positive og negative ladninger. Elektroner og ioner vil derfor kun kunne bevæge sig enkeltvis fra et sted til et andet, i stedet for at bevæge sig i en lang række som i en elektrisk strøm. Statiske ladninger er fx årsag til, at en billedskærm nemt samler støv. Fænomenet kan også mærkes ved at sætte en arm op mod skærmen. Man kan da mærke en prikken i huden, og hårene vil måske tiltrækkes af skærmen. En skærm vil normalt danne et stærkt positivt ladet felt på overfladen, mens et menneske ofte er negativt ladet pga. opladning fra kunststoffer i tøj, møbler m.m. Ioner vil da kunne bevæge sig fra skærmen mod personen for at udligne denne spændingsforskel.

I denne gennemgang vil der blive lagt størst vægt på elektrodynamikken og ikke så meget på elektrostatikken.

Der siges at være spænding i en genstand, når den er opladet med enten positive eller negative ladninger (spændingen ( $U$ ) måles i Volt). Elektriske strømme opstår som følge af spændingsforskelle (også kaldet et elektrisk potentiale eller elektrisk potentialdifference) mellem objekter.

Strømstyrken ( $I$ ) måles i Ampere og udtrykker den ladning, der løber i et medie per tidsenhed. Et eksempel er spændingsforskellen i en ledning mellem de to ender, hvilket får en strøm af elektroner til at bevæge sig i en ledning. Der skal dog tilføres energi for at vedligeholde strømmen pga.

friktionen med metalionerne. Derved udvikles varme i ledningen. Man kan også have en elektrisk strøm i en elektrolyt (fx i spyt, jf. frigivelse af tungmetal-ioner fra tandfyldninger af amalgam eller andre kropsvæsker), eller i en gas (fx i luften). Her er det ioner, der er ladningsbærere.

Tilsvarende kan der eksistere spændingsforskelle mellem to forskellige genstande, som fx mellem et menneske og en billedskærm. Naturlige ligevægtsbevægelser vil forsøge at neutralisere spændingsforskelle mellem to objekter, der befinder sig med en vis afstand til hinanden, hvorved et elektrisk felt opstår som;

$$\text{Spændingsforskel (Volt) / afstand (meter) = Elektrisk feltstyrke (V/m) = E}$$

Elektromagnetisk type	Elektriske felter	Magnetfelter
<b>Frekvens</b>	Kilder: Elektriske spændingsforskelle samt induktion ud fra magnetfelter og andre elektriske strømme. Generelt: Elektriske felter kan overføre energi til elektriske ladninger.	Kilde: Jævnstrøm og vekselstrøm Generelt: Magnetfelter overføre energi til ladninger, blot ændre deres retning, derimod overføre energi til magnetiske dipoler.
Vekselstrøm (> 0 Hz), fx ledningsnettets 50 Hz	Elektrisk vekselfelt af samme frekvens som transmissionsnettet. Vekselstrøm inducerer elektriske strømme i mennesker. $\epsilon$ er mediets permittivitet og udtrykker gennemtrængelighed af det elektriske felt i en given genstand.	Magnetisk vekselfelt af samme frekvens som transmissionsnettet. Veksellende magnetfelter inducerer elektriske strømme i mennesker. $\mu$ er permeabilitet, og udtrykker gennemtrængelighed af magnetfeltet i et materiale.
0 Hz (statisk ladning)	Jævnstrøm: Kontinuerlige elektronbevægelser. Inducerer ikke elektriske strømme i mennesker.	Statisk magnetisme inducerer jævnstrøm (eksempelvis i en magnet indeni selve magneten).

**Tabel 1 Forholdet mellem elektriske felter og magnetfelter samt mellem jævnstrøm og vekselstrøm.**

Da det elektriske felt fra en ledning opstår som følge af spændingsforskelle mellem elektroner i ledningen og omgivelserne, eksempelvis en person,

skal man i praksis tage ledningen ud af stikkontakten, og ikke blot slukke for apparatet, hvis man vil undgå en permanent spændingsforskel og dermed et elektrisk felt omkring en ledning eller et elektrisk apparat. Ved at slukke for apparatet og derved for strømmen opnår man blot at eliminere det magnetiske felt (læs mere om magnetfelter i næste afsnit).

Det gælder endvidere om den elektriske feltstyrke, at

$E = \rho/\epsilon$  (hvor  $\rho$  er densiteten af elektriske ladninger i  $C/m^3$  og  $\epsilon$  er mediets permittivitet, der udtrykker gennemtrængelighed af det elektriske felt i en given genstand i  $F/m$ ).

En anden kilde til et elektrisk felt er ud fra et magnetfelt ved såkaldt elektromagnetisk induktion, eller blot induktion. Når en leder, såsom et menneske, bevæges i forhold til et magnetfelt, flyttes også lederens elektroner, og da disse er negativt elektrisk ladede, påvirkes de af en kraft i én bestemt retning, så resultatet bliver en ladningsforskydning i lederen, dvs. en elektrisk strøm. Det er egentlig logisk, idet magnetisme blot er et udtryk for tiltrækning og frastødning på grund af elektrisk ladede partikler i bevægelse. En elektromagnetisk induceret strøm er proportional med frekvensen og ikke med magnetfeltstyrken. Dette kan være en medvirkende forklaring til, at mange eloverfølsomme personer reagerer på højfrekvente magnetfelter, selv når disse er svage i intensitet (se afsnit 6 om helbredseffekter fra VLF og LF elektromagnetiske felter).

Induktion kan også generere elektrisk strøm ud fra en strøm i en anden ledning. Nedenstående ligning beskriver, hvordan et cirkulært elektrisk felt ( $\nabla * E$ ) dannes rundt om et magnetfelt ( $\Delta H$ ), der skifter med frekvensen  $f$ :

$$\nabla * E = -\Delta H * f$$

Det fremgår, at en høj frekvens af magnetfeltet vil inducere et stærkt elektrisk felt. Frekvensen måles i Hz og udtrykker antal svingninger per sekund, dvs. antal fortegnsskift af ladningerne mellem positiv og negativ.

De elektriske feltlinier begynder og ender i de ladede genstande. Det

elektriske felt kan udfries ved at blive ledt gennem en jordet genstand, fx et menneske.

Jævnstrøm er en ensrettet elektrisk strøm af næsten konstant styrke.

Vekselstrøm er en elektrisk strøm, der skiftevis bevæger sig i den ene og i den anden retning i en ledning, iden den veksler mellem positive og negative ladninger med en given frekvens (dvs. svingningstakt).

### **Elektromagnetisme – magnetisme fremkaldt af elektricitet**

Elektromagnetisme er magnetisme fremkaldt af elektriske strømme. Mens elektriske felter opstår som en følge af spænding, opstår magnetfelter som følge af en elektrisk strøm. Magnetfeltstyrken forkortes H og måles i A/m, i Tesla eller i Gauss.

Rundt om strømførende ledninger vil der dannes cirkelformede magnetfeltlinier vinkelret på den elektriske strøm. Ved jævnstrøm dannes en permanent magnet (ligesom jordens), mens vekselstrøm giver et skiftende magnetfelt sammen med det skiftende elektriske felt (henholdsvis magnetiske og elektriske vekselfelter) (se Tabel 1). Den magnetiske flux densitet (B) udtrykker magnetfeltets styrke i et tværsnit og afhænger af et materiales permeabilitet ( $\mu$ , dvs. gennemtrængelighed for et magnetfelt – jf. permittivitet for det elektriske felt):

$$B = \mu * H \text{ (W/m}^2 = \text{Tesla/m}^2)$$

### **Elektriske og magnetiske vekselfelter og interaktion med andre materialer**

Interaktionen mellem den tilførte strøm og kroppen bliver mere indviklet af, at kroppen selv har interne elektriske strømme. I en elektrisk neutral genstand er netto-ladningen nul (makroskopisk neutral), selvom der på det mikroskopiske plan kan forekomme ladningsforskydninger. Hvis der kommer påvirkninger fra et eksternt elektrisk felt, vil genstanden ikke længere være elektrisk neutral, før der er opnået en udligning af ladninger. Derved dannes et nyt internt elektrisk felt. De elektriske felter kan interagere på forskellige måder i et objekt.

På det makroskopiske plan interagerer de elektriske felter med ladningerne

på tre måder:

1) Ved induceret polarisation dannes små elektriske dipoler i genstanden ved at positive og negative ladninger flyttes i hver sin retning pga. påvirkningen fra de elektriske felter. I nogle genstande eksisterer disse dipoler allerede, fx i et menneske, men er tilfældigt orienteret, således at netto-ladningen er neutral.

2) De nydannede samt allerede eksisterende dipoler nyorienteres i forhold til de elektriske felter, således at negative ladninger orienteres *imod* elektronernes bevægelsesretning og positive ladninger *med* elektronernes retning.

3) Der foregår en bevægelse af frie ioner og elektroner (men ikke dipoler) som "ledende strøm" på grund af det elektriske felt. Det er kun vekselstrøm, der inducerer elektriske strømme i ledende genstande, såsom mennesker, jævnstrøm gør ikke. Elektriske felter fremkaldt af 50 Hz vekselstrøm gennemtrænger ikke kroppen, men trækker kroppens egne ladninger af modsat fortegn ud til huden. Derved dannes en elektrisk strøm, der går fra overfladen af kroppen og ned mod fødderne og jorden. Således bliver mennesket en del af et elektrisk kredsløb, der "har til formål" at jorde – og derved neutralisere – et elektrisk potentiale, der er til stede mellem det elektriske objekt og omgivelserne. Den strøm, som bevæger sig gennem menneskekroppen, vil reducere kroppens interne elektriske strøm. Den inducerede strøm er for svag til at trænge gennem cellemembraner, og vil derfor mest være til stede mellem cellerne.

Punkt 1 og 2 redegør tilsammen for et medies permittivitet, mens punkt 3 udtrykker konduktiviteten.  $\epsilon_r$  er den relative permittivitet (også kaldet dielektricitetskonstanten), og udtrykker mediets permittivitet i forhold til permittiviteten af luft.

Eksterne magnetiske felter interagerer med objekter ved at nyorientere permanente magnetiske dipoler (svarende til ovenstående punkt 2 for interaktion med et elektrisk felt), hvilket udtrykker objektets permeabilitet. I modsætning til elektriske felter trænger magnetfelter gennem

eksempelvis vægge og magnetiske vekselstrømsfelter genererer hvirvelstrømme i mennesker.

Den elektrisk flux densitet ( $D$ ) i et dielektrisk medium, som fx biologisk væv med mange små dipoler, er direkte proportional med det elektriske felt og mediets permittivitet ( $\epsilon$ ):  $D = \epsilon E$

### **Energi absorption**

Elektriske felter kan overføre energi til elektriske ladninger via de kræfter, det udfører på dem, mens et magnetfelt ikke overfører energi til ladningerne, men blot kan ændre deres retning. Magnetfelter kan overføre energi til magnetiske dipoler. Idet kroppen generelt ikke er magnetiseret, er sidstnævnte mekanisme dog ikke særlig relevant i forbindelse med helbredseffekter fra elektromagnetiske felter (EMF).

Effekten (eller ”styrken”) (eng. Power, forkortet  $P$ ) udtrykker, hvor hurtigt energien produceres eller forbruges. Den afhænger af potentialet ( $U$ ) og strømmen ( $I$ ), og måles i watt ( $W$ ) eller  $J/s$ :

$$P = U \cdot I$$

SAR, den specifikke absorptions rate, udtrykker hvor meget energi (i Joule), der absorberes af en given genstand med en specifik massefylde,  $\rho$  ( $kg/m^3$ ), og en effektiv konduktivitet (ledningsevne),  $\sigma_{eff}$  ( $S/m$ ):

$$SAR = (\sigma_{eff} * E^2(\text{gennemsnit})) / \rho = (\sigma_{eff} * E^2(\text{max})) / 2\rho \text{ (watt/kg)}$$

Den effektive konduktivitet for et medium har indbygget konstanter for den relative permittivitet, og varierer også med frekvensen af det elektriske felt. Jo større konduktivitet eller permittivitet, des større energitab vil forekomme, og des mere energi vil blive absorberet i et materiale.

Ovenstående gælder kun for mindre områder med homogene forhold. Hvis man skal beregne en gennemsnits-SAR for eksempelvis et menneske, er man nødt til at beregne alle de ”lokale” SAR-værdier og dernæst tage gennemsnittet.



Det gælder, at produktet af permittivitet og elektrisk feltstyrke skal være ens i to systemer, der har en fælles grænse, som krydses af et elektrisk felt:  
 $\epsilon_1 \cdot E_1 = \epsilon_2 \cdot E_2$

Ved lave frekvenser er permittiviteten af et elektrisk felt i muskelvæv  $10^6$  gange større end i luft, hvorfor feltstyrken vil være tilsvarende mindre i muskelvæv. Det betyder også, at elektriske felter nemt tiltrækkes af mennesker, der på grund af den høje permittivitet nemmere kan give jordforbindelse.

Det viser sig i praksis, at når det elektriske felt er parallelt med biologisk materiale, vil det inducerede interne elektriske felt generelt være stærkere, end når det eksterne felt krydser en grænseflade til det biologiske materiale.

### **Det elektromagnetiske frekvensspektrum**

Tilsammen udgør de elektriske og magnetiske vekselfelter elektromagnetiske bølger. Det er bølger udsendt af svingende elektriske ladninger, der kan bevæge sig gennem det tomme rum.

Udbredeshastigheden er lysets, dvs.  $3 \cdot 10^8$  m/s (c). Bølgelængde ( $\lambda$ ) og frekvens (f) varierer, og er omvendt proportionale med hinanden:

$$\lambda = c/f \text{ (m)}$$

Elektromagnetisk udbredelse af energi under det synlige lys kaldes ikke-ioniserende stråling, idet der ikke er nok energi i strålingen til at ionisere, altså danne ioner ved at spalte molekyler i de stoffer, der rammes af strålingen. Naturens kilder til ikke-ioniserende stråling er få og svage. Det drejer sig om solen, fjerne radio stjerner, andre kosmiske kilder og andre jordiske kilder, såsom lyn (primært i troperne). Den ioniserende del af det elektromagnetiske spektrum ligger over (udtrykt i frekvens) det synlige lys.

Idet elektromagnetiske fænomener opfører og udbreder sig forskelligt afhængigt af bølgelængden (og frekvensen), er det nødvendigt at betragte følgende tre situationer forskelligt:

- \* lave frekvenser ( $\lambda \gg L$ , dvs. bølgelængden er større end afstanden mellem kilde og det påvirkede objekt)
- \* middelhøje frekvenser ( $\lambda \approx L$ , bølgelængde og afstand er af tilnærmelsesvis samme størrelse)
- \* høje frekvenser ( $\lambda \ll L$ , dvs. bølgelængden er mindre end afstanden mellem kilde og det påvirkede objekt)

Ved lave frekvenser eksisterer det elektriske felt og magnetfeltet uafhængigt af hinanden som to separate enheder. Ved middelhøje frekvenser (typisk mellem 20 kHz og 1 MHz afhængigt af betragtningsafstanden) overgår de to feltyper til ét og samme fænomen, og udbredelsen skifter fra primært at være på feltform (EMF) til at være elektromagnetisk stråling (EMR), der udbredes i rummet. Der vil også ved lave frekvenser blive afgivet lidt energi i form af stråling, men ved eksempelvis ledningsnettets 50 Hz er det meget lidt i forhold til den andel af den elektromagnetiske energi, der befinder sig på feltform. Ved de allerhøjeste frekvenser af ikke-ioniserende stråling over 0,3 THz er den optiske teori gyldig. Det fremgår af Tabel 2, hvilke teorier der er gældende for hvert af de tre intervaller af det elektromagnetiske frekvensspektrum.

De forskellige frekvensers udbredelse af elektromagnetisk energi kan illustreres vha. en mikrobølgeovn, der udsender stråling med en frekvens på 2450 MHz (dvs. en bølgelængde på  $122 \text{ mm} = 122 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ) for at opvarme maden. Indeni vil der typisk være en pære, der oplyser ovnen, og dermed udsender energi ved  $0,5 \text{ } \mu\text{m} (= 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m})$ , som er en gennemsnitlig bølgelængde af synligt lys. Lyset vil kunne trænge ud gennem et vindue i ovnen, der har et filter med huller på eksempelvis  $2 \text{ mm} (= 2 \cdot 10^{-3} \text{ m})$  i diameter, således at mikrobølgestrålerne stoppes af filteret, mens det synlige lys kan passere gennem vinduet.

Det bør dog nævnes, at mange mikrobølgeovne ikke er tætte i samlingerne, og derfor tillader mikrobølger at trænge igennem ovnen. Man kan selv teste, hvorvidt en mikrobølgeovn er tæt, ved at placere en mobiltelefon i den lukkede ovn, og foretage et opkald til mobiltelefonen. Hvis telefonen svarer, er et signal af endnu længere bølgelængde gået igennem ovnen

(GSM eller 2g mobiltelefoner benytter 900 MHz, dvs. en bølgelængde på 332 mm).

Resonans forekommer når to forskellige systemer med tilnærmelsesvis ens frekvens, kommer i kontakt med hinanden, og så at sige koordinerer deres svingninger, som da bliver kraftigere. Der overføres mere energi mellem objekter af nogenlunde ens bølgelængder pga. resonant absorption. Derfor benytter bl.a. telekommunikation sig af høje frekvenser, da lavere frekvenser ville kræve meget store antenner, for at kunne optage de krævede energimængder til at transmittere kommunikation.

En antenne er et kredsløb (en strømkreds), der er designet specielt til at forstærke opfanget stråling. Selve det elektromagnetiske felt vil kunne udbrede sig fra antennen, men energien vil ikke kunne fortsætte sin bevægelse på bølgeform, når det først er absorberet i en strømkreds, som fx et menneske eller en anden antenne. Når strømmen gennem kredsløbet stopper, vil feltet ophøre med at eksistere. Det vil i praksis sige, at det er jordet, eller at energien er absorberet som arbejde (eksempelvis varme) i kredsløbet. Energien fra en udsendt elektromagnetisk bølge aftager med kvadratet på afstanden.

Bølgelængde, $\lambda$ (m)	Frekvens, f (Hz)	Elektromagnetisk form (bånd/kanal)	Eksempler på benyttelse	Energi[1] (eV)	Tec gylt
$10^7$ - $10^8$	3-30 Hz	Ultra Low Frequency, ULF	Tog-køreledninger (16,66 Hz)	$10^{-14}$ - $10^{-13}$	
$10^6$ - $10^7$	30-300 Hz	Extremely Low Frequency, ELF	Transmissionsnettet for vekselstrøm (50 Hz i Europa), elinstallationer i hjemmet (50 Hz), elektriske apparater	$10^{-13}$ - $10^{-12}$	
$10^5$ - $10^6$	300 Hz – 3 kHz	Voice Frequency, VF	Audio (lyd), ”gammeldags” (analoge) telefoner	$10^{-12}$ - $10^{-11}$	Kre (EN
$10^4$ - $10^5$	3-30 kHz	Very Low Frequency, VLF	Navigation, Sonar	$10^{-11}$ - $10^{-10}$	
$10^3$ - $10^4$	30-300 kHz	Low Frequency, LF	Billedskærme (liniefrekvente vekselfelter fra	$10^{-10}$ - $10^{-9}$	

$10^2-10^3$	300 kHz – 3 MHz	Medium Frequency	Computer- og TV) (typisk 60-85 kHz for nyere skærme), energisparepærer AM-radio	$10^{-9}-10^{-8}$	
$10^1-10^2$	3-30 MHz	High Frequency, HF	Kortbølge radio, CB radio kommunikation	$10^{-8}-10^{-7}$	
$10^0-10^1$	30-300 MHz	Very High Frequency, VHF	Trådløse telefoner, politi radio, FM radio, baby alarmer (27, 40 eller 433 MHz)	$10^{-7}-10^{-6}$	
$10^{-1}-10^0$	300 MHz – 3 GHz	Ultra High Frequency, UHF	Tetra radiokommunikation, Mobiltelefoni (2g=GSM v. 890-960 MHz, 3g=UMTS v. 1900-2200 MHz i Europa), trådløs telefoni, trådløse hovedtelefoner, mikrobølgeovne (2450 MHz), radar (0,9 – 24 GHz)	$10^{-6}-10^{-5}$	Mik (EN)
$10^{-2}-10^{-1}$	3-30 GHz	Super High Frequency, SHF	Trådløse netværk	$10^{-5}-10^{-4}$	
$10^{-3}-10^{-2}$	30-300 GHz	Extremely High Frequency, EHF		$10^{-4}-10^{-3}$	
$10^{-6}-10^{-3}$	0,3-300 THz	IR (infra-rød varmestråling)	Varmelamper, IR saunaer til medicinsk brug	$10^{-3}-1$	Opt
$3,9-7,7 \cdot 10^{-7}$	390-770 THz	Synligt lys	Glødepærer, optiske fiberkabler	1-2	

**Tabel 2 Den ikke-ioniserende del af det elektromagnetiske spektrum inddelt efter bølgelængde og frekvens.**

Generelt gælder det, at elektromagnetiske bølger trænger længere ind i menneskekroppen ved frekvenser under 100 MHz, der ligger tæt på den bølgelængde, hvor mennesket har sin optimale antenneeffekt, end ved højere frekvenser. Et systems optimale antenne-funktion svarer nemlig til en halv bølgelængde, hvilket ved 100 MHz er 1,5 meter. Højere frekvenser er til gengæld mere energirige og kan i øvrigt påvirke kroppen (og eksempelvis det autonome nervesystem) via andre mekanismer.

Der er altså forskellige mekanismer på spil, når en ekstern elektromagnetisk påvirkning af en given frekvens inducerer en intern elektromotorisk kraft i en genstand, fx et menneske. Udfaldet afhænger bl.a. af genstandens størrelse og form samt elektromagnetiske egenskaber (herunder ledningsevne og gennemtrængelighed).

### ***3 Fysiologiske forhold af betydning for interaktionen med EMF/EMR***

#### **Celler**

Biologiske celler er komplekse strukturer med ladede overflader. Cellerne er fyldt med stærkt ladede atomer og molekyler, der kan skifte orientering og bevæge sig som følge af eksterne kraftfelter. Der kan forekomme elektromagnetiske effekter på flere dele af cellen. Både cellemembranen, cytoplasmaet (den geleagtige substans indenfor membranen) samt selve celle-kernen (nukleus) er følsomme overfor elektromagnetiske påvirkninger.

DNA i cellekernen kontrollerer de fleste celle-aktiviteter i kroppen vha. protein-syntese. De mange celler i kroppen, der har en nukleus, vil ofte dele sig i to, og denne celledeling er særligt følsom overfor EMF- og EMR-påvirkninger. Det er derfor sandsynligt, at specielt børn (herunder fostre) er sårbare, hvilket også dokumenteres senere i denne artikel.

#### **Nervesystemet**

Nervevævet eller *nervesystemet* udgør infrastrukturen i menneskets kommunikationssystem. Det bruges til at føle, kontrollere og styre kroppen. Nervesystemet består af nerveceller (neuroner) og nervetråde (der samlet i et bundt kaldes for nerver).

Nervecellerne består af en cellekerne, der via et "ledningsnet" er forbundet med resten af kroppen. Nervecellerne kan være over en meter lange. De har lange ledningsagtige udløbere, der kaldes axoner (eller neuritter), som de udgående impulser følger. De er analoge til ledningsnettets transmissionsledninger. De indgående impulser bliver ledt gennem dendritterne, der er mindre end neuritterne. Kontakten med andre celler formidles af de såkaldte nerveender (synapser). Neuroner findes i alle

kroppens proteiner, hvorfra det kommunikerer med centralnervesystemet (CNS), som er nervesystemets overordnede del. Centralnervesystemet består af hjernen og rygmarven.

Studiet af nervesystemet og dets sygdomme kaldes for neurologi. Idet nervesystemet er elektromagnetisk af natur, er neurologiske symptomer og sygdomme et typisk resultat af påvirkninger fra elektromagnetiske felter og elektromagnetisk stråling (som det også fremgår senere i artiklen).

#### ***4 Betydningen af Schumann resonans og andre naturlige signaler***

En forudsætning for at udvikle intelligens og tænkning er at hjernen er uafhængigt synkroniseret. Schumann resonans signalet er det bedste bud på et globalt synkroniseringssystem. Det har sin maksimale effekt ved 7,8 Hz, hvilket er netop i det spektrum, hvor hjernens EEG signaler primært opererer med sine alpha, delta- og theta-bølger, der er så vigtige for bl.a. søvnrytmen. Schumann signalet – og delvis hjernens EEG signaler - har desuden mindre toppe ved 14, 20, 26, 33, 39 og 45 Hz. Schumann signalet opstår som en følge af resonans mellem ionosfæren og jordens overflade. Mennesket er afhængigt af disse naturlige elektromagnetiske påvirkninger. Det blev bl.a. tydeliggjort, da de første astronauter forlod jordens atmosfære og derved kom højere op end ionosfæren. Deroppe eksisterer Schumann-feltet ikke længere og astronauterne blev rumsyge. Når man efterfølgende tilførte et kunstigt elektromagnetisk felt af tilsvarende frekvens blev helbredet genoprettet hos astronauterne.

Det er imidlertid ikke kun astronauter, der påvirkes af forskydninger i Schumann feltet. Der er dokumenteret en klar sammenhæng mellem Schumann resonans, solplet- og geomagnetisk aktivitet (S-GMA), globale middeltemperaturer og helbredseffekter i forskellige verdensdele. Studier tyder på, at en årsag til helbredseffekterne er forskydninger i den homøostatiske[2] balance hos sårbare personer. Kendte effekter inkluderer reduceret melatonin-niveau[3], forhøjet blodtryk, samt en stigning i tilfælde af Cancer, kredsløbslidelser, neurologisk sygdom, reproduktive forstyrrelser (den såkaldte CCNR-sammenhæng[4]), samt ultimativt forhøjet dødelighed. Den kausale sammenhæng bag ovennævnte ubalancer

og sygdomme foreslås at være, at kroppens kommunikationssystem benytter oscillerende Calcium-ioner, der er påvirkelige for eksterne lavfrekvente (ELF) signaler. Andre specifikke undersøgelser har endvidere dokumenteret en sammenhæng mellem S-GMA og antal selvmord og vuggedødstilfælde. Også disse to tilstande kan forklares ved et reduceret melatonin-niveau.

Schumann resonans signalet varierer med årstiden, døgnet og som nævnt med naturens S-GMA med op til 1 Hz. Sidstnævnte hænger sammen med variationer i elektrondensiteten. Det forekommer sandsynligt, at variationer i elektrondensiteten kan være en kausal forklaring på eloverfølsomme personers vejrfølsomhed. En anden naturlig elektromagnetisk påvirkning er forekomsten af sfærer. Sfærer er elektriske udladninger i form af lyn *i og mellem* skyformationer under stærke lavtryk. De kan omfatte mange forskellige frekvenser, herunder også frekvenser som påvirker vejr- og elfølsomme personer. Nutidige analyser af tidligere tiders naturlige elektromagnetiske miljø tyder på, at påvirkningerne først og fremmest har været lavfrekvente i intervallet 1-30 Hz samt periodevis påvirkning af lyn ved ca. 1000 Hz. Forsøg har vist, at mennesker, der opholder sig i elektromagnetisk skærmede omgivelser, i løbet af få dage vil opleve helbredsproblemer, herunder dårlig nyrefunktion, i mangel af naturlige elektromagnetiske påvirkninger [4]. Noget helt andet er, at det for nogle personer kan være nødvendigt, at skærme visse områder, eksempelvis et soveværelse, mod kunstige elektromagnetiske påvirkninger fra eksempelvis trådløse applikationer (fx telefoner og netværk) og mobiltelefoni-basestationer (mere om helbredseffekter fra mikrobølgestråling i afsnit 7). Det anslås således, at eksponeringen for elektrosmog (menneskeskabte elektromagnetiske felter og stråling) er steget med to millioner gange indenfor blot to generationer [se fx 5].

Andre undersøgelser har i øvrigt tidligere dokumenteret, hvordan "dårligt vejr" generelt hænger sammen med forøget sygelighed og dødelighed. Neil Cherry's dokumentation tyder altså på, at forandringer i den naturlige elektromagnetiske stråling kan være en forklaring.

De fremkomne helbredseffekter ses specielt ved ekstreme niveauer af S-GMA. Det gælder særligt høje niveauer af S-GMA (og dermed af Schumann signalet), men også unaturligt lave niveauer af S-GMA medfører helbredseffekter. Vi har altså brug for den naturlige elektromagnetiske påvirkning for at fungere ordentligt, og den skal ligge inden for et snævert interval.

Foruden førnævnte frekvenser fra hjerneaktivitet er hjertet også et vigtigt

elektrisk organ. Hjertet gør brug af elektromagnetiske påvirkninger ved 60 Hz i sin funktion. På samme måde har resten af kroppens organer samt alle cellerne frekvenser, der er specifikke for opretholdelsen af deres funktion. Et praktisk eksempel på anerkendelse af denne naturlige elektromagnetisme er de elektriske EKG- og EEG-apparater, der benyttes i sundhedsvæsenet til at følge hjerte- og hjernerytmer. Et andet eksempel er pacemakeren, der i tilfælde af mangel på en velfungerende, naturlig stimulation af hjertet, kan overtage impulserne til hjertet, så hjerteslagene kan foregå regelmæssigt. Et eksempel på følsomheden i systemer, der benytter EMF/EMR til den interne kommunikation, er når Dankortterminaler, flykommunikationssystemer eller hospitalssystemer, påvirkes af mobiltelefoni. Menneskets fintfølede elektromagnetiske system bliver tilsvarende påvirket af eksterne elektromagnetiske felter og stråling.

Sammenfattende må det forventes, at de eksterne elektromagnetiske påvirkninger i høj grad rammer de kommunikationsfølsomme dele af kroppen, og derved vil kredsløb samt nerve-, hormon- og immunsystemet være hårdt udsat for påvirkninger, ubalancer og sygdom, idet netop disse systemer i høj grad gør brug af elektriske signaler i deres funktion.

## ***5 Sammenhængen mellem lavfrekvente ELF elektromagnetiske felter og helbredseffekter***

Den strøm, der induceres i kroppen som følge af påvirkninger fra 50 Hz ledningsnettet vil være af en mindre størrelsesorden end kroppens egen elektriske aktivitet fra hjerte og hjerne. Til gengæld vil den inducerede strøm ofte være stærkere end det naturlige Schumann signal.

Et stort problem ved epidemiologiske[5] undersøgelser af helbredseffekter fra lavfrekvente elektromagnetiske felter (EMF) er, at ikke-eksponerede grupper i praksis ikke findes. En interessant analogi til epidemiologiske undersøgelser af elektromagnetiske felter og stråling er epidemiologiske undersøgelser af helbredseffekter ved tobaksrygning. Den statistiske sandsynlighed (kaldet odds ratio) for at dø af lungekræft er eksempelvis 23,7 gange højere for en storryger end for en ikke-ryger. Sammenligner man imidlertid storrygeren med en person, der har et *lavt* tobaksforbrug,



samt med én, der har et *middelhøjt* tobaksforbrug er odds ratio blot 3,5 og 1,9. Forskellen mellem personer med et *lavt* tobaksforbrug og personer med et *middelhøjt* forbrug er tilsvarende 1,8. I tilfældet EMF gælder, at næsten alle borgere i den vestlige verden lever med elektricitet og er udsat for påvirkning fra lavfrekvente elektriske ledninger og apparater lokalt. Der vil derfor ikke findes nogen ikke-eksponeret kontrolgruppe. Eksempelvis er en ”ikke-eksponeret” person i en kontrolgruppe i en undersøgelse af helbredseffekter fra højspændingsledninger, måske i stedet udsat for elektromagnetiske påvirkninger fra TV- eller computerbrug. Omvendt er der ret få mennesker, der er så stærkt el-eksponerede i forhold til resten af befolkningen, at de svarer til storrygeren i ovennævnte eksempel. De fleste af os vil derfor – statistisk set – tilhøre let- til middeleksponerede grupperinger. Som i eksemplet med ryger-grupperne kan vi derfor ikke forvente særligt høje odds ratios i epidemiologiske undersøgelser af helbredseffekter ved elektromagnetiske påvirkninger.

Alligevel er der siden Wertheimer og Leeper som de første i 1979 dokumenterede en sammenhæng mellem eksponering for ekstremt lavfrekvente (ELF) elektromagnetiske felter og tilfælde af cancer blandt børn, fremkommet over 40 studier, som dokumenterer en dosis-effekt sammenhæng mellem børne-cancer og kronisk eksponering for elektromagnetiske felter (selv af lav styrke). En tilsvarende effekt er også veldokumenteret blandt voksne, særligt personer, der arbejder med elektricitet (herunder computer-brugere) eller i deres hjem er udsat for høje niveauer af EMF fra bl.a. gadebelysning, højspændingsledninger og computere.

Dyr, som jo ikke på samme måde er forbrugere af elektricitet, kan være relevante forskningsobjekter. Således finder mange epidemiologiske undersøgelser, at dyr (og planter for den sags skyld), der er udsat for menneskeskabte elektromagnetiske påvirkninger, eksempelvis køer der græsser på en eng med en nærliggende højspændingsledning, i højere grad pådrager sig sygdom end andre dyr.

Ligeledes er der mange studier som kan forklare de sygdomsfremkaldende mekanismer ved eksponering for elektromagnetiske felter. ELF

elektromagnetiske felter reducerer således melatonin-niveauer, forøger antal kromosomforandringer samt skader DNA-sekvenser. På baggrund af de udførte undersøgelser anbefaler Cherry, at en realistisk grænseværdi for magnetfeltstyrken p.t. burde være 100 nanoTesla (= 1 milliGauss) og på sigt endnu lavere. I vestlige hjem er et gennemsnitsniveau på 50-70 nanoTesla almindeligt, og det er meget almindeligt med værdier over 100 nanoTesla i områder af et hjem.

## ***6 Sammenhængen mellem VLF/LF elektromagnetiske felter og helbredseffekter***

Magnetfelter fra en billedrørsskærm (fx en computerskærm eller et TV) har nogenlunde samme styrke som fra en støvsuger eller en hårtørrer, men niveauet er mindre end under en højspændingsledning. Til gengæld er frekvensen af det magnetiske vekselfelt fra en billedrørsskærm over 1000 gange højere end under højspændingsledningen (60-85 kHz vs. 50 Hz) pga. behovet for en hurtig opdateringsfrekvens af hensyn til den visuelle kvalitet. Den inducerede strøm er derfor typisk højere i PC-brugeren end i den person, der opholder sig tæt på en højspændingsledning. Den skadelige helbredseffekt fra denne påvirkning vil da være større fra en billedrørsskærm end fra en højspændingsledning. Ofte viser de epidemiologiske undersøgelser, da også tydeligere sammenhænge mellem brug af computer og helbredseffekter end mellem bolig i nærheden af højspændingsledninger og tilhørende helbredseffekter.

Påvirkningen fra et TV vil typisk være mindre end fra en computerskærm, da man som regel opholder sig væsentligt længere fra TV-skærmen. LCD-fladskærme, der benytter en anden teknologi end billedrørsskærme, danner ikke så stærke magnetfelter.

## ***7 Radio- og mikrobølgestråling***

### **De biofysiske principper**

Resonans absorption og elektrisk interferens er klassiske, biofysiske mekanismer, der er aktuelle ved mikrobølgestråling (MW) fra eksempelvis trådløse og mobiltelefoner samt radiobølge frekvenser (RF). Energien fra MW strålingen absorberes i menneskekroppen via tre processer.

Først opfanges strålingen af mennesket, der fungerer som en antenne med

forskellige modtagekvaliteter afhængigt af bl.a. størrelsen, dvs. højde, længde af arme og ben samt hovedstørrelse. Den optimale antennevirkning fås, når størrelsen på antennen svarer til en halv bølgelængde ( $\lambda$ ) af det udsendte signal. Et signal med en frekvens på 1 GHz, hvilket er tæt på nutidens GSM-mobiltelefoner (GSM 900, også kaldet 2g teknologi), svarer således til en bølgelængde på 30 cm og altså en halv bølgelængde på 15 cm, hvilket er en normal bredde af et menneskes hoved. Når strålingen er opfanget af en "antenne", fx et menneske, vil den naturligt forsøge at opnå jordforbindelse. I en genstand med højden  $h$ , som opfanger signalet, vil derfor induceres en elektrisk strøm af størrelsen  $Ih$ , som i menneskekroppen vil ledes gennem primært de vandholdige organer:

$$Ih = 0.108 * h^2 * E * f$$

Den absorberede energi vil afhænge af bl.a. permittivitet, konduktivitet samt størrelse og form af genstanden. Det fremgår af simuleringen i Figur 1, at absorptionen stiger med faldende hovedstørrelse, dvs. børn absorberer mere mobilstråling end voksne.

Voksen mand

10-årigt barn

5-årigt barn

Skala for grad af absorption i Watt/kg (rød er højest og hvid lavest) for de forskellige hovedstørrelser (dvs. SAR).

**Figur 1 Absorption af mikrobølgestråling fra mobiltelefoni ved 835 MHz (tæt på 2g) for forskellige aldersgrupper og hovedstørrelser (af Professor Om Gandhi, University of Utah, USA) [efter 6].**

Et andet problematisk forhold ved børns brug af mobiltelefoner er, at deres hjerner stadig er under udvikling og således er meget følsomme overfor påvirkninger udefra. Erfaringsmæssigt tager det typisk et tiår, før de voldsomme helbredseffekter i form af cancer og neurodegenerativ sygdom viser sig.

I næste proces ledes strålingen ind i krop og væv. Denne proces er

afhængig af bl.a. konduktivitet og permittivitet af vævet, som igen bestemmes af bl.a. frekvensen af strålingen, idet det gælder, at permittiviteten falder og konduktiviteten stiger ved stigende frekvens.

I tredje og sidste proces absorberes strålingen ved resonans i de enkelte celler i krop og hjerne, der har samme frekvens *som* - eller i øvrigt harmonerer *med* - den eksterne mikrobølgestråling. Radio- og TV-modtagere benytter både antenne-princippet og efterfølgende resonans absorptions-mekanismen. Den tilhørende antenne fanger det luftbårne signal og inducerer en strøm, der føres til apparatets tuner. Her vil et kredsløb, der opererer med samme frekvens, ved hjælp af resonans opfange signalet udefra og endelig omkode det til et for mennesker forståeligt signal, når det udsendes via en radio eller TV-skærm. Generelt stiger absorption af strålingen med frekvensen og effekten.

### **Helbredseffekter fra radiobølger og mikrobølgestråling (herunder trådløs- og mobiltelefoni)**

De nuværende digitale GSM mobiltelefoner virker som radarsystemer med deres pulserende signaler, mens de gamle NMT-mobiltelefoner (1g) er analoge systemer på linje med radio/TV-signaler. GSM mobiltelefoni opererer ved en frekvens på 900 MHz, men har en pulsfrekvens på 217 Hz og en modulering[6] på 8,34 Hz. Derved sender mobiltelefonerne signaler i det samme frekvensområde som naturens Schumann signal og hjernens EEG signaler, hvilket kan forventes at forstyrre den naturlige kommunikation i hjernen.

Idet kroppen ved mobiltelefon-eksponering udsættes for ca. 1 million gange stærkere stråling end det naturlige Schumann resonans signal (på  $0,1 \text{ picawatt/cm}^2$ )[7], og hovedet for 1 milliard gange dette baggrundsniveau, forekommer det logisk, at der også vil ses en praktisk sammenhæng mellem mobiltelefoneksponering og helbredseffekter. Der er dokumenteret helbredseffekter af MW stråling i form af reducerede melatonin-niveauer og forstyrret søvnrytme ned til en effekt på  $4 \text{ mikrowatt/m}^2$ , dvs. ca. 4000 gange højere end Schumann signalet, men over en million gange lavere end de gældende grænseværdier i Danmark på  $4,5 \text{ watt/m}^2$  for GSM mobiltelefoni. De danske grænseværdier er - som mange andre vestlige landes - opstillet på baggrund af vejledende tal fra

den private forening ICNIRP, og forholder sig ikke til eventuelle helbredsskadelige effekter fra EMF og EMR [læs eventuelt mere om ICNIRP-grænseværdierne i referencerne 3 og 13].

Teorien siger som nævnt, at når strålingsfrekvensen stiger, så stiger den absorberede stråling, det inducerede elektriske felt og den inducerede strøm i vævet. Dette betyder teoretisk, at de effekter, der gennem lang tid er konstateret hos personer, der arbejder med - eller ad anden vej er i tæt kontakt med - lavfrekvente elektromagnetiske felter, vil findes ved meget lavere niveauer af den højfrekvente stråling fra f.eks. TV-/radiomaster og mobiltelefon-basestationer[8]. Sidstnævnte installationer findes i dag i et højt antal, hvilket giver høje strålingsniveauer de fleste steder.

Det epidemiologiske problem med de manglende ikke-eksponerede grupper (se afsnit 5 om ELF-helbredseffekter) gælder også for epidemiologiske undersøgelser af helbredseffekter fra elektromagnetisk stråling. Næsten alle borgere i den vestlige verden kan modtage radio-, TV- og mobiltelefon-signaler overalt. Alle mennesker i hele verden er udsat for eksponering for kortbølge-radiosignaler (RF) og mikrobølge-stråling (MW) fra satellitter.

I praksis er dog dokumenteret en sammenhæng mellem de tidligere nævnte CCNR-helbredseffekter og bopæl i nærheden af radio- og mikrobølgesendefaciliteter [7]. Således er der fundet en dosis-effekt forøget forekomst af søvnproblemer samt målt reducerede melatonin-niveauer hos både mennesker og køer i nærheden af Schwarzenburg kortbølge radiosenderen i Schweiz. Sutro-tårnet, der fra en højderyg forsyner San Francisco med TV- og radiosignaler, er også årsag til en dosis-effekt sammenhæng mellem RF-eksponering og antal tilfælde af børnecancer. Særligt ramt er beboere i nærheden af tårnet, samt de, der bor i områder, der i øvrigt rammes af det radiære udbredelsesmønster af RF-strålingen. I Sverige er dokumenteret en sammenhæng mellem årstal for installation af sendefaciliteter til radio- og TV-signaler samt årstal med en stigning i antal tilfælde af cancer og astma [8]. Det særligt problematiske ved udsendelse af radio- og TV-signaler fra centrale sendemaster er den meget store sendestyrke disse faciliteter benytter.

Sammenhængen mellem mikrobølgestråling fra eksisterende 2g mobiltelefoni og helbredseffekter er også veldokumenteret i epidemiologiske undersøgelser. En fransk undersøgelse har dokumenteret en dosis-effekt sammenhæng mellem nærhed til mobiltelefonbasestation og neurologiske problemer, såsom søvnbesvær [9]. En ny spansk undersøgelse viser yderligere en direkte sammenhæng mellem eksponering for mikrobølge stråling (målt direkte i hjemmet) og neurologiske symptomer [10]. Endvidere kan nævnes en ny hollandsk undersøgelse, der er velkendt herhjemme, som dokumenterer neurologiske ændringer ved udsættelse for stråling af samme frekvens som 3.g mobiltelefoni (også kaldet UMTS-teknologi) [11].

Med hensyn til helbredseffekter fra selve brugen af mobiltelefonen gælder det modsatte med hensyn til afstand til basestationen. I dette tilfælde vil man nemlig modtage den største mikrobølgestråling ved det svageste transmissionssignal fra basestationen, idet selve mobiltelefonen automatisk vil skruer op for transmissionssignalet og strålingen mod hovedet blive større. Det betyder fx, at mobiltelefonen afgiver mest stråling ved samtaler fra landdistrikter (med længere afstand til basestationen) og køretøjer, idet metal-karosseriet hæmmer transmissionen af signalet.

## ***8 EMF-EMR og udvikling af forskellige sygdomme***

Hjertet er en muskel, hvis sammentrækninger - hjerteslagene - koordineres af elektriske impulser, som igangsætter en kaskade af Calcium-ioner, der skal bære budskabet ind i alle celler i hjertet. Det er dokumenteret, at eksterne ELF elektromagnetiske felter medfører ændringer i Calcium-koncentrationen i neuroner og hjerteceller. Det er også vist, at personer der arbejder med elektricitet, har forhøjet risiko for at udvikle hjerte-/karsygdom samt forhøjet overdødelighed. En ny belastning af hjertets funktion kommer fra mobiltelefoner. Det har fx. vist sig, at mobiltelefoner forstyrrer pacemakere. Det er derfor også meget sandsynligt, at de vil interferere med vores egne personlige pacemakere - hjertet.

Brugen af mobiltelefoner er vist at give forhøjet blodtryk. Tilsvarende er der over 95 epidemiologiske studier, der dokumenterer, at elektromagnetiske påvirkninger signifikant forøger risikoen for cancer i

hjernen. Disse studier dækker over tilsammen 420 udvalgte befolkningsgrupper, der på forskellig vis har været eksponeret for elektromagnetiske felter og elektromagnetisk stråling. Sammen med andre miljøfaktorer som tungmetaller og kemikalier, er EMF også forbundet med udvikling af degenerative sygdomme, såsom Parkinsons, Alzheimers, ALS sklerose og Motor Neuron sygdom (MND). Disse sygdomme indebærer forhøjet apoptose (celledød) og en reduceret kapacitet til at regenerere. Elektromagnetiske påvirkninger er også forbundet med udvikling af astma og allergi [se fx 8] samt depression, søvnløshed og stress.

De neurologiske symptomer hænger sammen med Mikrobølgestrålings evne til at ændre niveauet af Calcium-ioner og neurotransmitteren GABA, reducere melatonin, åbne blod-hjerne barrieren, skade DNA samt forøge apoptosen. Disse mekanismer medfører også reproduktive forstyrrelser, der kan føre til ufrivillig abort, misdannelser, forhøjet antal dødsfald og vuggedødsfald, reduceret fertilitet, samt videreførsel af cancer til afkommet.

Der er endvidere dokumenteret en sammenhæng mellem EMF og brystkræft. Ifølge Cherry er mekanismen en ubalance i hele kroppen i form af reducerede melatonin-niveauer og ændring af den følsomme cellulære Calcium-ion balance [1,3,12]. Således er indstrømning (influx) af Calcium-ioner i cellerne forbundet med en forøget overlevelse af skadede celler, og forøger derfor kræftrisikoen. Udstrømning af Calcium-ioner (efflux) er modsat forbundet med forhøjet apoptose, dvs. degeneration. Calcium-ion efflux forværrer også immunforsvaret, kroppens døgnrytme, reaktionstider og hjerne EEG rytmer.

Det er vist, at RF/MW stråling er genotoksisk og en sikker grænseværdi findes derfor ikke. Der er mindst 16 studier, som dokumenterer en sammenhæng mellem cancer i hjernen og RF/MW EMR.

Eksponering for mikrobølgestråling fra politiradarer medfører også en forhøjet forekomst af cancer, herunder testikelkræft.

## ***9 Specifikke mekanismer ved helbredseffekter af elektromagnetiske påvirkninger***

Der er allerede i artiklen nævnt en del mekanismer bag helbredseffekterne fra elektromagnetiske felter og elektromagnetisk stråling. Grundlæggende påvirker elektromagnetisk aktivitet tilsyneladende den enkelte celle, bl.a. via forandringer af de oscillerende Calcium-ioner. Der ses ændringer i såvel Calcium-niveauer som i influx-efflux bevægelser til og fra cellen.

Kroppens homøostase påvirkes og en veldokumenteret sammenhæng på tværs af frekvenser er en reduktion af melatonin-niveauer, der sammen med forstyrrelser af EEG-mønsteret påvirker søvnkvalitet og døgnrytme [se fx 12]. I det hele taget skader elektromagnetiske påvirkninger de hormonproducerende kirtler, herunder særligt hypofysen, der producerer melatonin.

EMF og EMR giver skader på DNA og kromosomer samt uligevægt i apoptose-reguleringen (nogle gange med forhøjet celledød og degeneration som resultat, andre gange med nedreguleret apoptose og cancer som resultat). Elektromagnetiske påvirkninger åbner også den vigtige blod-hjerne barriere (BBB) (hvorved eksempelvis proteinaflejringer, kendt fra fx ALS sklerose og Alzheimers, kan finde sted), samt reducerer niveauer af neurotransmitteren GABA.

## ***10 Sammenfatning***

Et vigtigt bidrag til forskningen i elektromagnetiske felter og elektromagnetisk stråling (forkortet *EMF* og *EMR*) er dokumentationen af, hvorfor en udelukkende biokemisk tilgang til emnet ikke giver tilstrækkelig forståelse for helbredseffekterne. Det er essentielt at supplere med en biofysisk forståelse, da kroppen er en følsom elektromagnetisk mekanisme, som kun fungerer indenfor snævre intervaller af elektromagnetiske påvirkninger. To moderne forskere indenfor området er newzealandske Neil Cherry og engelske Gerard Hyland [se fx 1,2,3,11].

Den manglende erkendelse af betydningen af disse biofysiske funktioner betyder, at helbredseffekter fra EMR-EMF undervurderes med den følge, at grænseværdier for elektromagnetiske påvirkninger sættes for højt og i det hele taget benyttes forkert. Desuden umuliggør den manglende forståelse for biofysikken korrekte tolkninger af epidemiologiske undersøgelser af elektromagnetiske påvirkninger. Et andet stort problem



ved epidemiologiske undersøgelser af EMF/EMR-påvirkninger er, at ikke-eksponerede grupper i praksis ikke findes.

Alligevel eksisterer der en overvældende dokumentation af de skadelige helbredseffekter fra menneskeskabte elektromagnetiske felter og elektromagnetisk stråling. Sammenfattende er konsekvensen af de eksterne elektromagnetiske påvirkninger størst for de kommunikationsfølsomme dele af kroppen, såsom kredsløb samt nerve-, hormon og immunsystemet.

## Referencer

1) <http://www.neilcherry.com/>

Neil Cherry's officielle hjemmeside med en masse videnskabelige oversigtsartikler ("reviews") om elektromagnetisk påvirkninger og helbredseffekter. Komplette artikler koster penge, men abstracts (korte opsamlinger) er gratis.

2) <http://www.partei-aufbruch.de/mobilfunk/>

En beskrivelse af risici ved mikrobølgestråling fra mobiltelefoni. Der er mange gode referencer tilføjet artiklen, som er forfattet af Neil Cherry.

3) <http://pages.britishlibrary.net/orange/cherryonexplevel.htm>

En lang tekst af Neil Cherry om sikre grænseværdier. Det er en grundig dokumentation af de skadelige helbredseffekter fra EMF og EMR, og en gennemgang af den uholdbare situation med de nuværende grænseværdier.

4) Nielsen, Jørn (1994): Stresszoner – Den tavse elektromagnetiske trussel mod menneskets sundhed. Forlaget Kimos. Det er en glimrende, lille bog, der omhandler typer *af* såvel som effekter *fra* elektromagnetiske felter og stråling.

5) <http://www.safe-habitat.com/emr/expchrt.html>

En oversigt over stigningen i eksponering for elektromagnetisk stråling det sidste århundrede.

6) [http://www.medikament.nu/PDF-filer/1-03/biologiska\\_effekter.pdf](http://www.medikament.nu/PDF-filer/1-03/biologiska_effekter.pdf)

”Rapport från en internationell workshop: Biologiska effekter av

elektromagnetiska fält”. Teksten giver en opdatering af tilstanden indenfor forskning i fortrinsvis højfrekvent elektromagnetisk stråling.

7) <http://www.c-a-r-e.org/tower2.html>

Hjemmeside for en lokal borgergruppe i USA, der arbejder for at informere om helbredsrisici fra RF/MW sendefaciliteter i lokalområdet. Siden indeholder en oversigt over studier, der dokumenterer en sammenhæng mellem RF/MW stråling og helbredseffekter.

8) <http://www.grn.es/electropolucio/hallberg041203.pdf>

Der dokumenteres en klar og tydelig sammenhæng mellem installation af RF/MW sendefaciliteter i Sverige gennem det 20. århundrede og udvikling af bestemte cancere (blære-, prostata-, tarm-, bryst-, lunge-, melanoma/modermærke-) samt astma.

9) <http://www.emf.dk/Santini.htm>

En fransk undersøgelse som dokumenterer en dosis-effekt sammenhæng mellem nærhed til mobiltelefon-basestation og neurologiske problemer, såsom søvnbesvær.

10) <http://www.grn.es/electropolucio/TheMicrowaveSyndrome.doc>

Navarro, E.A. et al.: “The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain” i *Electromagnetic Biology and Medicine* (tidl. *Electro- and Magnetobiology*), Volume 22, Issue 2, (2003): 161 – 169. Artiklen afrapporterer en ny spansk undersøgelse, der viser en direkte sammenhæng mellem eksponering for mikrobølgestråling (målt direkte i hjemmet) og neurologiske symptomer.

11) <http://www.feltfri.dk/Holunders.pdf>

En hollandsk regeringsundersøgelse af helbredseffekter fra 3.g mobiltelefoni. Undersøgelsen er velkendt herhjemme og dokumenterer neurologiske helbredseffekter fra 3.g mobiltelefoni (også kaldet UMTS-teknologi).

12) <http://www.feb.se/EMFguru/Research/emf-emr/EMR-Reduces-Melatonin.htm>

En tekst af dr. Neil Cherry om EMF-/EMR-effekter på melatonin-niveauer i dyr og mennesker.

13) <http://www.el-allergi.dk/hyland.html>

Et referat af dr. Gerard J. Hylands artikel fra december 2002 med titlen ”How Exposure to GSM & TETRA Base-station Radiation can Adversely Affect Humans” (hvorledes bestråling fra GSM og TETRA basis-stationer kan skade mennesker). Dr. Gerard J. Hyland er professor ved Universitetet i Warwick, Coventry, England.

## **Læs i øvrigt mere om elektromagnetiske felter og elektromagnetisk stråling på følgende hjemmesider**

<http://www.sundhedskonsulenten.tk/>

Denne hjemmeside indeholder mange gode EMF-EMR-links inddelt efter emne

[www.el-allergi.dk](http://www.el-allergi.dk)

Hjemmeside for den danske forening for eloverfølsomme

[www.feb.se](http://www.feb.se)

Hjemmeside for den svenske forening for eloverfølsomme

[www.aaronia.de](http://www.aaronia.de)

Tysk firma, der sælger kvalitetsmåleinstrumenter til en fornuftig pris

[www.lessemf.com](http://www.lessemf.com)

Amerikansk firma, der sælger måleinstrumenter og alverdens andre ting af relevans for denne problematik

<http://www.kvicksilver.org/>

Svensk hjemmeside med fokus på amalgam samt elektromagnetiske felter og stråling. Der er tilknyttet en glimrende mailliste, hg-listan, til siden.

<http://groups.yahoo.com/group/EMR-EMF/>

En mailliste om helbredseffekter fra elektromagnetiske felter og stråling.

Der er et godt arkiv på hjemmesiden.

<http://health.groups.yahoo.com/group/eSens/>

En mailliste om eloverfølsomhed ved påvirkninger fra elektromagnetiske felter og stråling. Der er et godt arkiv på hjemmesiden.

## **Du kan også læse mere i følgende bøger**

Durney, C.H. & D.A. Christensen (2000): Basic introduction to Bioelectromagnetics.

Bogen indeholder en grundlæggende introduktion til elektromagnetiske principper, elektromagnetisk teori ved forskellige bølgelængder, dosimetri (målemetoder, dosis- og effektberegninger), samt eksempler på medicinsk anvendelse af elektromagnetiske felter. Bogen kan lånes på DNLB - Danmarks Natur- og Lægevidenskabelige Bibliotek – på Nørre Allé 49, 2200 KBH N.

Habash, R.W.Y. (2002): Electromagnetic fields and radiation – Human bioeffects and safety.

Bogen indeholder en grundlæggende introduktion til elektromagnetiske principper, kilder til elektromagnetiske felter og stråling, elektromagnetisk teori og resulterende helbredseffekter ved forskellige bølgelængder, dosimetri (målemetoder, dosis- og effektberegninger), samt eksempler på administrativ praksis i forskellige lande og organisationer. Bogen kan lånes på DNLB - Danmarks Natur- og Lægevidenskabelige Bibliotek – på Nørre Allé 49, 2200 KBH N.

Henningsen, Lis; Else Hynne, Jyrki Katajainen og Karin Outzen (red.) (1994): El-overfølsomhed – Eksisterer problemet? Problemet eksisterer! Rapport fra temadagen om eloverfølsomhed den 19. august 1993 på Datalogisk Institut, Københavns Universitet. Bogen kan lånes på DNLB - Danmarks Natur- og Lægevidenskabelige Bibliotek – på Nørre Allé 49, 2200 KBH N.

Katajainen, Jyrki & Bengt Knave (red.) (1995): Electromagnetic Hypersensitivity. Proceedings from the 2<sup>nd</sup> Copenhagen Conference. Bogen kan lånes på DNLB - Danmarks Natur- og Lægevidenskabelige Bibliotek – på Nørre Allé 49, 2200 KBH N.

[Til Snowboat hovedside](#)

[1] En elektronvolt (eV) er én elektrons ændring i potentiel energi ved en stigning i potentialet på 1 volt.

[2] Ligevægts-bevægelser

[3] Melatonin er kroppens søvnhormon. Det regulerer døgnaktiviteten og er naturligt højt om aftenen, når vi skal sove.

[4] Cancer, Cardiac, Neurological, Reproductive. Fælles for disse sygdomstilstande er, at de fremkommer i organer/kropssystemer, der gør brug af elektromagnetiske signaler i funktionen. Forstyrres denne delikate balance, vil der fremkomme funktionsforstyrrelser og sygdom.

[5] Epidemiologi er læren om sygdommes hyppighed, fordeling og årsager.

Epidemiologiske undersøgelser er den grundlæggende metode til at dokumentere helseeffekter af miljøpåvirkninger - såsom elektromagnetisk stråling.

[6] Refererer til tilførsel af information til et elektronisk eller optisk signal. Modulering kan ske ved at tænde og slukke for signalet, ændre strømmen osv. Modulering svarer til at man laver røgsignaler ved at vifte med et tæppe hen over et bål (kilde: [http://search.tiscali.dk/help/glossary\\_k.html](http://search.tiscali.dk/help/glossary_k.html)).

[7] picawatt =  $10^{-12}$  watt

[8] En mobiltelefon-basestation er den enhed, der udsender og modtager mikrobølger til mobiltelefoni. De er typisk opsat i en mast, på et hustag eller i et kirketårn.