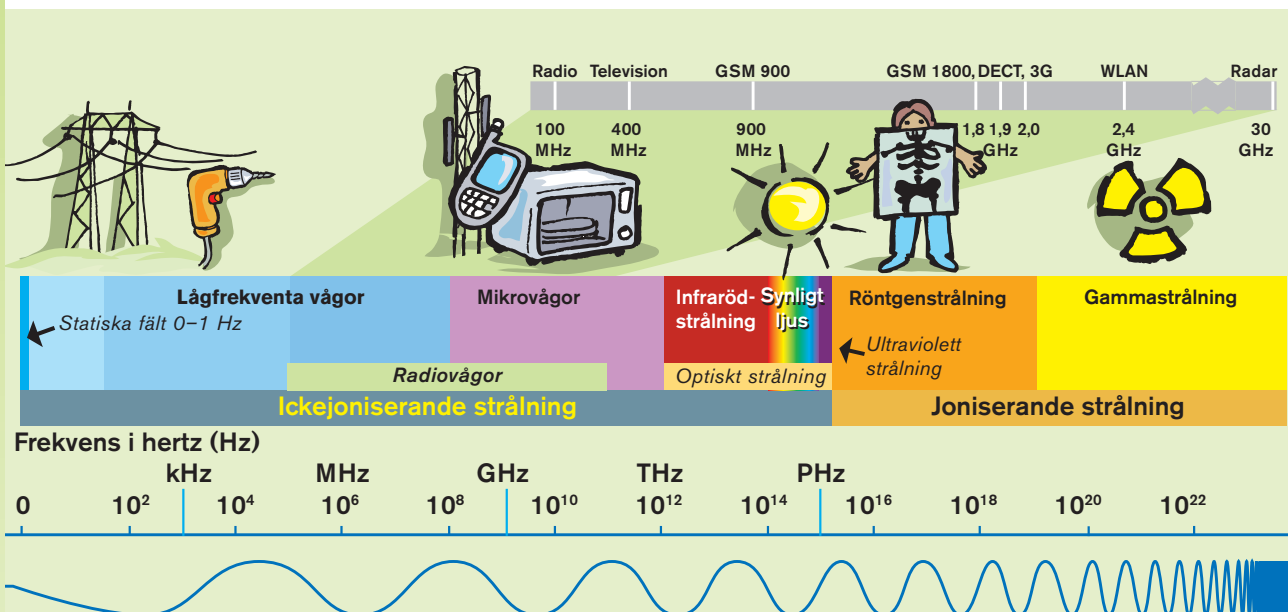


Mobiltelefoni och hälsoeffekter

Mobiltelefoner är idag praktiskt taget var mans egendom. I Sverige använder nu nästan alla i befolkningen mobiltelefon. Antalet basstationer ökar också, idag är flera tiotusentals i bruk över landet. Användningen av trådlösa telefoner (s.k. DECT telefoner) på våra kontor och i hemmen ökar också i rask takt. Många blir härigenom exponerade för svaga radiofrekventa elektromagnetiska fält och det finns en viss oro för att det skulle kunna leda till hälsoeffekter. Med tanke på det stora antalet mobiltelefonanvändare skulle även små negativa hälsoeffekter kunna få konsekvenser för folkhälsan. Vi skall här kortfattat försöka belysa vad som idag är känt om användandet av mobiltelefoner och hälsoeffekter.



Det elektromagnetiska spekrat.

Illustration: Cunilla Guldbrand

Mobiltelefoni och hälsoeffekter

Hur fungerar det?

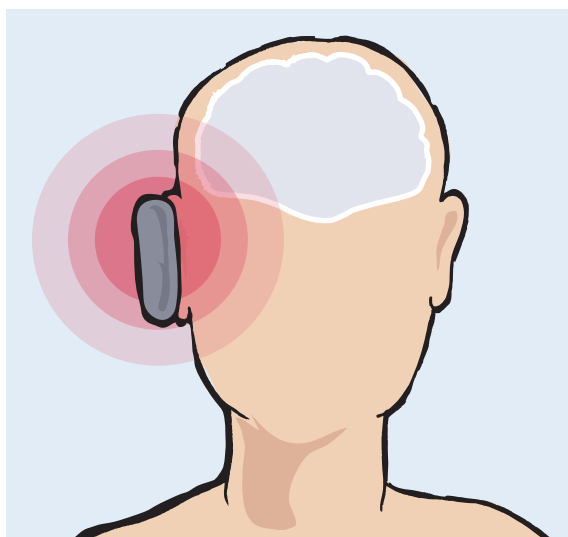
Mobiltelefonen fungerar genom att sända och ta emot radiovågor från en närbelägen basstation, som i sin tur är kopplad till det fasta telefnätet. Radiovågorna färdas med ljusets hastighet men har olika antal svängningar per sekund, vilket kallas frekvens och anges i enheten Hertz.

GSM telefonerna sänder med frekvenser runt 900 eller 1800 MHz, men de sänder inte kontinuerligt utan för att flera skall kunna använda samma frekvens samtidigt delas datamängden upp tidsmässigt i paket. Dessa datapaket skickas i block och medför att telefonen endast sänder under 1/8 av tiden. Uteffekten från telefonen varierar också. Vid uppkoppling av ett samtal, samt när täckningen är dålig, används en pulseffekt på 2 W (GSM 900) eller 1 W (GSM 1800), men när man har bättre förhållanden kan den komma ned till några mW (tusendels W). Detta innebär att medeleffekten kan variera från maximala 250 mW (1/8 av 2 W) ned till under 1mW. Medeleffekten mätt i storstäder ligger på 10 till 20 mW, men på landsbygd arbetar telefonen oftast med full uteffekt. GSM telefonen har ytterligare en funktion, DTX, som gör att telefonen under samtalet endast sänder när man pratar och inte när man lyssnar, och detta medför nästan en halvering av medeleffekten. I s.k. standby läge sänder GSM telefonen endast en handskakningspuls ca var fjärde timme samt också när den byter upptagningsområde. I övrigt är den i

detta läge att betrakta som en passiv radiomottagare utan strålning.

DECT telefonerna är sladdlösa telefoner för användande i hem och på kontor. De fungerar på ungefär samma sätt som mobiltelefonen genom att sända och ta emot signaler från en basenhet. DECT-telefonen har vanligen en konstant pulseffekt på 250 mW, men den sänder endast under 1/24 av tiden och därför blir medeleffekten ca 10 mW. Nyare telefoner kan ha uteffektreglering. Telefonen sänder endast när samtal är uppkopplat och är i övrigt helt passiv. Basenheterna sitter utspridda i huset, oftast en per korridor och den har samma uteffekt som telefonen för varje kanal. Idag är det vanligt att kontorsbyggnader uppförs utan ett fast trådbundet nät och alla använder DECT telefoner. Detta gör att många kommer att exponeras längre tid för RF-fälten från telefonen samt att den generella nivån på RF-signaler ökar i byggnaden. Denna generella nivå i huset ligger långt under de nivåer som användaren utsätts för från telefonen.

UMTS eller 3G telefonerna sänder med en frekvens kring 1900 MHz och dess basstation ligger kring 2100 MHz. Till skillnad från GSM och DECT telefonerna så är inte 3G signalerna pulsade utan kan mera liknas vid en kontinuerlig signal. I och med den nya tekniken och det stora antalet basstationer så ligger ut-



En viss del av de radiofrekventa vågorna som utsänds från mobiltelefonen tränger in i huvudet. Vi beskriver denna absorption med begreppet "Specific Absorption Rate", förkortat SAR, dvs. hur mycket energi som per tidsenhet och massenhet absorberas. Enheten för SAR är W/kg

Illustration: Gunilla Guldbrand



Robotmätning av SAR fördelningen från en mobiltelefon.

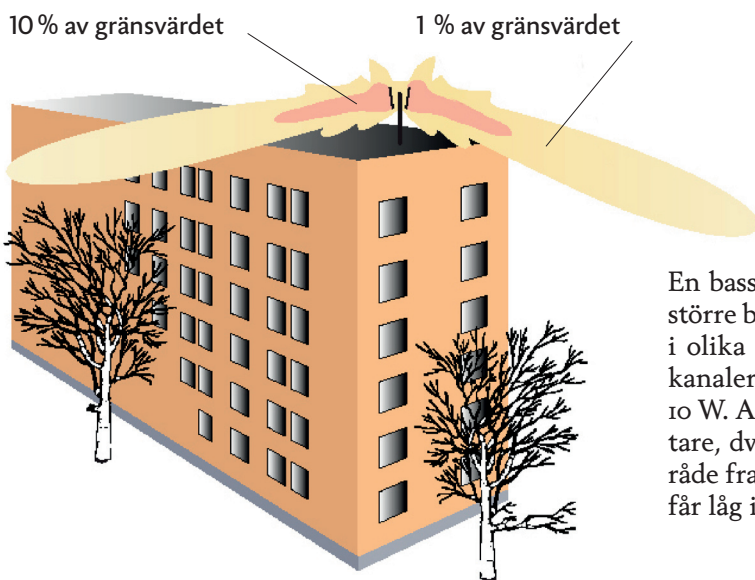
effekten från dessa telefoner mycket lågt. Maximala värdet på uteffekten är 250 mW men mätningar visar att vid användning i städer så ligger uteffekten i 90 % av tiden under 1 mW. Medianvärdet ligger så lågt som 10–15 μ W, dvs. 50 % av tiden sänder de med en uteffekt under detta värde.

SAR-värdet (Specific Absorbtion Rate) är ett mått på hur mycket av radiovågorna som absorberas i kroppen. Eftersom telefonerna skickar ut radiosignaler för att få kontakt med basstationen så kommer med nödvändighet en viss del av signalens energi att absorberas i huvudet på användaren. Telefonerna testas genom att man placerar den intill en glasfibermodell av ett huvud fyllt med en vätska med elektriska egenskaper som kroppsvävnad och därefter mäts det elektriska fältet i huvudet. Härifrån kan man sedan beräkna SAR-värdet som beskriver hur mycket energi som per tidsenhet och massenhet tas upp i huvudet.

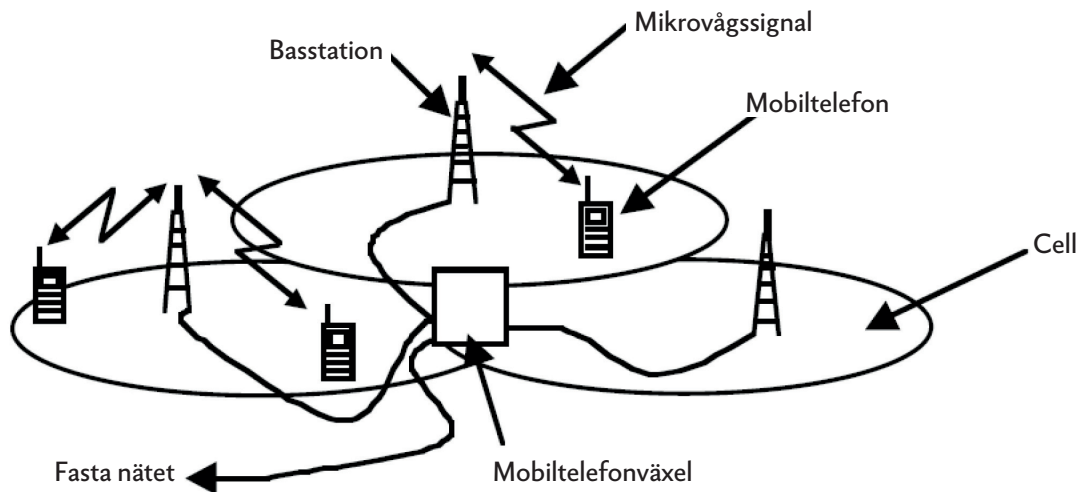
Sedan anges det högsta värdet som medelvärde över 10 gram vävnad.

Gränsvärdet är satt för att man sett skadliga effekter på ögonlinsen vid en exponering med 100 W/kg. För att skydda mot detta rekommenderas enligt International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) att för yrkesmässig exponering skall man inte gå över 10 W/kg lokalt, och för allmänheten tar man till ytterligare en säkerhetsfaktor på 5 och kommer då ned till 2 W/kg, och det är detta som gäller för mobiltelefoner. Tester på telefonerna görs vid full uteffekt, t ex 2 W i pulsen för GSM 900 MHz, värdena ligger från som lägst ca 0,1 till som högst strax under 2 W/kg för olika telefoner. SAR värdet är i princip direkt proportionellt mot uteffekten, som exempel kan nämnas om en 3G telefon har ett angivet SAR värde på 1,0 W/kg vid 250 mW så kommer det vid användning med t ex 1 mW att reduceras 250 gånger till 0,004 W/kg.

Basstationer



En basstation består av sändarenheter och antenner; större basstationer har ofta flera antenner som sänder i olika riktningar. En basstation kan sända på flera kanaler (frekvenser). Uteffekten per kanal är typiskt 10 W. Antennen fungerar ungefär som en bilstrålkastare, dvs. den koncentrerar radiovågorna till ett område framför antennen. Det innebär att man normalt får låg intensitet direkt under och bakom antennen.



Bilden visar tre basstationer som täcker varsin cell. Basstationerna är kopplade till det fasta telefnätet. På bilden har för klarhetens skull varje cell en egen sändarmast. Ofta kombinerar man flera antenner i samma mast så att man kan täcka in tre celler i olika riktningar från samma mast.

Vid Chalmers har mätningar av radiofrekventa fält, 30–3000 MHz, utförts på stort antal platser. Mätplatserna har valts ut för att spegla olika normala exponeringssituationer i storstad, mindre stad och på landsbygd. Mätningar har genomförts utomhus samt inomhus. Den totala exponeringen över alla mätpositioner hade ett medelvärde på ca 0,5 mW/m² och ett medianvärde på 0,04 mW/m². Den stora skillnaden mellan medelvärde och medianvärde beror på att exponeringen på landsbygden ligger långt under nivåerna i större städer. Samtliga uppmätta nivåer ligger långt under de referensnivåer, som den internationella organisationen ICNIRP och EU anger för exponering av allmänheten (referensvärdena i frekvensområdet är 2 000–10 000 mW/m²). GSM basstationer stod för ungefär hälften av effektbidragen i det totala materialet. Även mätningar nära basstationer gav låga intensiteter.

I stadsmiljö är det vanligt att man placerar basstationer utvändigt på fasader och tak. För att erhålla god inomhustäckning monterar man ibland stationer även inne i hus, så kallade picoceller. Dessa har låg uteffekt, vanligen av samma storlek som telefonerna har.



Exempel på antenner till en basstation för mobiltelefoni.

Trådlös datorkommunikation

WLAN (Wireless Local Area Network) är ett trådlöst datanät där kommunikationen sker via radiovågor. Ett WLAN använder två enheter; en trådlös klient vilket vanligen är en PC utrustad med ett trådlöst kommunikationskort samt en accesspunkt som fungerar som en brygga mellan det trådlösa och trådbundna nätet. En accesspunkt motsvaras av en basstation vid mobiltelefoni.

Ur exponeringssynpunkt har WLAN stora likheter med mobiltelefonsystem. Båda avger radiovågor, mobiltelefonbasstationer har normalt högre uteffekt än accesspunkter, å andra sidan är basstationer oftast placerade utomhus medan accesspunkter normalt placeras inomhus. Mobiltelefoner och trådlösa klienter har jämförbara uteffekter. WLAN använder frekvenser i 2400 MHz-bandet eller frekvenser i ett band vid 5,1 GHz.

Vid mätningarna var alla mätvärden med god marginal under referensvärdet på 10 W/m². Precis som för mobiltelefoni kan den högsta exponeringen förväntas från den källa som är närmast, oftast den egna datorns sändarkort.

Förutom WLAN används mobiltelefoni för trådlös datorkommunikation, antingen via en mobiltelefon eller ett separat instickskort eller en sändare ansluten via datorns USB-port. Så kallade 3G modem som använder sig av UMTS teknik har fått en omfattande

användning, då de tillåter högre bandbredder än tidigare mobiltelefonitekniker. Frekvensband och uteffekter är samma som för mobiltelefoni.

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) är ytterligare en teknik som används för trådlös dataöverföring. I dagsläget är tekniken byggd för att kunna ge bredband till fasta mottagarplatser genom att användaren på sin fastighet placerar en antenn som riktas mot WiMAX-basstationen. Räckvidden kan vara upp till 30 km vid fri sikt. Exponeringen från WiMAX motsvarar den från mobiltelefonsystem.

Bluetooth är en radioteknik som används för kommunikation mellan apparater som t.ex. mobiltelefon till handsfree. I det fallet är uteffekten 1 eller 2,5 mW. Bluetooth använder frekvenser mellan 2402 till 2481 MHz.

För att minska exponeringen från mobiltelefoner rekommenderas att man skall använda handsfree-utrustning. Både trådbundna och Bluetooth-headset innebär en reduktion av exponeringen. Bluetooth-headset har normalt en maxuteffekt på 2,5 mW, på grund av att headsetet endast sänder i tidsluckor blir medeluteffekten mindre än 1 mW. Vid användning av sladdanslutna headset läcker mikrovågsstrålning från mobilen via sladden så att exponeringen i huvudet blir av samma storleksordning som för ett Bluetooth-headset.

Hälsoeffekter

Mobiltelefoner, basstationer och andra radio- och TV-sändare sänder inte ut joniserande strålning av den typ som man förknippar med t.ex. röntgen eller strålning från radioaktiva ämnen. Strålning från radiosändare kallas icke-joniserande. Hit hör en lång rad fysikaliska fenomen, t.ex. synligt ljus, ultraviolett och infraröd strålning, radio och mikrovågor samt elektriska- och magnetiska fält. Radiovågor tränger in i utsatt vävnad till djup som beror på frekvensen och vävnadens elektriska egenskaper – upp till några centimeter vid de frekvenser som utnyttjas av mobiltelefoner. Energin absorberas i kroppen och ger upphov till värme, men motsvarande temperaturökning begränsas av kroppens normala temperaturreglering. Alla hittills fastställda hälsoeffekter är tydligt relaterade till uppvärmning.

De flesta studier har undersökt resultaten av kortvarig helkroppsexponering för fält på nivåer som är betydligt högre än de som man vanligtvis sätter i samband med trådlös kommunikation, och få studier riktar sig till konsekvenserna av lokal exponering mot huvudet. Den mycket lokala exponeringen från mobiltelefonen gör också att det som diskuterats är möjliga effekter på hjärnan, såväl hjärntumörer som förändringar av hjärnans funktioner. Flera studier om mobiltelefonanvändning och risk för hjärntumörer finns nu och det finns också rapporter om problem med t ex huvudvärk, trötthet, koncentrationssvårigheter samt påverkan på minnet.

Vad är känt från experimentella studier på celler och djur?

Det finns en stor mängd publicerade studier om biologiska effekter av exponering av celler och djur. En biologisk effekt är en mätbar förändring i ett biologiskt system, och detta behöver inte betyda att effekten är en hälsorisk. Konsensusuppfattningen i forskarvärlden är att de effekter som uppstår efter exponering och som kan betraktas som potentiella hälsorisker och därmed icke-önskvärda är alla associerade med uppvärmningseffekter. Dagens gränsvärdesättning baseras också i stor utsträckning på

termiska effekter, och en av de känsligaste indikatorerna på detta som man funnit i djurförsök är beteendeförändringar i samband med exponering över 4 W/kg. Idag finns dock ett flertal dokumenterade biologiska effekter som inträffar efter exponering vid betydligt lägre nivåer än de som orsakar påtaglig uppvärmning, dvs. vid exponeringsnivåer under 2 W/kg. Hälsoimplikationerna av dessa resultat är oklara och vidare studier kring detta pågår i flera olika länder.

Vad är känt från studier på människa?

Under de senaste åren har ett ökat antal experimentella studier på människa utförts, för att utröna om de radiofrekventa fälten kring mobiltelefonen påverkar hjärnans elektriska aktivitet (EEG). Mätningar av EEG-aktivitet vid vaket tillstånd eller sömn, efter mobiltelefonexponering, har gett varierande resultat, i vissa studier har man funnit en viss biologisk effekt, medan andra studier inte kunnat se något sådant. Det är vidare oklart om dessa fynd kan klassas som en hälsorisk.

Några mobiltelefonanvändare rapporterar symptom som t.ex. huvudvärk, trötthet, koncentrationssvårigheter och relaterar dessa till sin mobiltelefonanvändning. De som upplevde besvär hade ofta vidtagit åtgärder för att minska besvären. Den vanligaste åtgärden var minskad samtalstid, användande av handsfreeutrustning eller övergång till att oftare använda vanlig telefon. Åtgärderna bidrog ofta till att minska besvären.

Ingen av studierna visar på några klara hälsoeffekter, men de indikerar att mobiltelefonanvändning kan

leda till subjektiva besvär. Om dessa besvär är orsakade av radiovågsabsorption eller andra faktorer som t.ex. att mobiltelefonen blir varm vid samtal, ergonomiska faktorer eller stress kvarstår att undersöka.

Rapporterade fall av elöverkänsliga som reagerat på telefoner och i närheten av basstationsantenner har lett till några studier avseende människors möjlighet att kunna detektera fälten från en mobiltelefon. Flera sådana studier har utförts utan att man kunde påvisa att elöverkänsliga individer kunde detektera signalerna från telefonen. Motsvarande studier av den svagare exponering som förekommer kring basstationsantenner har, med ett undantag, ej kunnat påvisa några samband med exponering.

Sammantaget finns i de experimentella studierna på människa några indikationer på möjliga biologiska effekter avseende hjärnans aktivitet, vilket i första hand föranleder fortsatta undersökningar. Indikationer på klara hälsorisker på grund av fälten kring mobiltelefoner har man å andra sidan inte kunnat finna.

Vad är känt från epidemiologiska studier?

Vid användning av mobiltelefon tränger radiovågorna in i huvudet några centimeter på den sida man håller telefonen på. Riskorgan för cancer eller tumörsjukdom utgörs av ett begränsat område av hjärnan och spottkörteln framför ytterörat. Ett stort antal studier av cancerrisker hos telefonanvändare har utförts, bl.a. den av WHO:s cancerexpertorgan koordinerade studien INTERPHONE som genomförs samtidigt i 13 länder och omfattar flera tusentals fall av hjärntumörer och hörselnervstumörer. Det totala slutresultatet från denna studie är ännu inte publicerat, men delredovisningar och andra studier visar inte på någon signifikant överrisk för användning kortare än 10 år. Data för mer än 10 års användning är fortfarande begränsad, men analys av patienter med tumör på

samma sida som de uppgett använda telefonen visar på något ökad risk i några studier. Resultatet grundas dock på relativt få patienter med tumör. Vid självrapportering av användning av mobiltelefon finns även risken att minnesfel har påverkat resultaten.

Den längsta latenstiden, dvs. tiden mellan den första exponeringen och insjuknande i dessa studier är drygt 10 år och detta är för kort för att utvärdera risken för hjärntumörer, eftersom dessa troligen har en latenstid på 15–20 år eller mer. En annan fråga där det endast finns någon enstaka studie är barns cancerrisk vid mobiltelefonanvändning. Frågan om barns nervsystem, som är under utveckling, är mer känsligt än vuxnas är fortfarande obesvarad.

Bilkörning

En av de saker som forskning tydligt har visat är en ökad risk för trafikolyckor när mobiltelefoner används medan man kör bil. Denna riskökning finns oavsett om man använder handhållen telefon eller

har handsfreeutrustning installerad i bilen. Problemet synes därför vara att själva samtalet påverkar koncentrationen på körningen. I många länder är mobiltelefonsamtal under körning förbjudet.

Diskussion

Den snabba teknikutvecklingen avseende trådlös kommunikation, innebär en stor förändring av den svenska befolkningens exponering för elektromagnetiska fält. Många av de tekniska tillämpningar som nu är under utveckling, kommer att arbeta på frekvenser där nästan ingen bioeffektforskning bedrivits. Svensk industri har varit framgångsrik inom mobil kommunikation, varför det är ett nationellt intresse att tekniken kan utvecklas på ett framgångsrikt och säkert sätt. Det är därför av vikt att frågan om eventuella hälsoeffekter av elektromagnetiska fält, från dessa nya tillämpningar, omgående studeras med hög kompetens. Samtidigt som behovet av forskning nu är större än någonsin, genom den accelererande användningen av tekniken och utvecklingen inom området, sker en nedrustning av de svenska forskningsresurserna inom området.

Det finns stora kunskapsluckor som identifierats för framtida forskning för att en bättre hälsoriskbedöm-

ning skall kunna göras. Det kommer att ta ytterligare några år innan den forskning som saknas har slutförts och utvärderats, samt för att offentliggöra de slutgiltiga resultaten angående eventuella hälsorisker. Innan dess finns inte underlag för en lagstiftning eller förändring av gällande gränsvärdesättning på vetenskapligt basis.

Om man är orolig kan man själv tillämpa ett försiktigt undvikande och välja att begränsa exponeringen genom att hålla samtalslängden nere eller använda handsfree utrustning för att hålla mobiltelefonen borta från huvudet, eller vid köp av ny utrustning välja en apparat som ger låga SAR-värden t.ex. 3G telefoner. Vad gäller fordon finns det en väl etablerad ökning av risken för trafikolyckor då föraren använder en mobiltelefon, vare sig det rör sig om en vanlig handhållen mobiltelefon eller en som är utrustad med handsfree.

Sammanfattning

- Det är för tidigt att dra säkra slutsatser om cancerrisken från hittills utförda epidemiologiska studier.
- Försök med personer exponerade för svaga mikrovågor från mobiltelefoner visar att hjärnans elektriska aktivitet och funktion kan temporärt påverkas. Inga hälsoeffekter från sådan exponering har påvisats.
- Det finns stora brister i kunskaperna särskilt avseende långtidseffekter vid användande av mobiltelefoner och förståelsen av de grundläggande bioelektriska processerna. Fortsatt svensk forskning på hög nivå är viktigt.
- Självrapporterade besvär t.ex. huvudvärk, trötthet och värmekänsla, ökar med ökad samtalstid per dag i mobiltelefon. De egentliga orsakerna till dessa besvär har ännu ej kartlagts.
- Exponeringen från en mobiltelefon som sänder med full effekt kan för vissa telefonmodeller närma sig EU:s riktvärde, den normala exponeringen från basstationer ligger mer än tusen gånger lägre än referensvärdet.
- Den som vill vara försiktig bör lämpligen undvika höga och långvariga exponeringar. Användning av handsfree reducerar exponeringen avsevärt.
- Försök visar att användandet av mobiltelefon vid fordonskörning (oavsett om handsfree används eller ej) är en något större säkerhetsrisk än ett normalt samtal med föraren eller när denne lyssnar på bilradion.

Vidare läsning

För den som vill läsa mer om dessa frågor hänvisar vi till nyligen gjorda översikter om detta område gjorda av olika expertgrupper som granskat de effekter som exponering för elektromagnetiska fält har på människa:

Anders Ahlbom, Maria Feychting, Yngve Hamnerius, Lena Hillert. Forskning om elöverkänslighet och andra effekter av elektromagnetiska fält 2008. Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap 2008.
http://www.fas.se/fas_shop/ItemView_____1277.aspx

Anders Ahlbom, Maria Feychting, Yngve Hamnerius, Lena Hillert. Forskning om elöverkänslighet och andra effekter av elektromagnetiska fält. Sjätte årsrapporten. Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap 2009.
http://www.fas.se/fas_shop/ItemView_____1540.aspx

Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). Health Effects of Exposure to EMF. 19 January 2009
http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_022.pdf

World Health Organisation, EMF project.
<http://www.who.int/peh-emf/en/>

Detta material har arbetats fram av en arbetsgrupp inom SNRV sektion K:

Bitr. prof. Yngve Hamnerius, Chalmers, ordförande
Fysiker Gert Anger, Strålsäkerhetsmyndigheten
Doc. Jacob Eberhardt, Lunds universitet.
Fo. ass. Andreas Fhager, Chalmers
Doc. Kjell Hansson Mild, Umeå universitet
Tekn. dr. Lars Malmgren, Lunds universitet
Prof. Mats-Olof Mattsson, University of Vienna, Österrike
Tekn. Dr. Lars-Erik Paulsson, Stockholm
Prof. em. Bertil Persson, Lund
Prof. Mikael Persson, Chalmers
Doc. Monica Sandström, Umeå universitet
Fil.dr. Jonna Wilén, Umeå universitet

Svenska Nationalkommittén för radiovetenskap, SNRV, består under mandatperioden 2009 – 11 av 22 av Kungl. Vetenskapsakademien valda ledamöter samt tre av SNRV valda hedersledamöter. Ordförande är professor Gerhard Kristensson, Lunds universitet. Sekreterare är överingenjör Carl-Henrik Walde, FMV. Nationalkommitténs arbete sker till övervägande del av adjungerade ledamöter i SNRV:s tio sektioner. Sektionsordföranden, i två fall även vice ordföranden, är svenska officials inom International Union of Radio Science, URSI.

Detta dokument publicerat i juni 2009 är en uppdatering av ett tidigare SNRV dokument.

Milstolpar i mobiltelefonens historia

1906	1956	1987	1991	2001	2003	2005	2007
Radions fader italienaren Marconi lyckas överföra tal via radio	Världens första automatiska mobiltelefon-system öppnas i Sverige för kommersiellt trafik	Fick-telefoner introduceras	Digitala GSM näten öppnas i Norden och Tyskland.	Det analoga NMT 900 nätet läggs ned i Sverige	Introduktion av UMTS (3G) i Sverige	Antalet mobilabonnemang överstiger antalet invånare i Sverige	Lansering av mobilt bredband med en överföringshastighet upp till 7,2 Mbit/s



KUNGL.
VETENSKAPS-
AKADEMIEN

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

Svenska nationalkommittén för
radiovetenskap