

Forskning om  
elöverkänslighet  
och andra effekter av  
elektromagnetiska fält

# Forskning om elöverkänslighet och andra effekter av elektromagnetiska fält

Anders Ahlbom  
Maria Feychting  
Yngve Hamnerius  
Lena Hillert



FORSKNINGSRÅDET FÖR ARBETSLIV  
OCH SOCIALVETENSKAP

## Innehåll

|  |    |
|--|----|
| Förord.....  | 3  |
| Författarens förord.....                                       | 4  |
| Inledning.....   | 6  |
| Epidemiologiska studier på symtom .....                        | 6  |
| Experimentella studier på symtom .....                         | 8  |
| Sammanfattning av rapporten från SSI:s vetenskapliga råd ..... | 11 |
| Cancer hos mobiltelefonanvändare                               |    |
| Cancer hos bosatta i närheten av radio- och TV sändare         |    |
| Carcinogenicitet   |    |
| Heat shock proteins  |    |
| Blod-hjärnbarriären  |    |
| Försiktighetsprincipen   |    |
| Avslutande diskussion.....                                     | 13 |
| Referenser.....  | 14 |

## Förord

Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap (FAS) har av regeringen i uppdrag att bevaka frågor som rör forskning om elöverkänslighet. Uppdraget innebär att FAS, i samråd med forskningsaktörer, myndigheter och andra som FAS finner lämpligt, vartannat år skall dokumentera och informera om kunskapsläget, med början år 2003.

Till detta uppdrag har en särskild arbetsgrupp under ledning av professor Anders Ahlbom anlitats. Arbetsgruppen har, förutom Anders Ahlbom, bestått av docent Maria Feychting, överläkare, medicine doktor Lena Hillert och bitr professor Yngve Hamnerius.

FAS vill tacka arbetsgruppen för nedlagt arbete på att ta fram årets rapport.

FAS planerar att årligen publicera en ny rapport. Avsikten är att varje år identifiera och diskutera aktuella och relevanta vetenskapliga framsteg och uppmärksammade rapporter varför fokus kommer att variera från ett år till ett annat beroende på aktualitet.

Mer information om elektromagnetiska fält finns på FAS hemsida, [www.fas.forskning.se](http://www.fas.forskning.se).

Stockholm i januari 2004

*Rune Åberg*  
Huvudsekreterare  
Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap

## Författarens förord

Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap (FAS) har genom beslut av regeringen fått i uppdrag att bevaka frågor som rör forskning om *elöverkänslighet* och att regelbundet, med början år 2003, dokumentera och informera om kunskapsläget. Den övergripande frågeställningen för detta forskningsområde är om exponering för svaga elektromagnetiska fält ökar risken för sjukdom eller annan ohälsa. Det är naturligt att i detta uppdrag inkludera såväl fält genererade vid produktion och användning av elektricitet som fält som används för kommunikation t.ex. med mobiltelefoni. För närvarande finns ett stort intresse för fält genererade i samband med mobiltelefoni medan kraftfrekventa fält har stått i fokus tidigare; under en ännu tidigare period diskuterades framför allt sådana fält som förekommer kring bildskärmar. Elektroniska bevakningssystem och magnetresonansteknik (MRI) är andra användningsområden där hälsorisker börjat diskuteras. En naturlig avgränsning är frekvensområdet från 0 upp till 300 GHz.

Ett stort antal hälsoeffekter har under årens lopp diskuterats i relation till elektromagnetiska fält. Dessa har bl.a. innefattat ett antal cancersjukdomar, hjärtkärlsjukdom, neurodegenerativa sjukdomar, graviditetspåverkan och symtom som huvudvärk, trötthet etc. Det är rimligt att uppdraget inte avgränsas till en särskild hälsoeffekt utan innefattar bevakning av forskning om alla eventuella hälsoeffekter, bland annat därför att mycket av forskningen är generell och av relevans för hela problemområdet och hela spektrat från cancersjuklighet till symtom.

Många olika forskningsdiscipliner bidrar till kunskapsutvecklingen inom området som i hög grad är tvärvetenskapligt. Viktiga forskningsgrenar är epidemiologi, experimentell in vivo och in vitro forskning samt fysikalisk och teknisk forskning; alla har bidragit med väsentlig kunskap för hälsoriskbedömningar. Epidemiologiska studier, och vissa andra humanstudier, undersöker direkt hälsorisker hos människa och har därför störst betydelse för hälsoriskbedömningar tillsammans med kunskap om exponeringsförekomst och exponeringsbestämningar. Men också annan relevant forskning måste följas för att en heltäckande och rättvisande bild ska kunna fås.

Det finns ett antal andra expertgrupper nationellt och internationellt som följer detta kunskapsområde. WHO driver ett EMF-projekt som syftar till att koordinera och stimulera forskning som ska leda fram till en övergripande riskvärdering. En serie arbetsmöten har just påbörjats och dessa ska ligga till grund för tre Environmental Health Criteria dokument som ska bli en logisk slutpunkt på EMF-projektet. International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) är en oberoende internationell kommission som har till uppgift att följa kunskapsläget och forskningsutvecklingen och att föreslå gränsvärden och riktlinjer för exponering. Statens strålskyddsinstitut (SSI) har nyligen inrättat ett vetenskapligt råd för elektromagnetiska fält. Rådet har till uppgift att ge generaldirektören råd om det vetenskapliga underlaget beträffande sambandet mellan EMF och biologiska effekter och att regelbundet rapportera om kunskapsläget till SSI. Rådet har bred kompetens och en internationell sammansättning.

För att genomföra detta uppdrag till regeringen har FAS uppdragit åt undertecknad att leda en projektgrupp med uppgift att årligen framställa en rapport över den vetenskapliga utvecklingen inom området. Avsikten är att varje år identifiera och diskutera väsentliga aktuella och relevanta vetenskapliga framsteg och uppmärksammade rapporter. Fokus kommer att variera från ett år till nästa beroende på aktualitet. Fokus för denna första rapport är studier av radiofrekventa elektromagnetiska fält i relation till symtom. Projektgruppen har inriktat sig på

sådana resultat som framkommit år 2000 eller senare eftersom två grundliga översiktsrapporter presenterades detta år, den s.k. Stewart-rapporten (IEGMP 2000) och den s.k. RALF-rapporten (Bergqvist et al. 2000).

I projektgruppen ingår utöver undertecknad docent Maria Feychting, överläkare, medicine doktor Lena Hillert samt bitr. professor Yngve Hamnerius. Projektgruppen kommer att dra fördel av nära kontakter med de ovannämnda grupperingarna och särskilt med SSIs vetenskapliga råd där undertecknad är ordförande.

*Anders Ahlbom*  
Professor

## Inledning

Huvuddelen av denna rapport kommer att diskutera den än så länge förhållandevis begränsade forskningen om symtom och radiofrekventa elektromagnetiska fält (RF) av den typ som förekommer vid mobiltelefoni. Den forskningen består dels av epidemiologiska studier där symtomförekomst rapporterats av personer med skilda grader av RF exponering, dels av experimentella studier där forskare kontrollerat exponeringssituationen. I rapporten ges vidare en kort sammanfattning av huvudresultaten i rapporten från SSIs vetenskapliga råd som är inriktad på epidemiologisk och experimentell cancerforskning i relation till RF exponering samt på forskning om så kallade *heat shock proteins* och effekter på blod-hjärnbarriären.

## Epidemiologiska studier på symtom

Samtliga tillgängliga epidemiologiska studier av symtom i relation till mobiltelefonanvändning eller exponering från basstationer är tvärsnittsstudier, vilket är en allvarlig begränsning om man vill undersöka om exponeringen kan ge upphov till dessa symtom. Av flera skäl har sådana studier ett begränsat värde i en utvärdering av orsakssamband. I en tvärsnittsstudie undersöker man den samtidiga förekomsten av symtom och exponering, utan att ta hänsyn till det tidsmässiga förhållandet mellan dem. Ofta har man också ett stort bortfall, och det kan vara tveksamt om de som deltar är representativa för den befolkning som undersökningen baseras på. Det finns en stor risk att personer som upplever besvär är mer benägna att delta i studier av det här slaget, medan andra inte är lika motiverade. Ytterligare en begränsning är att man ofta låter personerna själva skatta både sin exponering och utfallet (symtom), och man kan därför inte utesluta att skattningarna påverkas av varandra. Man saknar oftast objektiva mått på exponering och utfall.

För närvarande finns endast två epidemiologiska studier av symtom i relation till basstationer, och dessa är av undermålig vetenskaplig kvalitet. Den ena studien är en fransk tvärsnittsstudie där 530 personer har besvarat ett frågeformulär om olika symtom som huvudvärk, koncentrationssvårigheter, minnesluckor, trötthet, sömnproblem mm. Deltagarna har också själva fått uppskatta avståndet till närmaste basstation. Resultat från studien har rapporterats i tre olika publikationer (Santini et al. 2001, 2002a, 2003). Författarna har inte redogjort för hur personerna som ingår i studien har valts ut, eller hur stort bortfallet är. Detta gör det omöjligt att värdera omfattningen av eventuella selektionsfel, och hur detta kan ha påverkat resultaten. Man har inte heller gjort någon validering av deltagarnas förmåga att korrekt ange avståndet till närmaste basstation. Dessutom är avstånd till basstationen ett dåligt mått på exponering för radiofrekventa fält, eftersom många andra faktorer påverkar exponeringsnivån (Schüz & Mann 2000). Författarna rapporterar en ökad förekomst av symtom bland de som bor nära en basstation, men studiens design gör det omöjligt att avgöra om detta är reella effekter eller om det beror på systematiska fel i studien. Det är tänkbart att personer som upplever att de har besvär från basstationer har tagit reda på var närmaste basstation ligger, medan personer som inte upplever några besvär kanske aldrig har tänkt på detta.

Den andra studien av basstationer är en spansk studie som i princip har samma design och frågeformulär som den franska (Navarro et al. 2003). Inte heller i denna studie har man redogjort för hur deltagarna har valts ut, och det är omöjligt att värdera eventuella selektionsfel. Deltagarna har själva fått skatta avståndet till närmaste basstation, och sedan har man gjort mätningar av exponeringen hos personer som uppger att de bor närmare än 150 meter och hos de som bor längre bort än 250 meter från en basstation. Man har inte redogjort för hur stor andel av de som besvarade frågeformuläret som sedan ville delta i mätstudien, och

personer som bor mellan 150 och 250 meter från en basstation har exkluderats från vidare analyser (man redogör inte för hur många dessa är eller varför de exkluderats). Också i denna studie rapporteras en ökad förekomst av symtom bland personer som bor i närheten av basstationer, men man relaterar inte förekomst av symtom till exponeringsnivå, utan redovisar bara att de som bor nära en basstation i genomsnitt har högre exponering än de som bor långt ifrån. Alla dessa brister i studiedesignen gör det omöjligt att tolka resultaten, då systematiska fel i studien inte går att utesluta som en förklaring till de effekter som rapporteras.

Symtom i samband med användning av mobiltelefoner har undersökts i tre studier av varierande kvalitet. I en svensk-norsk tvärsnittsstudie av slumpvis utvalda mobiltelefonanvändare med företagsabonnemang deltog 65% av de ca 12000 som utvalts i Sverige och 56% av 5000 i Norge (Ofstedal et al. 2000). I ett frågeformulär med en lista på olika typer av symtom fick deltagarna ange hur ofta man upplevde något/några av symtomen i samband med användning av mobiltelefon. Man fann att 13% av svenskarna och 31% av norrmännen upplevde någon form av symtom som de förknippade med mobiltelefonanvändning. Det kunde exempelvis vara värmekänsla på eller bakom örat, huvudvärk, yrsel, trötthet, obehag, koncentrationssvårigheter m.m. Ett huvudsyfte med studien var att jämföra förekomsten av symtom bland användare av NMT-telefoner och användare av GSM-telefoner. Hypotesen var att symtom skulle vara mera frekvent bland GSM-användare, vilket man dock inte kunde bekräfta. Man inkluderade inte någon helt oexponerad grupp, dvs personer som aldrig använder mobiltelefon, men rapporterade att symtomen var vanligare ju mer man använde mobiltelefonen. Studiens design gör dock att man inte kan dra några slutsatser om kausalt samband mellan mobiltelefonanvändning och rapporterade symtom. Det finns också en stor risk för att bortfallet kan ha snedvridit resultaten; den stora skillnaden mellan förekomst av symtom i Norge och Sverige antyder att så kan vara fallet. Även i Stewart-rapporten (IEGMP 2000) har man påpekat problematiken med den använda studiedesignen. Detta gör också att ytterligare analyser av materialet (Sandström et al. 2000, Wilén et al. 2003) har begränsad möjlighet att belysa frågeställningen om radiofrekvent exponering i samband med mobiltelefonanvändning kan ge upphov till symtom av olika slag.

I en tvärsnittsstudie från Singapore (Chia et al. 2000) av slumpvis utvalda hushåll deltog 45% av personerna i en personlig intervju där frågor om olika typer symtom ställdes utan att deltagarna kände till att man ville studera detta i relation till mobiltelefoni. Först därefter frågade man efter mobiltelefonanvändning. Man undersökte i stort sett samma typer av symtom som i studien av Ofstedal och medarbetare. Man fann ingen skillnad mellan mobiltelefonanvändare och andra avseende de flesta av de undersökta symtomen, dock var huvudvärk något vanligare bland mobiltelefonanvändarna, medan koncentrationssvårigheter var vanligare bland de som inte använde mobiltelefon. Man kontrollerade inte förekomst av andra riskfaktorer för de studerade symtomen. Inte heller i denna studie kan man dra slutsatser om kausala samband, dels på grund av det stora bortfallet, dels på grund av de generella problem som en tvärsnittsdesign medför.

I en studie från Frankrike fick 161 studenter och anställda vid en fransk ingenjörsskola besvara frågor om förekomsten av ett antal olika generella symtom, samt symtom i samband med mobiltelefonanvändning (Santini et al. 2002). Man fann ingen skillnad mellan mobiltelefonanvändare och andra avseende generella symtom som t.ex. huvudvärk, trötthet, koncentrationssvårigheter, sömnbesvär. Man har inte rapporterat hur individerna som ingår i studien har valts ut eller hur stort bortfallet var. Detta gör det omöjligt att värdera studiens resultat.



Fall-rapporter av den typ som publicerats av Hocking (1998) innehåller ingen information som kan belysa orsakerna till de symtom som rapporteras.

De epidemiologiska studier som idag finns tillgängliga har ingen eller mycket begränsad information för bedömningen av om radiofrekvent exponering från mobiltelefoner eller basstationer kan orsaka olika typer av symtom. Forskning som bättre belyser denna frågeställning är nödvändig innan några slutsatser kan dras.

## Experimentella studier på symtom

För att undersöka om exponering för RF från mobiltelefoni utlöser symtom har man, förutom i epidemiologiska studier, studerat frågeställningen under mer kontrollerade förhållanden i s.k. provokationsstudier. I dessa studier jämförs reaktioner under perioder med och utan den aktuella exponeringen, vilket ger en möjlighet till bättre karakterisering av exponeringsförhållandena. En annan fördel med denna typ av studier är att de kan utformas så att varken deltagare eller försöksledning känner till när exponering föreligger under försöken, s.k. dubbel-blind försökssituation. Risken för att kännedom om de faktiska exponeringsförhållandena ska påverka resultaten minimeras därmed. De personer som rapporterar besvär vid t ex närhet till aktiva mobiltelefoner anger vanligen att symtomen utlöses relativt omgående. Det borde därför finnas förutsättningar att kunna påvisa ett eventuellt orsaks-samband genom att i kontrollerade studier variera exponeringsfaktorn.

En finsk forskargrupp undersökte i två provokationsstudier 24 friska män och 24 friska kvinnor i vardera studien (Koivisto et al. 2001). Frågeställningen var om de upplevde symtom i samband med exponering för RF motsvarande GSM 900 (medeleffekt 0,25W, pulsfrekvens 217 Hz och pulsbredd 577 $\mu$ s). I den första studien skedde exponeringen under två sessioner om 60 minuter med 24 timmars mellanrum. Deltagarna var 18 till 49 år gamla, genomsnittlig ålder 26 år. Hälften av deltagarna exponerades för RF vid första tillfället och hälften vid den andra sessionen. I den andra studien var exponeringsperioderna (RF respektive utan RF) 30 minuter långa och följde direkt på varandra. I denna studie var deltagarna 18 till 34 år gamla, genomsnittlig ålder 23 år. Även här var första sessionen med RF för halva gruppen och utan för övriga deltagare. Exponering skedde från en telefon (utan högtalare) i en läderväska vid vänster öra, men utan direkt hudkontakt. Telefonen slogs på och av från en laptop-dator och försöksdeltagarna visste inte om de faktiska exponeringsförhållandena. Huvudvärk, yrsel/svindel, trötthet, kliande/pirrande/stickande känsla i huden, rodnad och värmekänsla i huden skattades före, under (efter halva tiden) och efter varje session på en skala 1 till 4 (1= ingen upplevelse av, 4= stark upplevelse av) i den första studien och på en 9-gradig skala i den andra studien. Resultaten visade inte något samband mellan symtom och exponering för RF. Värmekänslan ökade inte under exponering för RF (temperatur registrerad mellan hud och utrustning för fasthållande av telefon för fyra deltagare var 35°C efter 60 minuter utan RF, 35,1°C under 60 minuter med RF och 35,2°C efter ytterligare 30 minuter utan RF). Graden av upplevda symtom var generellt låg. I samband med såväl den första som den andra studien utfördes även kognitiva tester som har rapporterats separat (Koivisto et al. 2000b, Koivisto et al. 2000a) och kommenteras nedan.

I en annan finsk studie (Hietanen et al. 2002) var deltagarna 13 kvinnor (37 till 67 år, genomsnittlig ålder 51 år) och 7 män (42 till 53 år, genomsnittlig ålder 47 år) som rapporterat att de var känsliga för mobiltelefoner. Några av deltagarna uppgav även besvär utlösta av annan elektrisk utrustning. Tre män och sju kvinnor hade förutom mobiltelefonrelaterade besvär diagnos på skilda kroniska sjukdomar. Undersökningen utfördes i två lantligt belägna

trähus utan närhet till andra bostäder, kraftledningar eller basstationer. Elektricitet användes ej för ljus eller uppvärmning under försöken. Tre sessioner med exponeringar för RF i slumpmässig ordning ingick: NMT 900 (1W kontinuerlig signal) samt GSM 900 och GSM 1800 (medeleffekt 0,25W respektive 0,125W; pulsfrekvens 217 Hz och pulsbredd 577 $\mu$ s). Under en session, som alltid var nummer ett eller två, förekom ingen exponering för RF. Varken försöksledarna eller deltagarna var medvetna om de faktiska exponeringsförhållandena. Telefonerna var festsatta på ställning 1–5 cm från höger öra. En telefon utan exponering fanns på motsvarande sätt vid vänster öra. Telefonerna vidrörde inte huden och var gömda i tygpåsar. Exponeringsperioderna var 30 minuter långa (under exponeringar för RF slogs telefonen på ett par minuter in på 30 minutersperioden) med 60 minuters paus emellan. Sex personer genomförde enbart 3 sessioner och en person 2 sessioner i stället för de planerade fyra. Deltagarna var ombedda att omedelbart rapportera upplevda symtom. Nyttillkomna symtom under exponeringarna uppgavs i samtliga fall ha försvunnit under pauserna. Blodtryck, hjärt- och andningsfrekvens registrerades var 5:e minut under exponeringarna. Resultaten i studien visade att fler symtom rapporterats under sessioner utan exponering jämfört med RF exponering och att ingen av deltagarna kunnat upptäcka när RF exponering verkligen förekom. Nitton personer rapporterade något symtom under alla testsessioner medan en deltagare inte upplevde några symtom. De vanligaste symtomen var värme eller smärta i huvudregionen. I några fall rapporterades symtom innan den aktiva exponeringen börjat under 30 minutersperioden. Kvinnorna rapporterade mer än 20 olika symtom medan männen rapporterade mindre än 10. Blodtryck, hjärt- och andningsfrekvens visade ingen koppling till exponering förutom att systoliskt blodtryck var signifikant högre under sessionen utan RF jämfört med NMT 900 och GSM 1800. En tendens till minskade värden vid senare sessioner jämfört med den första noterades för systoliskt och diastoliskt blodtryck samt hjärtfrekvens. Detta skulle kunna tyda på att deltagarna var mer påverkade av stress i början av försöken, kanske för att de då inte visste hur de skulle komma att reagera på en exponering som de erfarenhetsmässigt fick besvär av. Studien begränsas av att den oexponerade sessionen alltid förekom i början av försöken, som session ett eller två. Detta kan ha begränsat möjligheten att upptäcka en eventuell effekt av exponeringen.

I september 2003 rapporterades en holländsk studie av välbefinnande ("well-being") och kognitiva funktioner vid exponering för fält motsvarande basstationer för GSM 900, GSM 1800 MHz och UMTS (3G; den tredje generationens mobiltelefoni som nu är under uppbyggnad med RF på cirka 2100 MHz) (Zwamborn et al. 2003). Maximal fältstyrka var 1 V/m, vilket är i nivå med de högsta värden som uppmätts i bostäder men mindre än 2,5% av det lägsta referensvärdet för allmänhetens exponering. Termiska effekter bedömdes ej uppkomma. Rapporten finns tillgänglig på internet. Två grupper undersöktes, en grupp som upplevt besvär kopplade till GSM mobiltelefoni (31-74 år, genomsnittlig ålder 56 år) och en besvärsfri kontrollgrupp (18-72 år, genomsnittlig ålder 47 år). Grupperna om 36 personer vardera var inte jämförbara avseende ålder och kön (11 män i besvärsgruppen och 22 i besvärsfria gruppen) varför jämförelser ej bör göras mellan grupperna. Var och en av deltagarna deltog i tre försökssessioner, en utan RF respektive med två av de tre RF exponeringarna. Varje session med eller utan exponering samt paus (efter genomförande av test samt enkät för välbefinnande) tog 45 minuter. Varken försökspersonerna eller försöksledarna hade vetskap om vilken exponering som förelåg vid respektive tillfälle. Graden av välbefinnande beräknades utifrån 23 skattade symtom (svimningskänsla, trötthet/brist på energi, nervositet, huvudvärk, koncentrationssvårigheter etc). De kognitiva testen ingår i en uppsättning test, Taskomat, som tagits fram vid TNO Physics and Electronics Laboratory där undersökningen utfördes.

I resultaten noterades signifikant sänkt grad av välbefinnande för båda grupperna vid exponering för UMTS-liknande fält, men inte vid GSM 900 eller GSM 1800 trots att besvärgruppen var uttagen utifrån uppgift om tidigare rapporterade besvär kopplade GSM mobiltelefoni. De kognitiva testerna visade skiftande resultat med såväl förbättring, försämring som ingen signifikant förändring under de skilda exponeringarna för RF jämfört med sessionen utan RF. Även om jämförelser ej görs mellan grupperna kan man notera att det var olika symtom i enkäten för välbefinnande som dominerade i respektive grupp. Forskargruppen har själv poängterat att detta är den första studien av detta slag och ytterligare forskning krävs för att kunna dra några säkra slutsatser avseende hälsoeffekter av de undersökta exponeringarna.

De ovan refererade studierna skiljer sig avseende studiegrupper (besvärsfria respektive personer med rapporterad känslighet och besvär) och design. I tre studier undersöktes förekomst av utvalda symtom medan deltagarna i studien av Hietanen och medarbetare uppmanades att fritt rapportera symtom. Ett samband mellan symtom och exponering för RF kunde inte påvisas i någon studie förutom den holländska – och här enbart för UMTS-liknande radiofrekventa fält. Tidigare publicerade studier av RF exponering och kognitiva funktioner har också uppvisat varierande resultat. En engelsk studie (Preece et al. 1999) rapporterade en liten men signifikant minskning av reaktionstid i en av flera test vid exponering för RF motsvarande NMT 900 men ej för GSM 900. I resultaten från studierna av Koivisto och medarbetare på friska försökspersoner beskrivna ovan (Koivisto et al. 2001) noterades likande fynd för GSM 900 (Koivisto et al. 2000a, Koivisto et al. 2000b). NMT 900 ingick ej i dessa studier. Då den senare forskargruppen försökte upprepa tidigare fynd med en större studiegrupp (32 kvinnor och 32 män) och delvis förbättrad design (dubbel-blind exponeringssituation, två medverkande centra) kunde inga signifikanta samband mellan exponering och testresultat avseende reaktionstid och korrekta svar påvisas (Haarala et al. 2003).

Sammantaget är antalet provokationsstudier avseende RF och symtom mycket litet. Endast en studie har funnit ett samband mellan RF och symtom skattade i ett index för välbefinnande, och då enbart för UMTS-liknande fält. Varken i denna studie eller de andra har någon effekt på symtom observerats för GSM 900 eller GSM 1800, men resultaten kan inte utesluta en påverkan under andra betingelser än i de genomförda studierna. Ytterligare forskning är motiverad.

Följande är en sammanfattning av rapporten från SSI:s vetenskapliga råd:

För en utförligare redovisning hänvisas till den fullständiga rapporten (SSI's Independent Group on Electromagnetic Fields, 2003).

#### Cancer hos mobiltelefonanvändare

Endast ett litet antal epidemiologiska studier av mobiltelefonanvändning och cancerrisk har publicerats. Huvuddelen av dessa studier har inte funnit något samband mellan mobiltelefonanvändning och cancerrisk, men i ett par av studierna har vissa överrisker redovisats. Av metodskäl är dock dessa positiva resultat svårtolkade. Metodologiska begränsningar är också uppenbara i majoriteten av negativa studier, framför allt till följd av kort uppföljningstid. Det går därför inte att dra några egentliga slutsatser om cancerrisken hos mobiltelefonanvändare utifrån idag tillgängliga epidemiologiska studier.

#### Cancer hos bosatta i närheten av radio- och TV sändare

Forskningen om hälsorisker vid RF exponering i miljön, från antenner och sändare av skilda slag, är ännu så länge utvecklad. Denna forskning är förenad med metodproblem bl a förknippade med exponeringsbestämningen, vilket har resulterat i svårtolkade resultat. För att denna forskning ska komma framåt krävs att en teknik för exponeringsbestämning utvecklas.

#### Carcinogenicitet

Senare djurexperiment har inte visat att RF av det slag som genereras av mobiltelefoner kan inducera cancer eller förstärka effekten av kända cancerframkallande ämnen. Kvarstående frågor gäller om ett tidigare positivt resultat visar sig kunna upprepas, om de använda experimentella modellerna kan anses vara relevanta och vilka effekter som skulle kunna uppstå vid högre exponeringsnivåer. Dessa frågor kommer rimligen att besvaras av nu pågående och planerade djurexperimentella studier. I cellstudier har vissa genotoxiska effekter rapporterats i två studier, vid exponeringsnivåer som överstiger de som förekommer hos mobiltelefonanvändare. Det finns inga samstämmiga data som tyder på förekomsten av icke-genotoxiska cancerframkallande mekanismer, som cellproliferation eller apoptos.

#### Heat shock proteins

Under senare år har ett flertal artiklar beskrivit effekter av skilda RF-signaler på uttryck av stressproteiner, *heat shock proteins* (HSP), både *in vitro* och *in vivo*. Dessa HSP förebygger eller reparerar proteinpåverkan till följd av stress. De här effekterna har setts vid låga exponeringsnivåer och det anses osannolikt att effekten skulle kunna vara termisk. Det pågår omfattande forskning för att konfirmera dessa resultat och för att studera dem ytterligare och i väntan på dessa resultat går det inte att fastslå om effekterna verkligen är reella eller vilka mekanismerna skulle vara; än mindre kan man uttala sig om dessa effekter skulle vara kopplade till hälsoeffekter. Detta är dock ett viktigt forskningsområde och HSP skulle kunna visa sig vara en markör för RF-exponering.

#### Blod-hjärnbarriären

Blod-hjärnbarriären, som skyddar hjärnan från giftiga ämnen som cirkulerar i blodet, har studerats hos försöksdjur som exponerats för RF-fält. Denna forskning har som regel bara sett effekter vid så höga exponeringsnivåer att de är förenade med temperaturstegring i den exponerade vävnaden. Två forskargrupper, en svensk och en fransk, har dock rapporterat läckage i blod-hjärnbarriären vid låga till medelhöga exponeringsnivåer. Den svenska gruppen

rapporterade skador på råtthjärnor som kvarstod 50 dagar efter en tvåtimmars exponering för fält av det slag som förekommer vid mobiltelefoni. De resultat som har redovisats om effekter på blod-hjärnbarriären har tilldragit sig betydande uppmärksamhet men en noggrann analys av tillgängliga data tyder inte på att en hälsorisk föreligger. Forskningen inom detta område måste dock fortsätta.

### Försiktighetsprincipen

Eftersom det kan förväntas att den vetenskapliga osäkerhet som redovisas i denna rapport kommer att bestå åtminstone inom en nära framtid har WHO utvecklat en princip för beslutsfattande och andra åtgärder under osäkerhet. Denna princip förespråkar försiktighet vid alla beslutsnivåer samtidigt som den understryker vikten av att eventuella åtgärder är rimligt avvägda med hänsyn till kostnadseffektivitet och balansen mellan risk och nytta.

## Avslutande diskussion

Den senaste perioden har inte försett oss med några konklusiva forskningsresultat som på något väsentligt sätt förändrat kunskapsläget om ett eventuellt samband mellan RF exponering i samband med mobiltelefoni och hälsorisker. De bedömningar som har gjorts av den vetenskapliga litteraturen under senare tid kvarstår därför i allt väsentligt. Se till exempel den så kallade Stewartrapporten eller den så kallade RALF-rapporten (IEGMP 2000; Bergqvist et al. 2000).

De epidemiologiska studier som idag finns tillgängliga har ingen eller mycket begränsad information för bedömningen av om radiofrekvent exponering från mobiltelefoner eller basstationer kan orsaka olika typer av symtom. Antalet provokationsstudier avseende RF och symtom är mycket litet. Endast en studie har funnit ett samband mellan RF och symtom och då enbart för UMTS-liknande fält. Dessa fynd måste upprepas i ytterligare studier innan slutsatser kan dras. Inte i någon av studierna har effekter på symtom observerats för GSM 900 eller GSM 1800. Även de negativa fynden behöver bekräftas i ytterligare studier.

En snabb teknisk utveckling gör att exponeringen för elektromagnetiska fält ökar med mycket stor hastighet och det finns en oro för att denna exponering skulle kunna vara förenad med hälsorisker till följd av någon i dag okänd eller otillräckligt förstådd mekanism. Både ur folkhälsosynpunkt och för att samhällsutvecklingen inte ska hämmas i onödan är det utomordentligt angeläget att det vetenskapliga kunskapsläget är så bra som möjligt. Av detta skäl gör ett flertal länder stora nationella satsningar på forskning inom området. Dit hör bl.a. Storbritannien, Tyskland, Danmark, Finland, Frankrike, Schweiz, och Italien. I Danmark har man nyligen anslagit 30 miljoner DKR och i Storbritannien har man satsat £7 miljoner under en fyra-årsperiod. Industrin medverkar till finansieringen av dessa satsningar med stora belopp till stor del via internationella branschkonsortier där bl.a. Ericsson och TeliaSonera medverkar. Dessa medel är dock som regel endast tillgängliga för forskare i länder där dessa industrikonsortier kan samverka med nationella forskningsorgan.

Inom Sverige fanns tidigare särskilda forskningsmedel som var inriktade framför allt mot hälsoeffekter till följd av kraftfrekventa fält och svenska forskare stod under den perioden för väsentliga forskningsbidrag som fick stor internationell betydelse. Nu finns dock inte några sådana särskilda forskningsmedel för EMF-området. FAS som har ett huvudansvar för detta forskningsområde har i årets anslagsomgång beviljat medel till ett enda nytt projekt inom området, med 450 tkr per år i två år; detta anslag gick till ett projekt om kraftfrekventa fält.

Sverige tillhör de mest framträdande nationerna inom IT och annan teknisk utveckling och en motsvarande satsning på forskning om eventuella hälsorisker vore logisk. Det är också värt att beakta att internationellt etablerade svenska forskare är en förutsättning för att Sverige ska få direkt tillgång till internationella resultat och bedömningar.

## Referenser

Bergqvist U, Hillert L & Birke E. Elöverkänslighet och hälsorisker av elektriska och magnetiska fält. Rådet för arbetslivsforskning, 2000.

Chia SE, Chia HP, Tan JS. Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: a community study. *Environ Health Perspect* 2000;108:1059-62.

Haarala C, Björnberg L, Ek M, Laine M, Revonsuo A, Koivisto M, Hämäläinen H. Effect of a 902 MHz electromagnetic field emitted by mobile phones on human cognitive function: a replication study. *Bioelectromagnetics* 2003;24:283-288.

Hietanen M, Hämäläinen AM, Husman T. Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link. *Bioelectromagnetics* 2002;23:264-270.

Hocking B. Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use. *Occup med* 1998;48:357-60.

IEGMP. Independent Expert Group On Mobile Phones (Chairman: Sir William Stewart). Mobile phones and health. Chilton, Didcot: Independent Expert Group On Mobile Phones, 2000.

Koivisto M, Krause CM, Revonsuo A, Laine M, Hämäläinen H. The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. *Neuroreport* 2000;11:1641-1643.

Koivisto M, Revonsuo A, Krause C, Haarala C, Sillanmäki L, Laine M, Hämäläinen H. Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans. *Neuroreport* 2000;11:413-415.

Koivisto M, Haarala C, Krause CM, Revonsuo A, Laine M, Hämäläinen H. GSM phone signals does not produce subjective symptoms. *Bioelectromagnetics* 2001;22:212-215.

Navarro EA, Segura J, Portolés M, Gómez-Perretta de Mateo C. The microwave syndrome: a preliminary study in Spain. *Electromagnetic biology and medicine* 2003;22:161-169.

Oftedal G, Wilén J, Sandström M, Mild KH. Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup Med* 2000;50:237-245.

Preece AW, Iwi G, Davies-Smith A, Wesnes K, Butler S, Lim E, Varey A. Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *Int J Radiat Biol* 1999;75:447-456.

Sandström M, Wilén J, Oftedal G, Mild KH. Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occup Med* 2001;51:25-35.

Santini R, Santini P, Seigne M, Danze JM. Symptômes exprimés par des riverains de stations relais de téléphonie mobile. *Press Médicale* 2001;30:1594.

Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M. Symptoms experienced by people in vicinity of base station: I/ Incidences of distance and sex. *Pathol Biol* 2002a;50:369-73.

Santini R, Seigne M, Bonhomme-Faivre L, Bouffet S, Defrasne E, Sage M. Symptoms experienced by users of digital cellular phones: a study of a French engineering school. *Electromagnetic biology and medicine* 2002b;21:81-88.

Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M. Symptoms experienced by people in vicinity of base stations: II/ Incidences of age, duration of exposure, location of subjects in relation to the antennas and other electromagnetic factors. *Pathol Biol* 2003;51:412-5.

Schüz J, Mann S. A discussion of potential exposure metrics for use in epidemiological studies on human exposure to radiowaves from mobile phone base stations. *J Exp Analysis Environ Epidemiol* 2000;10:600-5.

SSI's Independent Expert Group on Electromagnetic Fields. Recent research on mobile telephony and cancer. SSI's Independent Expert Group on Electromagnetic Fields, 2003

Wilén J, Sandström M, Mild KH. Subjective symptoms among mobile phone users – a consequence of absorption of radiofrequency fields? *Bioelectromagnetics* 2003;24:152-159.

Zwamborn APM, Vossen SHJA, van Leersum BJAM, Ouwens MA, Mäkel WN. Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. The Hague, Netherlands; TNO Physics and Electronics Laboratory, 2003 (TNO-report FEL-03-C148). Available from: URL: [www.ez.nl](http://www.ez.nl).



Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap  
initierar och finansierar grundläggande och  
behovsstyrd forskning för att främja  
människors arbetsliv, hälsa och trygghet.



FORSKNINGSRÅDET FÖR ARBETSLIV  
OCH SOCIALVETENSKAP  
SWEDISH COUNCIL FOR WORKING LIFE  
AND SOCIAL RESEARCH

*Postal address* Box 2220, SE-103 15 Stockholm, Sweden *Visiting address* Birger Jarls torg 5, Riddarholmen  
*Telephone* +46(0)8 775 40 70 *Telefax* +46(0)8 775 40 75  
*E-mail* fas@fas.forskning.se *Internet* www.fas.forskning.se *Org.nr.* 202100-5240