

# Forskning om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält

En analys av kvalitet,  
inriktning och problem

Forskning om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält  
En analys av kvalitet, inriktning och problem

Vetenskapsrådet  
(Swedish Research Council)  
103 78 Stockholm

© Vetenskapsrådet  
ISBN 91-7307-060-2  
ISSN 1651-7350

Omslagsbild: Maxwells ekvationer för elektromagnetiska fält.

Foto: Science Photo Library/IBL

Omslag: ORD&FORM AB, Uppsala 2004

Produktion: ORD&FORM AB, Uppsala 2004

# Förord

Genom denna rapport redovisas regeringens uppdrag till Vetenskapsrådet att analysera och värdera forskningen i Sverige rörande hälsoeffekter av elektromagnetiska fält. Arbetet har genomförts av en av Vetenskapsrådet tillsatt grupp av oberoende experter.

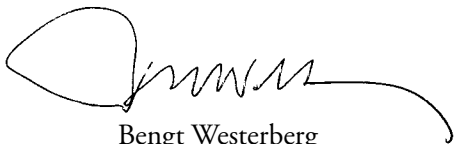
Expertgruppen konstaterar att det förekommer en omfattande forskning om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält, såväl nationellt som internationellt. Det är därför angeläget att forskningen i Sverige bedrivs i internationellt samarbete och med syftet att på bästa möjliga sätt bidra till den pågående kunskapsuppbyggnaden. Forskningen bör inriktas mot de delområden där den högsta vetenskapliga kvaliteten och potentialen finns och den bör underkastas samma vetenskapliga kvalitetskrav som annan forskning samt bedömas i konkurrens.

I Sverige finns särskilt goda förutsättningar för att i internationellt samarbete bedriva långsiktig epidemiologisk forskning. En hög forskarkompetens kombineras här med tillgången till högklassiga registerdata. En sådan inriktning passar väl in i de planer som finns inom rådet att ta tillvara Sveriges speciella ställning vad gäller tillgång till goda register för att skapa en väl fungerande, internationellt attraktiv infrastruktur för registerbaserad forskning. I Sverige finns även en potential för forskning om cellbiologiska mekanismer.

Samråd har ägt rum med berörda forskningsfinansiärer, myndigheter och branschorganisationer. Dessutom har samtal förts med representanter för olika intresseorganisationer. Diskussioner med forskare inom området har varit ett återkommande inslag i arbetet. I sin kvalitetsvärdering av forskningen i Sverige har expertgruppen vägt in synpunkter från tre internationella granskare: en cancerforskare, en strålbiolog och en epidemiolog. Vetenskapsrådet vill här framföra ett varmt tack till alla som på olika sätt medverkat i arbetet med rapporten.

Uppdraget redovisades för styrelsen den 29 september 2004, varvid uppdrogs åt ordföranden och generaldirektören att gemensamt besluta om rapporteringen till regeringen.

Stockholm den 28 oktober 2004



Bengt Westerberg  
*ordförande, Vetenskapsrådet*



Pär Omling  
*generaldirektör, Vetenskapsrådet*



# Abstract

Den nationella och internationella forskningen om eventuella hälsoeffekter av elektromagnetiska fält är omfattande och karakteriseras av en kunskapsuppbyggnad utan stora språng. Det finns inte något specifikt delområde där en kortvarig och koncentrerad satsning kan förväntas ge resultat som på ett avgörande sätt skulle påverka den totala bedömningen av dessa hälsoeffekter. Forskningen är förbunden med betydande svårigheter, vilka kan leda till oenighet om problemformulering och tolkning av resultat, liksom till komplikationer när man skall verifiera resultaten. Världshälsoorganisationen (WHO) bevakar forskningen inom området och koordinerar vissa internationella projekt. Forskningen i Sverige skiljer sig inte till karaktären från den i andra länder.

Det är angeläget att forskningen i Sverige bedrivs i internationellt samarbete med syfte att bidra till den internationella kunskapsuppbyggnaden. Forskningen bör därför inriktas mot delområden där den har högsta vetenskapliga kvalitet och potential och den bör underkastas samma kvalitetskrav som annan forskning, och bedömas i konkurrens. I Sverige finns särskilt goda förutsättningar för långsiktig epidemiologisk forskning i internationellt samarbete. Vidare finns en potential för forskning om cellbiologiska mekanismer.



# Innehåll

Summary .....	9
<b>Inledning</b> .....	13
Uppdraget.....	13
Vetenskapsrådets expertgrupp.....	13
Aktörer på området i Sverige.....	14
Expertgruppens tolkning och avgränsning av uppdraget.....	15
<b>Tillvägagångssätt</b> .....	16
Diskussion med forskare.....	16
Samråd med finansiärer, myndigheter och branschorganisationer.....	17
Diskussion med intresseorganisationer.....	18
Internationella granskare .....	18
<b>Den internationella forskningen</b> .....	19
Några aktuella forskningsöversikter .....	19
Sammanfattning .....	21
<b>Forskningen i Sverige i dag</b> .....	24
Beskrivning.....	24
Granskade forskargrupper och deras forskningsinriktning .....	24
Forskargruppernas sammansättning.....	25
Granskade arbeten .....	26
Kvalitetsvärdering .....	26
Epidemiologi.....	26
Mekanismer.....	28
Dosimetri.....	30
Överkänslighet .....	30
Sammanfattande översikt .....	32
<b>En analys av vissa problem i forskningen</b> .....	34
Strålningsmiljöns komplexitet .....	34
Hälsoeffekter .....	38
Mekanismer .....	41
Möjligheter att upptäcka och förstå hälsoeffekter av elektromagnetiska fält.....	43
Olika typer av studier.....	43
Metodmässiga svårigheter vid epidemiologiska studier .....	46

Val av hypotes och samband med försiktighetsprincipen.....	48
Hur påverkar oro våra beslut när det finns osäkerhet?.....	51
<b>Organisation och finansiering av forskningen .....</b>	<b>54</b>
Finansiering.....	54
Organisation och ansvar .....	56
Internationella organ.....	56
Myndigheter i Sverige .....	57
Icke-statliga aktörer i Sverige.....	58
<b>Slutsatser och förslag .....</b>	<b>59</b>
Internationell och nationell bevakning av forskningen .....	59
Speciella problem för forskningen.....	59
Forskningen i Sverige .....	61
Framtida inriktning av forskningen i Sverige.....	63
<b>Bilagor .....</b>	<b>64</b>
Bilaga 1 Inkomna synpunkter efter samråd och diskussioner.....	64
Bilaga 2 Granskad forskning.....	80
Bilaga 3 Använda förkortningar .....	86



# Summary

The Swedish Research Council was commissioned by the Swedish government to analyze and evaluate the quality and direction of research in Sweden concerning health effects of non-ionizing electro-magnetic fields (EMF). The analysis has been conducted from an international perspective as have the assessment of the needs for national research and the recommendations of future directions.

An appointed panel of independent Swedish experts included Berndt Brehmer (professor of psychology), Göran Grimvall (professor of physics), Georg Lindgren (professor of mathematical statistics), and Kenneth Nilsson (professor of cellular pathology). In addition, Elisabeth Gerle (associate professor of ethics), participated as an advisor in ethical issues. Three well-renowned international experts evaluated research in Sweden, namely Dr Jan Willem Coebergh (The Netherlands), Professor Paul Kleihues (Switzerland), Professor Shoogo Ueno (Japan).

The result of the evaluation revealed that the character of research in Sweden does not differ significantly from the research conducted in other countries, and that it addresses relevant issues. Considering the small size of the Swedish population, the research has a broad scope. There are at least ten research teams with varying degrees of activity, that include around 60 researchers; ten of which are postgraduate students. The total financial resources available are approximately 20 million Swedish kronor annually (approx 2.2 million €). Of these, 80% are provided through Swedish public funds, 10% international funding, and 10% industrial and non-governmental.

A substantial proportion of research in Sweden is based on epidemiological methodology. The comprehensive disease and population registries in Sweden provide good data for this kind of research. Other research concentrates on mechanisms with the purpose to understand how EMF affects living organisms by reference to explicit physical, chemical or biological effects. Dosimetry is also represented, aimed at a characterization of EMF inside an organism as well as in the physical environment. Both of these characterizations are necessary for successful epidemiological as well as mechanistical studies. Some research on EMF hypersensitivity is also conducted.

With a few exceptions the research teams maintain a satisfactory scientific quality. In several cases the level is high, in one or two cases very high even though the highest level of international brilliance is absent. The international exchange and cooperation, however, is often too limited.

At the *National Institute for Working Life* in Umeå, there is an experienced and active team represented by Kjell Hansson Mild. The team has a broad orientation (epidemiology, dosimetry, hypersensitivity) and is well-respected internationally. Birgitta Floderus and colleagues work at the National Institute for Working Life in Stockholm. The team has an acknowledged competence in epidemiology and work-related diseases in relation to EMF.

An adept team, lead by Mikael Persson and Yngve Hamnerius at *Chalmers University of Technology* in Gothenburg, studies the exposure to EMF in different contexts and conducts physically-based calculations.

Active at *Karolinska Institutet* in Stockholm is a methodologically strong and driven team in epidemiology. This team including Anders Ahlbom and Maria Feychting is involved in extensive international cooperation and their research has a global impact. Lena Hillert and colleagues are also based at Karolinska Institutet. The team is experienced in research on the clinical treatment of hypersensitivity to electricity. Olle Johansson and colleagues, also at Karolinska Institutet, are interested in several sub-areas of research. Their work, however, is characterized by weakly-supported statements and deficiencies in scientific precision.

In a strong scientific environment at *Lund University*, serious and interesting research on mechanisms is conducted by Leif Salford and colleagues. Their surprising results have yet to be confirmed by independent replications.

At *Stockholm University* Igor Belyaev and colleagues research mechanisms of the effects of EMF on the cellular level. They produce good research, albeit with methodological limitations; the results are, however, difficult to translate in terms of health effects on humans.

Bengt Arnetz and colleagues at *Uppsala University* perform multidisciplinary research in the sub-area of hypersensitivity. Their research includes EMF as one of many possible sources of symptoms.

At *Örebro University*, finally, Lennart Hardell leads a strongly-committed research team that has produced controversial and contradictory results. The team tends to underestimate some of the methodological difficulties.

The research concerning health effects of EMF is associated with considerable difficulties. This leads to disagreements in the formulation of problems and the interpretation of evidence, as well as to complications in the verification of results.

Humans are exposed to a complex mixture of EMF. For this reason, it is difficult outside of the laboratory environment to characterize the electromagnetic exposure of humans and thereby to attribute possible health effects to a specific source.

Attempts to demonstrate biological effects of EMF on animal and bacteria cells in laboratories have resulted in observations of different kinds of cellular changes. Most commonly observed in laboratory-grown cells exposed to EMF is new production of heat-shock proteins. Other observations that have attracted attention are DNA injury, different types of effects on cellular membranes, ion flows etc; observations that have not consistently appeared in other studies. Varying results could probably be attributed to the fact that different types of cells have been studied and/or to variations in chemical composition of the cell culture medium, temperature, applied EMF etc. A general problem is that theories of possible mechanisms are weak.

Even if solid and replicable results are achieved in studies of cells and experimental animals in controlled laboratory settings, these results would not suffice as a basis for assessment of the risk EMF may pose to humans. For example, the gradual, complicated and slow process of cancer development in humans can neither be studied in a laboratory, nor with precision in animal studies. The understanding of this process requires long-term studies based on epidemiological methodology directly on humans.

Epidemiological methodology also contains difficulties. The problems mentioned above, regarding the characterization of exposure to EMF constitute a general uncertainty. Another problem arises from effects that systematically distort, or bias, the results in one direction or another. One example is memory bias, especially problematic in case-control studies as well as in retrospective cohort studies.

Research problems in the sub-area of EMF hypersensitivity are evident. First, there is no commonly-acknowledged definition of the concept EMF hypersensitivity. It is based on heterogeneous symptoms subjectively related to EMF. Second, there is no officially-accepted diagnosis, which is why this group can not be identified in registries. This has severe consequences for an epidemiological approach. Last, successful intervention studies of different types require a trustful interaction between the researcher and the EMF hypersensitive person.

National and international scientific reviews on research concerning health effects of EMF, published continuously, do not show any dramatic changes in knowledge over time. Instead, this research could be characterized as a gradual accumulation of knowledge without great leaps. There seems to be no specific sub-area where a concentrated effort of short duration could be expected to result in scientific evidence that would significantly alter the total assessment of health effects of EMF.

In conclusion, it is important that the research in Sweden is conducted in international cooperation and with the purpose of contributing to the ongoing

international production of knowledge. The research should therefore be directed towards sub-areas where the highest possible scientific quality and potential are found, and applications for research grants should be evaluated competitively. Certain epidemiological research in Sweden is internationally competitive which is facilitated by the existence of the excellent data registries. For solid results a long-term perspective is necessary, as is valid information of the level and causes of exposure to EMF in the population. Certain research concerning cellular biological mechanisms awakens international interest, although the results have yet to be confirmed. The generally strong field of molecular biology in Sweden provides the potential to contribute to the production of knowledge in this sub-area of research on health effects of EMF.

# Inledning

## *Uppdraget*

Vetenskapsrådet gavs i regleringsbrev för budgetåret 2004 i uppdrag att ”i samråd med berörda forskningsfinansiärer, myndigheter och branschföreträdare utarbeta en analys över forskningen inom området hälsoeffekter av elektromagnetiska fält samt värdera den nationella forskningens kvalitet och inriktning i ett internationellt perspektiv. Rådet skall också mot bakgrund av analysen bedöma behovet av nationell forskning inom området samt ge förslag till inriktning av den nationella forskningen. Uppdraget skall redovisas senast den 1 november 2004.”<sup>1</sup>

## *Vetenskapsrådets expertgrupp*

En oberoende expertgrupp tillsattes i enlighet med förslag från respektive huvudsekreterare vid Vetenskapsrådets ämnesråd för humaniora och samhällsvetenskap, medicin respektive naturvetenskap och teknikvetenskap. Med hänsyn till uppdragets karaktär knöts även en matematisk statistiker till gruppen. I expertgruppen har följande personer ingått:

- Berndt Brehmer, professor i ledningsvetenskap, Institutionen för krigsvetenskap, Försvarshögskolan;
- Göran Grimvall, professor i fysik, Institutionen för fysik, Kungliga tekniska högskolan;
- Georg Lindgren, professor i matematisk statistik, Matematikcentrum, Lunds universitet;
- Kenneth Nilsson, professor i cellpatologi, Institutionen för genetik och patologi, Uppsala universitet.

Elisabeth Gerle, docent i etik vid Centrum för teologi och religionsvetenskap, Lunds universitet och rektor för Svenska Kyrkans Pastoralinstitut i Lund, har deltagit som etisk rådgivare.

<sup>1</sup> För detta regeringsuppdrag har Vetenskapsrådet erhållit 500 000 kr från Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap (FAS) och lika mycket från Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande (Formas).

Från Vetenskapsrådets analysenhet har Margareta Larsson deltagit som vetenskaplig sekreterare samt projektkoordinator och Maria Odengrund som utredningsassistent.

## *Aktörer på området i Sverige*

I Sverige skall Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap (FAS) enligt sitt regleringsbrev bevaka forskningen om elöverkänslighet. Vidare skall FAS dokumentera och informera om kunskapsläget.<sup>2</sup> Den senaste dokumentationen av forskningsläget genomfördes under 2003. På FAS hemsida finns även länkar till andra nationella och internationella aktörer och deras aktuella forskningsöversikter.<sup>3</sup>

För frågor som rör skydd av människor mot skadlig inverkan av elektromagnetiska fält är Statens strålskyddsinstitut (SSI) central förvaltningsmyndighet i Sverige. SSI skall också enligt sin instruktion bedriva ett målinriktat forsknings- och utvecklingsarbete samt sprida upplysningar.<sup>4</sup> År 2003 publicerade SSI en forskningsöversikt, utarbetad av den internationellt sammansatta expertgrupp som myndigheten inrättade 2002.<sup>5</sup> Ett flertal andra myndigheter berörs av ämnesområdet, men har varken i instruktion eller i regleringsbrev något specifikt uppdrag rörande hälsoeffekter av elektromagnetiska fält.<sup>6</sup>

Elforsk AB är en branschorganisation som driver utvecklingsprojekt på uppdrag, primärt för sina ägare och ägarnas medlemsföretag. Bland många andra frågor bevakar Elforsk hälsoeffekter av elektromagnetiska fält.<sup>7</sup> TCO Develop-

<sup>2</sup> Regleringsbrev för budgetåret 2004 avseende Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap, 1.4:3.

<sup>3</sup> [http://www.fas.forskning.se/sarskilda\\_omraden/eloverkanslighet/](http://www.fas.forskning.se/sarskilda_omraden/eloverkanslighet/)

<sup>4</sup> SFS 1988:295, 1§, 2§ punkt 3 och punkt 6.

<sup>5</sup> [http://www.ssi.se/english/EMF\\_exp\\_Eng\\_2003.pdf](http://www.ssi.se/english/EMF_exp_Eng_2003.pdf)

<sup>6</sup> Exempel på övriga myndigheter som berörs är Arbetsmiljöverket, Boverket, Konsumentverket samt Socialstyrelsen. Elsäkerhetsverket är förvaltningsmyndighet för tekniska säkerhetsfrågor på elområdet, vilket inkluderar såväl elanläggningar som elprodukter. Således har myndigheten ett implicit ansvar att bevaka frågor om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält. Post- och Telestyrelsen (PTS) är central förvaltningsmyndighet med ett samlat ansvar för bland annat området elektronisk kommunikation. PTS uppdrag i det aktuella regleringsbrevet innefattar att beskriva och analysera utvecklingen av utbyggnaden av tredje generationens mobila system.

<sup>7</sup> Se vidare <http://www.elforsk.se/>.

ment, ägt av TCO, är ytterligare en aktör på området. Företaget arbetar med utveckling av system för kvalitets- och miljömärkning av kontorsutrustning.<sup>8</sup>

Även privatpersoner engagerar sig i området, bland annat genom föreningar som Vågbrytaren.<sup>9</sup> Elöverkänsligas riksförbund (FEB) är ett förbund inom Handikappförbundens Samarbetsorgan. FEB organiserar i dag omkring 2 400 medlemmar. De verkar bland annat för att få till stånd satsningar på forsknings- och utvecklingsarbete, ”som kan hjälpa de drabbade och förhindra att fler skadas”.<sup>10</sup>

## *Expertgruppens tolkning och avgränsning av uppdraget*

Mot bakgrund av det ovan nämnda engagemanget i Sverige inom området hälsoeffekter av elektromagnetiska fält, liksom de nedan beskrivna omfattande internationella aktiviteterna, har expertgruppen fokuserat sitt arbete på analyserande och kvalitetsvärderande aspekter samt på forskningsbehovet i Sverige.

Arbetet har begränsats till elektromagnetiska fält och sådan elektromagnetisk strålning som saknar joniserande förmåga. Röntgenstrålning och olika former av radioaktivitet innefattas därför inte. Vidare ligger tyngdpunkten på miljön som allmänheten vistas i, medan påverkan förenad med vissa yrken (t ex lokförare) eller medicinsk behandling (t ex ”magnetrontgen”) inte primärt har beaktats. Den strålningsmiljö som rapporten behandlar är ytterligt komplex, vilket gör det svårt att på ett tillfredsställande sätt skilja ut och diskutera effekter relaterade till en viss enskild källa till fält (t ex kraftledningar) eller strålning (t ex olika mobiltelefonsystem). Se i övrigt avsnittet ”Strålningsmiljöns komplexitet”.

<sup>8</sup> Vår affärsidé, TCO Development Verksamhetsbeskrivning, <http://www.tcodevelopment.com>.

<sup>9</sup> ”[Vågbrytaren] verkar för att all elektromagnetisk strålning ska anpassas till nivåer som inte medför skada eller olägenheter för någons hälsa eller för miljön som helhet.” Se vidare Vågbrytarens hemsida, <http://www.vagbrytaren.org>.

<sup>10</sup> Se Elöverkänsligas riksförbunds hemsida, <http://www.feb.se>.

# Tillvägagångssätt

## *Diskussion med forskare*

Expertgruppen har på eget initiativ inbjudit forskare inom området till samtal. I vissa fall har även forskare med en inriktning av mer indirekt relevans bjudits in. Följande personer har deltagit i dessa samtal:

- Anders Ahlbom, professor, Institutet för miljömedicin, Karolinska institutet;
- Bengt Arnetz, professor, Institutionen för folkhälso- och vårdvetenskap, Uppsala universitet;
- Igor Belyaev, forskare, Institutionen för genetik, mikrobiologi och toxikologi, Stockholms universitet;
- Birgitta Floderus, adjungerad professor, Arbetslivsinstitutet, Stockholm;
- Yngve Hamnerius, professor, Institutionen för elektromagnetik, Chalmers;
- Lennart Hardell, överläkare, Onkologiska kliniken, Örebro universitetssjukhus, adjungerad professor, Naturvetenskapliga institutionen, Örebro universitet;
- Lena Hillert, överläkare, Institutionen för folkhälsovetenskap, Karolinska institutet, Arbets- och miljömedicin, Stockholms läns landsting;
- Karin Johannisson, professor, Institutionen för idé- och lärdomshistoria, Uppsala universitet;
- Olle Johansson, forskare, Institutionen för neurovetenskap, Karolinska institutet (Örjan Hallberg, konsult, medföljde);
- Kjell Hansson Mild, forskare, Arbetslivsinstitutet Norr, Umeå, gästprofessor, Naturvetenskapliga institutionen, Örebro universitet;
- Juni Palmgren, professor, Institutionen för medicinsk epidemiologi och biostatistik, Karolinska institutet;
- Leif Salford, professor, Institutionen för klinisk neurovetenskap, Lunds universitet.

Enskilda ledamöter av expertgruppen har haft kontakt med forskare med en viss anknytning till området elektromagnetiska fält, utöver de ovan nämnda. Så har t ex Göran Grimvall fört diskussioner med bl a professor Bo Sernelius, Linköpings universitet, professor Peter Apell, Chalmers och professor Hans Wiksell, Karolinska institutet.



## *Samråd med finansörer, myndigheter och branschorganisationer*

I enlighet med uppdraget har samråd ägt rum med representanter för finansörer och myndigheter, dels i uppdragets inledningsskede den 23 april 2004 och dels i slutfasen den 10 september 2004. Följande deltog vid åtminstone det ena samrådstillfället:

- Cancerfonden, biträdande vetenskaplig sekreterare Lars Wieslander;
- Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap (FAS), forskningssekreterare Elisabeth Birke;
- Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande (Formas), biträdande programchef Bengt Olsson;
- Vårdalstiftelsen, verkställande direktör Ewa Ståldal, handläggare Lisette Wahlrot och programchef Dag Hervieu;
- Arbetsmiljöverket, byrådirektör Janez Marinko;
- Boverket, utredare Bengt Larsén;
- Elsäkerhetsverket, enhetschef Ingvar Engkvist;
- Konsumentverket, jurist Michael Malmberg;
- Post- och telestyrelsen, Magnus Axelsson (tillsyns- och konkurrensfrågor);
- Socialstyrelsen, enhetschef Ann Thuvander och byrådirektör Bo Pettersson;
- Statens strålskyddsinstitut (SSI), forskningschef Ulf Bäverstam.

Likaså har samråd, i enlighet med uppdraget, ägt rum med representanter för branschorganisationer den 28 april 2004 och den 10 september 2004. Följande personer deltog vid åtminstone det ena samrådstillfället:

- Elforsk AB, miljöansvarig Gunnar Hovsenius och projektledare Helena Andersson (hälsa miljö och säkerhet), Svensk energi;
- Ericsson, director Christer Törnevik och senior research engineer Tomas Persson (EMF health and safety);
- IT-företagen, projektledare (miljö) Eva Thorslund;
- MobilTeleBranschen (MTB), verkställande direktör Mats Holme;
- TeliaSonera, ansvarig för mobil strålning Lars-Eric Larsson.

Vissa av samrådsinstanserna valde att inkomma med skriftliga synpunkter i efterhand. Dessa återges i bilaga 1.

## *Diskussion med intresseorganisationer*

Utöver ovannämnda samråd fann expertgruppen det angeläget att få höra synpunkter från vissa andra engagerade organisationer inom området. Dessa inbjöds att sända representanter vid två tillfällen, den 29 april 2004 och den 10 september 2004. Följande personer deltog:

- Elöverkänsligas Riksförbund (FEB), representant Rigmor Granlund Lind och representant John Lind;
- LO, utredare Sven Bergström;
- TCO/TCO Development, verkställande direktör Jan Rudling och TCO/SIF, arbetsmiljöhandläggare Börje Sjöholm;
- Vågbrytaren, representant Clas Tegenfeldt.

Vissa av organisationerna valde att inkomma med skriftliga synpunkter i efterhand. Dessa återges i bilaga 1.

## *Internationella granskare*

Expertgruppen önskade att få ytterligare underlag för sin bedömning från internationellt erkända experter inom området. Dessa personer utsågs i samråd med huvudsekreterarna för Vetenskapsrådets tre ämnesråd samt för Cancerfonden och FAS. Granskarna ombads att bedöma enskilda forskargrupper i Sverige och lämna övergripande synpunkter. Följande granskare utsågs:

- Jan Willem Coebergh, Dr, Department of Epidemiology and Biostatistics, Erasmus University Rotterdam, epidemiolog;
- Paul Kleihues, Professor, Department of Pathology, University of Zürich; f d director, International Agency for Research on Cancer (IARC), neuropatolog;
- Shoogo Ueno, Professor, Department of Biomedical Engineering, Graduate School of Medicine, University of Tokyo; under 2004 ordförande för Bioelectromagnetics Society (BEMS), strålbiolog.

# Den internationella forskningen

## *Några aktuella forskningsöversikter*

Studier av biologiska effekter och hälsoeffekter av elektromagnetiska fält har pågått i mer än ett halvt sekel och ett mycket stort antal artiklar finns publicerade.<sup>11</sup> Under de första decennierna rörde studierna framför allt lågfrekventa fält (elektriska ledningar och elektrisk utrustning, 50-60 Hz). De senaste decennierna har intresset alltmer kommit att riktats mot högfrekventa elektromagnetiska fält, det frekvensområde som bl a gäller för mobiltelefoner. Ett hundratal projekt pågår för närvarande, ofta i form av flernationella samarbeten. Några, särskilt omfattande studier sker inom ramen för större internationella organisationer med Världshälsoorganisationen (WHO) i spetsen.

I flera länder finns myndigheter som har ett särskilt ansvar vad gäller skydd av människor mot skadlig inverkan av elektromagnetiska fält. Vissa av myndigheterna har varit mycket aktiva under den senaste femårsperioden och återkommande, omfattande utvärderingar av forskningen rörande biologiska effekter och hälsoeffekter av elektromagnetiska fält har publicerats.<sup>12</sup> Vid årsskiftet 2003/2004 publicerade t ex Storbritannien, Nederländerna och Sverige sådana bedömningar av kunskapsläget. Inte minst den brittiska översikten håller en särskilt hög kvalitet och är dessutom mycket omfattande (se vidare nedan). På den internationella nivån har WHO en samordnande roll och WHO:s forskningsagenda har spelat en stor roll för expertgruppens arbete.<sup>13</sup> Nämnas bör även

<sup>11</sup> Enligt WHO:s informationsmaterial "Vad är elektromagnetiska fält?" rör det sig om ca 25 000 artiklar de senaste 30 åren. [http://www.who.int/peh-emf/about/Swedish\\_WhatIsEMF.pdf](http://www.who.int/peh-emf/about/Swedish_WhatIsEMF.pdf)

<sup>12</sup> I vissa länder pågår även nationella forskningsprogram. Exempelvis startades i Storbritannien, i enlighet med National Radiological Protection Boards förslag från år 2000, ett forskningsprogram (Mobile telecommunications and health research) där finansieringsbördan delas lika mellan industri och offentlig sektor. Andra exempel på länder med forskningsprogram är Danmark, Finland, Frankrike, Italien och Tyskland.

<sup>13</sup> År 1996 etablerade WHO ett internationellt projekt för att värdera vetenskapliga bevis för möjliga hälsoeffekter av elektromagnetiska fält inom frekvensområdet 0 till 300 GHz. Information om projektet återfinns på <http://www.who.int/peh-emf/project/en/>. En forskningsagenda inom ramen för projektet utvecklades 1997 med syfte att koordinera och underlätta forskning inom området. Sedan dess har agendan reviderats och preciserats vid olika tillfällen. En större uppdatering inom området radiofrekventa fält genomfördes 2003. Denna återfinns på <http://www.who.int/peh-emf/research/rf03/en/>.

insatser från International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), EU och European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research (COST) (se vidare avsnittet ”Internationella organ” nedan).

Mot bakgrund av denna omfattande internationella aktivitet har expertgruppen valt att särskilt koncentrera sig på nedanstående aktuella forskningsöversikter.

- *Electromagnetic Fields: Annual Update 2003*, Health Council of the Netherlands, 2004;<sup>14</sup>
- *Forskning om elöverkänslighet och andra effekter av elektromagnetiska fält*, Rapport från en projektgrupp som tillsatts med anledning av ett regeringsuppdrag till FAS, 2004;<sup>15</sup>
- *Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields*, Report of an independent Advisory Group on Non-ionising Radiation, National Radiological Protection Board, Storbritannien, 2003;<sup>16</sup>
- *Recent Research on Mobile Telephony and Cancer and Other Selected Biological Effects*, First annual report from SSI's Independent Expert Group on Electromagnetic Fields, 2003.<sup>17</sup>

Bland övriga i debatten i Sverige uppmärksammade internationellt orienterade översikter kan följande nämnas:

- *A Review of the Potential Health Risks from Radiofrequency Fields from Wireless Telecommunications Devices*, An Expert Panel Report prepared at the request of the Royal Society of Canada for Health Canada, 1999;<sup>18</sup>
- *Elöverkänslighet och hälsorisker av elektriska och magnetiska fält*, *Forskningsöversikt och utvärdering*, Slutrapport från arbetsgruppen vid Rådet för arbetslivsforskning (RALF), FAS 2000;<sup>19</sup>

<sup>14</sup> <http://www.gr.nl/pdf.php?ID=886> Vidare har expertgruppen tagit del av den uppmärksammade studien från Nederländerna om strålning från mobilmaster (inklusive 3G): *Effects of Global Communication system radio-frequency fields on Well Being and Cognitive Functions of human subjects with and without subjective complaints*, av A P M Zwamborn, S H J A Vossen, B J A M van Leersum, M A Ouwers och W N Mäkel, TNO-report FEL-03-C148, TNO Physics and Electronics Laboratory 2003, samt den analys av denna studie som gjorts på uppdrag av Health Council of the Netherlands <http://www.gr.nl/pdf.php?ID=1042>.

<sup>15</sup> [http://www.fas.forskning.se/sarskilda\\_omraden/eloverkanslighet/eloverrapp03.pdf](http://www.fas.forskning.se/sarskilda_omraden/eloverkanslighet/eloverrapp03.pdf)

<sup>16</sup> [http://www.nrp.org/publications/documents\\_of\\_nrp/pdfs/doc\\_14\\_2.pdf](http://www.nrp.org/publications/documents_of_nrp/pdfs/doc_14_2.pdf)

<sup>17</sup> [http://www.ssi.se/english/EMF\\_exp\\_Eng\\_2003.pdf](http://www.ssi.se/english/EMF_exp_Eng_2003.pdf)

<sup>18</sup> <http://www.rsc.ca/english/RFreport.pdf>

<sup>19</sup> [http://www.fas.forskning.se/sarskilda\\_omraden/eloverkanslighet/elover.pdf](http://www.fas.forskning.se/sarskilda_omraden/eloverkanslighet/elover.pdf)

- *Mobile phones and health*, Report of an Independent Expert Group on Mobile Phones, National Radiological Protection Board, Storbritannien, 2000 (den s k Stewartrapporten, föregångaren till ovanstående från 2003);<sup>20</sup>
- *Mobile telephones: An evaluation of health effects*, Health Council of the Netherlands, 2002 (i samma regi som ovanstående från 2004).<sup>21</sup>

Expertgruppen har även analyserat den vetenskapliga litteraturen under andra halvåret 2003 och första halvåret 2004<sup>22</sup> samt följt det vetenskapliga mötet ”Bioelectromagnetics Society 26th Annual Meeting”, Washington DC (21–24 juni 2004)<sup>23</sup>. Denna analys ger vid handen att inga studier publicerats som ändrar expertgruppens noteringar rörande kunskapsläget vad gäller hälsoeffekter av elektromagnetiska fält.

## Sammanfattning

Den redovisning som här följer är expertgruppens kortfattade sammanfattning av de slutsatser som, ofta i betydligt utförligare text, framförts i de studerade internationella översikterna.

Termiska effekter avser rena uppvärmningseffekter i organismer, orsakade av elektromagnetiska fält. Den fysikaliska mekanismen är väl förstådd och effektens storlek kan relativt väl beräknas utgående från exponeringsdata. Gränsvärden är satta så att hälsofarlig uppvärmning kan undvikas med god marginal. Det är allmänt accepterat att termiska effekter inte är av betydelse så länge de för uppvärmning relevanta gränsvärdena inte överskrider.

Icke-termiska effekter är mindre studerade. Allmänt konstateras att kunskapsluckor finns, och att forskningsresultaten delvis är motsägelsefulla och kontroversiella. Den samlade bedömningen är dock att det saknas vetenskapliga

<sup>20</sup> <http://www.iegmp.org.uk/report/text.htm>

<sup>21</sup> <http://www.gr.nl/pdf.php?ID=377>

<sup>22</sup> Analysen har genomförts efter sökningar i PubMed med följande sökord: ”electromagnetic fields”, ”electric fields and cancer”, ”magnetic fields and cancer”, ”electromagnetic hypersensitivity” and ”electrosensitivity”. Bl a kan följande avhandling av Christoffer Johansen nämnas: “Electromagnetic Fields and Health Effects – Epidemiologic Studies of Cancer, Diseases of the Central Nervous System and Arrhythmia-related Heart Disease”, *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, Vol 30, Suppl 1, 2004.

<sup>23</sup> För mer information om konferensen, se <http://www.bioelectromagnetics.org/bems2004/>.

bevis<sup>24</sup>, i form av resultat från relevanta, reproducerbara studier, för att elektromagnetiska fält förknippade med mobiltelefoni påverkar människors hälsa. Samtidigt är det i flera kontroversiella frågor, till exempel om elektromagnetiska fält från mobiltelefoner skapar ohälsa, inte möjligt att med hög säkerhet dra slutsatsen att strålning från högfrekventa elektromagnetiska fält *helt* är utan negativa effekter. Skälet till försiktigheten i bedömningen är att det ännu saknas tillräckligt omfattande forskning av hög vetenskaplig kvalitet inom många relevanta forskningsområden.

Biologiska effekter av elektromagnetiska fält har studerats i cellodlingsförsök, i djurförsök och i provokationsstudier<sup>25</sup> på människa. Epidemiologiska studier har också genomförts på grupper som exponerats för olika typer av elektromagnetiska fält i sin arbetsmiljö. Vidare har fall-kontrollstudier och kohortstudier av mobiltelefonanvändare genomförts.

Studierna på cellnivå i laboratoriemiljö har skett på celler från djur och människa. Få effekter har dokumenterats. Mest uppmärksammade har fynden varit av kalciumflöde över cellmembranen och förekomsten av stressproteiner efter exponering för elektromagnetiska fält. Dessa resultat, liksom påvisandet av DNA-brott och kromosombrott framkallade av elektromagnetiska fält, har dock inte varit konsistent reproducerbara. Sammantaget ger studierna av celler i laboratorieodling ringa kunskap om de mekanismer som skulle kunna förklara de biologiska effekterna av elektromagnetiska fält, som rapporterats förekomma i vissa studier på försöksdjur, eller om de symptom som rapporterats från vissa människor som exponerats för elektromagnetiska fält. Inte heller har studierna annat än i mycket begränsad omfattning varit hypotesskapande.

Djurförsöken har inriktats på att söka framkalla tumörer och att påverka sår-läkning med elektromagnetiska fält. Studier har även publicerats om blod-hjärnbarriärens genomsläpplighet och om kognitiva funktioner efter exponering för elektromagnetiska fält. Dessa studier har inte kunnat visa att elektromagnetiska fält framkallar tumörer annat än i genetiskt manipulerade möss.<sup>26</sup> Rapporterade effekter av elektromagnetiska fält på blod-hjärnbarriären och på vissa kognitiva funktioner har inte varit reproducerbara i oberoende laborieförsök.

De epidemiologiska studierna leder inte till säkra slutsatser vad gäller de elektromagnetiska fältens tumörframkallande förmåga hos människa. Allvarlig kritik har riktats mot metodologin och slutsatserna i de studier som hävdade att hjärn-

<sup>24</sup> Se vidare avsnittet "Möjligheter att upptäcka och förstå hälsoeffekter av elektromagnetiska fält".

<sup>25</sup> Här ungefär i betydelsen: experimentella exponeringsstudier.

<sup>26</sup> Se vidare avsnittet "Hälsoeffekter".

tumörer och melanom i ögat framkallas av elektromagnetiska fält. Fynden har heller inte kunnat upprepas i senare studier. International Agency for Research on Cancer (IARC) har dock bedömt att leukemi hos barn möjligen kan framkallas i närheten av kraftledningar. Påverkan på graviditeten av elektromagnetiska fält har rapporterats, men resultaten har ej kunnat reproduceras. Några få epidemiologiska studier har funnit ett högre insjuknande i Alzheimers sjukdom hos personer som yrkesmässigt exponerats för höga nivåer av elektromagnetiska fält. Sammantaget kan det konstateras att det krävs fler och bättre genomförda epidemiologiska studier som underlag för bedömningen av eventuella negativa hälsoeffekter av elektromagnetiska fält.

# Forskningen i Sverige i dag

## Beskrivning

### Granskade forskargrupper och deras forskningsinriktning

Den forskning (forskare, forskargrupper) som här granskats har valts ut genom förfrågningar till finansiärer och andra engagerade inom området, vidare med hjälp av program till forskarkonferenser, forskarreferenser och publikationsförteckningar. I oklara fall har berörda forskare/forskargrupper tillfrågats om sin aktuella forskningsinriktning. I nästa skede kontaktades de forskare (av praktiska skäl här fortsättningsvis kallade forskargrupsrepresentanter) som ofta stod som huvudsökande på ansökningar, ofta nämndes i forskarreferenser etc.

Expertgruppen har valt att för överskådlighetens skull grovt dela in forskningen i Sverige i fyra områden: epidemiologi, mekanismer, dosimetri och överkänslighet. Tabell 1 visar hur forskargrupperna fördelar sig på de olika områdena. En forskargrupp kan tillhöra flera områden.

Tabell 1 Forskargrupper och deras verksamhet

	Epidemiologi	Mekanismer	Dosimetri	Överkänslighet
Arbetslivsinstitutet Norr, Umeå, Örebro universitet: Hansson Mild	X		X	X
Arbetslivsinstitutet, Stockholm: Floderus	X			
Chalmers: Persson, Hamnerius			X	
Karolinska institutet: Ahlbom, Feychting, (Hillert)	X			(X)
Karolinska institutet: Sthlms läns landsting, Hillert				X
Karolinska institutet: Johansson	X	X		X
Lunds universitet: Salford		X		
Stockholms universitet: Belyaev		X		
Uppsala universitet: Arnetz	(X)			X
Örebro universitet, Örebro universitetssjukhus: Hardell	X			

I den epidemiologiska forskningen finns två typer av studier. Den första typen är fall-kontrollstudier där fallen karakteriseras av olika hjärt-kärlsjukdomar, tumörsjukdomar eller neurodegenerativa sjukdomar. Den andra typen är kohortstudier av yrkesgrupper med hög exponering. Inom forskningen om mekanismer<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Till området mekanismer förs här sådan forskning som söker förklara en inverkan av elektromagnetiska fält på levande organismer genom hänvisning till explicita fysikaliska, kemiska eller biologiska processer.



har man experimentellt studerat blod-hjärnbarriären och dess genomsläpplighet. Även samband med hormonella och cellulära (inklusive genominvå) effekter har studerats. Den dosimetriska forskningen använder mätningar i miljöer med hög strålningsintensitet samt beräkningsmodeller för inträngning i biologiskt material. Överkänslighetsforskningen utnyttjar fall-kontrolldata i samband med laboratoriestudier. Även provokationsförsök har genomförts. (Se vidare nedan för närmare beskrivningar och diskussioner.)

### *Forskargruppernas sammansättning*

Till de forskargrupper som ingått i granskningen sändes i augusti 2004 en förfrågan om gruppens aktuella sammansättning (vid frågetillfället). En sammanställning av svaren presenteras i tabell 2.

Tabell 2 Antal personer verksamma inom området per tjänstekategori

<b>Antal doktorander</b>	<b>kvinnor</b>	<b>män</b>
heltid	1	4
åtminstone halvtid, men mindre än heltid	1	1
mindre än halvtid	1	4
<b>Antal nyligen disputerade<sup>28</sup></b>	<b>kvinnor</b>	<b>män</b>
heltid	2	3
åtminstone halvtid, men mindre än heltid	2	0
mindre än halvtid	3	2
<b>Antal mer erfarna forskare</b>	<b>kvinnor</b>	<b>män</b>
heltid	4	6
åtminstone halvtid, men mindre än heltid	2	3
mindre än halvtid	4	16
<b>Antal övrig personal<sup>29</sup></b>	<b>kvinnor</b>	<b>män</b>
heltid	3	4
åtminstone halvtid, men mindre än heltid	2	2
mindre än halvtid	9	4

Källa: svar från 12 forskargrupper.<sup>30</sup>

Som framgår av tabell 2 var sammanlagt 83 personer verksamma inom området. Av dessa var 15 heltidsverksamma disputerade forskare och fem heltidsverksamma doktorander. Vidare fanns sju åtminstone halvtidsverksamma dispu-

<sup>28</sup> Högst fem år sedan disputationen, exklusive barnledighet, sjukskrivning etc.

<sup>29</sup> Teknisk, administrativ etc.

<sup>30</sup> I tabellen har Persson/Hamnerius-gruppen vid Institutionen för elektromagnetik vid Chalmers räknats som två separata grupper. Utöver de internationellt granskade forskargrupperna har även gruppen runt Apell inkluderats.

terade forskare och två åtminstone halvtidsverksamma doktorander. Av de 15 heltidsverksamma disputerade forskarna återfinns sex i Mildgruppen och fyra i Ahlbomgruppen. Samtidigt har dessa forskargrupper endast en heltidsverksam doktorand var knuten till sig. De övriga tre heltidsverksamma doktoranderna ingår i Chalmersgruppen (Persson & Hamnerius).

För att få en uppfattning om forskargruppernas storlek har de ingående personerna approximativt viktats efter verksamhetsgrad.<sup>31</sup> Resultatet visar att Ahlbomgruppen och Mildgruppen är de största forskargrupperna, följda av den del av Chalmersgruppen som leds av Persson.

### *Granskade arbeten*

Varje forskargrupsrepresentant ombads att sända in dels en förteckning över gruppens publicerade arbeten, dels sedan år 2000 publicerade engelskspråkiga artiklar med de fem mest angelägna markerade. I några fall bedömde forskarna ännu inte publicerade artiklar, i något fall även äldre artiklar, som ytterst angelägna. De ingår därför också i det granskade materialet.

Bilaga 2 listar de arbeten som på detta sätt tillsänts expertgruppen, och som även sänts till de tre internationella granskarna som underlag för deras yttranden. Av bilagan framgår också att två forskare/forskargrupper, till följd av sin speciella inriktning och svårbedömda relevans för regeringsuppdraget, enbart granskats av expertgruppens fysiker, Göran Grimvall, samt att en forskare/forskargrupp inte hade möjlighet att sända in sina arbeten inom de tidsramar som stod till buds.

Viss aktuell forskning (forskare/forskargrupper), av vikt för frågan om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält, kan ha förbisetts. Resultatet bedöms dock ge en representativ bild av den aktuella forskningen i Sverige. 84 av de sammanlagt 115 författarna (dvs inklusive medförfattare) till granskade arbeten är, eller var åtminstone vid publiceringen, verksamma i Sverige. Ytterligare nio återfanns i något av de nordiska länderna, sju i övriga Europa, framför allt Storbritannien, och fem i USA.

## *Kvalitetsvärdering*

### *Epidemiologi*

En väsentlig del av forskningen i Sverige inom området hälsoeffekter av elektromagnetiska fält är baserad på epidemiologisk metodik. Sveriges starka ställning när

<sup>31</sup> Verksam på heltid=1, verksam på åtminstone halvtid=0,5, verksam på mindre än halvtid=0,25.

det gäller relevanta register ger därvid särskilt goda förutsättningar, vilket borde gynna kontakter med ledande forskargrupper i världen. Expertgruppen finner det anmärkningsvärt att forskningen i Sverige (såväl inom epidemiologi som inom andra här granskade områden) sällan leder till arbeten med författare från flera länder, eller till andra internationella samverkansformer. I några fall finns över huvud taget inga sådana personliga kontakter redovisade genom de vetenskapliga publikationerna, trots områdets stora omfattning internationellt sett. Detta är hämmande inte bara för den vetenskapliga vitaliteten utan också för möjligheten att bedriva en god forskarutbildning och därigenom bygga upp en stark lokal forskning. Ett markant undantag när det gäller internationella kontakter utgör dock gruppen kring Anders Ahlbom och Maria Feychting vid Karolinska institutet.

De metodologiska problemen inom epidemiologi är avsevärda, inte minst vad gäller forskning om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält, och resultaten är därför ofta kontroversiella. Det kan följaktligen vara svårt att få konsensus inom forskarvärlden vid bedömningen av enskilda arbeten eller av forskargrupper. Naturligt nog gäller detta särskilt arbeten vars resultat kan betraktas som sensationella om de visar sig vara riktiga, men där samtidigt starka invändningar kan riktas mot såväl metod som tolkning. Svårigheterna återspeglas i yttrandena från de av expertgruppen anlitade utländska sakkunniga. Medan de är ense om positiva omdömen när det gäller verksamheten ledd av Anders Ahlbom och Maria Feychting, går deras bedömningar i vissa andra fall mer eller mindre isär.

Det står klart av bedömningarna att Ahlbom/Feychting-gruppen är den grupp som har den starkaste epidemiologiskt metodologiska basen i sin verksamhet. Speciellt nämner de sakkunniga kartläggningen av de felkällor som kan förekomma vid epidemiologiska undersökningar av hälsoeffekter av elektromagnetiska fält, och av de åtgärder som behöver vidtas för att så långt det är möjligt undanröja felkällorna. Gruppens egen forskning utnyttjar goda svenska register. Omdömena överensstämmer med expertgruppens egna bedömningar.

Den verksamhet som leds av Kjell Hansson Mild, i bl a Umeå, får också positiva omdömen av de utländska sakkunniga för sin bredd och metodologiska medvetenhet. Forskningen är mångfacetterad och internationellt känd och respekterad, dock med begränsat internationellt samarbete. Gruppen har inte sin tyngdpunkt inom epidemiologin.

Mest splittrad är bilden av den verksamhet som leds av Lennart Hardell, verksam i Örebro, speciellt den del som rör eventuellt strålningsinducerade hjärntumörer. Den bedöms av de utländska sakkunniga som "scientifically problematic but hard to ignore", med omdömen som "problematic information bias", "weak in epidemiology", men även med omdömen som "very important", "cannot be dismissed on methodological grounds". Expertgruppens egen bedömning är att

eftersom vissa av Hardells studier leder till internt motstridiga slutsatser<sup>32</sup>, bör en noggrann metodologisk analys genomföras innan man drar några definitiva slutsatser av studierna. Forskargruppen tycks inte ta de metodologiska svårigheterna med epidemiologiska fall-kontrollstudier av kontroversiella samband på tillräckligt allvar.

Den forskning som bedrivs av Birgitta Floderus, Arbetslivsinstitutet i Stockholm, får i huvudsak positiva omdömen. Den rör epidemiologiska studier av personer som yrkesmässigt utsätts för starka lågfrekventa och högfrekventa elektromagnetiska fält. Speciellt uppmärksammas utnyttjandet av goda register, (tvillingregistret, folkbokföringsdata etc), i samband med kohortstudier av olika yrkesgrupper. Invändningarna gäller huvudsakligen bristen på internationellt samarbete.

De utländska sakkunnigas omdömen om Johanssonsgruppens epidemiologiska studier vid Karolinska institutet är entydigt negativa. De bedöms vara ”largely hypothetical” och slutsatserna ”very speculative”. Studierna av ett samband mellan hudcancer och TV- och FM-sändningar röner mycket stark kritik för att undertrycka kända orsakssamband. De av Olle Johansson redovisade tidsmässiga sambanden mellan utbyggnader av FM/TV-nät och ökning av insjuknande i melanom anses, av en av de sakkunniga, tvärtom tala mot ett orsaksmässigt samband. En annan av de sakkunniga anser Olle Johanssons grupp vara ”totally out of control in its interpretations and assertions based on ecological studies whose mistakes any journalist would recognize”.

### *Mekanismer*

Till området mekanismer förs här sådan forskning som söker förklara en inverkan av elektromagnetiska fält på levande organismer genom hänvisning till explicita fysikaliska, kemiska eller biologiska processer. Termiska processer, dvs resultat av ren uppvärmning, är relativt väl förstådda. De är med stor sannolikhet utan betydelse när det gäller eventuella hälsoeffekter av de elektromagnetiska fält som allmänheten kan utsättas för. Intresset är i stället riktat mot eventuella icke-termiska fenomen.

Verksamheten i Salfordgruppen i Lund visar på intressanta, men svårtolkade, experimentella resultat i djurförsök. I råttor som exponerats för radiofrekventa elektromagnetiska fält kan man påvisa läckage (albumin) över blod-hjärnbarriären och viss selektiv nervcellsöd. Däremot observerades ingen utveckling av hjärntumörer eller påverkan på tillväxten av transplanterade hjärntumörceller i denna råttmodell. Huruvida läckaget över blod-hjärnbarriären är fysiologiskt

<sup>32</sup> En och samma studie visar samtidigt minskning och ökning av cancerförekomst. Detta kan endast förklaras med att studien innehåller systematiska felkällor.

och representerar en form av normalt svar på stress är ännu oklart, liksom betydelsen av den cellskada och celldöd som observerats histologiskt. Resultaten är uppmärksammade internationellt och delvis kontroversiella. Modellen är även en av få djurmodeller för studier av biologiska effekter av elektromagnetiska fält på hjärnans celler. De utländska sakkunniga finner att Salfordgruppens arbeten är intressanta, men att resultaten än så länge är något vaga. De påpekar också att flera metodologiska oklarheter måste redas ut innan studiernas signifikans helt kan bedömas. Resultaten behöver bekräftas av fler oberoende forskargrupper. Studierna bör utvidgas med användning av kraftfullare metodik för att analysera cellskada/celldöd. Cellskadan/celldödens relation till termiska och icke-termiska effekter av elektromagnetiska fält behöver ytterligare klarläggas, liksom dess möjliga sjukdomsframkallande konsekvenser.

Verksamheten vid Karolinska institutet, Olle Johansson och medarbetare, erbjuder en potentiellt värdefull modell för forskning rörande mekanismerna för de elektromagnetiska fältens möjliga biologiska effekter. Originalobservationen, att mängden mastceller i huden ökar hos vissa individer efter exponering av elektromagnetiska fält från bildskärmar, har ännu inte följts upp med detaljerade, funktionella studier av mastceller i huden hos personer som exponerats, respektive inte exponerats, för elektromagnetiska fält. Att mekanismen för utveckling av dermatit hos elöverkänsliga skulle vara att mastceller i huden aktiveras av elektromagnetiska fält är därför ännu endast en spekulativ hypotes. De utländska sakkunniga konstaterar också att det inte är visat med tillräcklig vetenskaplig stringens att hudreaktionen hos vissa individer vid exponering för elektromagnetiska fält beror på ändrad mastcellsaktivitet, och att det saknas en "scientific, theoretical explanation how the fields affect the cells".

Viss teoretisk fysikforskning i Linköping (Bo Sernelius) och vid Chalmers (Peter Apell m fl) har anknytning till hur biologisk materia påverkas av elektromagnetiska fält. Denna verksamhet bygger på tillämpningar av forskning som främst har skett i annan avsikt än att finna explicita mekanismer som kan relateras till hälsoeffekter. Sett från inomvetenskaplig fysiksynpunkt är verksamheten av hög klass. Det kan noteras att Chalmersgruppen nu är splittrad och att Apell är vicerektor vid Högskolan i Kristianstad.

Igor Belyaev och medarbetare vid Stockholms universitet söker identifiera biologiska effekter av låg- och högfrekventa elektromagnetiska fält genom laboriestudier av däggdjursceller och bakterier. De har studerat humana lymfocyter och E colibakterier och finner effekter (s k värmechockeffekter och förändringar i cell-cell-kommunikation) av elektromagnetiska fält, liknande de som observeras vid värmebehandling av lymfocyter. De utländska sakkunniga finner att försöksmodellerna är behäftade med vissa metodologiska problem men

att ”both biological and statistical analyses were carried out carefully”. Betydel- sen av denna forskning kan ifrågasättas när det gäller att tillämpa resultaten på bedömningen av hälsoeffekter av elektromagnetiska fält på människa.

### *Dosimetri*

Till området dosimetri hänför vi i denna rapport dels karakterisering av de elek- tromagnetiska fälten inne i en organism, dels fältens karakterisering i den yttre fysiska miljön. Båda dessa faktorer måste vara kända för att man skall kunna göra meningsfulla tolkningar av epidemiologiska studier och mekanismstudier. Medan den förstnämnda delen har grundforskningskaraktär, gäller den senare delen till stora delar kartläggningar av strålningsmiljön i olika geografiska områ- den. I det fallet är grundforskningsinslaget begränsat och det är andra aktörer än forskare vid akademiska institutioner som kan ge de väsentliga bidragen.

Studierna vid Chalmers, Mikael Persson och Yngve Hamnerius, av hur elektromagnetiska fält tränger in i människokroppen kan utgöra en viktig komponent i tvärvetenskapliga projekt som behandlar mekanismer. En av de sakkunniga konstaterar också att ”precise, reproducible exposure assessment is the indispensable basis of analytical epidemiology studies”. Expertgruppen delar denna uppfattning och anser att Chalmersgruppen är väl kompetent att bedriva sådan forskning. Gruppen gör också viss experimentell mätning av elektromag- netiska fält i den fysiska miljön.

Kjell Hansson Mild och medarbetare i bl a Umeå har en lång och gedigen erfarenhet av att karakterisera och uppmäta elektromagnetiska fält, från fysi- kalisk utgångspunkt. Ofta är frågeställningen kopplad till en viss arbetsmiljö. Expertgruppen anser att Mildgruppens forskning, när det gäller dosimetri i den inledningsvis nämnda allmänna meningen, är viktig och av god kvalitet.

### *Överkänslighet*

Forskningsområdet ”elöverkänslighet” är relativt ungt och lider av att det saknas en allmänt erkänd definition av begreppet. Man har inte kunnat identifiera något symptom eller någon symptombild som är karaktäristisk för individens exponering för elektromagnetiska fält. Unika och objektiva diagnoskriterier saknas således. Diagnosen elöverkänslighet bygger därför också i forsknings- sammanhang på den heterogena symptombild som individen själv uppfattar som framkallad av elektromagnetiska fält. Av de besvär som beskrivs av elöver- känsliga personer dominerar hudsymptom, centralnervösa och neurovegetativa symptom samt ögonsymptom. Socialstyrelsen har inte godkänt elöverkänslighet som diagnos. Elöverkänsliga kan således inte identifieras i existerande register, något som försvårar forskning i området.

Forskningen i Sverige rörande elöverkänslighet har bedrivits av grupper vid Arbetslivsinstitutet i Umeå, Uppsala universitet och vid Karolinska institutet. Studierna omfattar både personer som exponerats yrkesmässigt och personer som exponerats i den allmänna miljön (kraftledningar, antenner (TV, FM-radio) och mobiltelefoner). Flera av dessa studier är multidisciplinära. Brister i samtliga gruppers forskning är att hypotesbildningen är svag, att studierna är begränsade i sin omfattning och att nationella och internationella samarbeten endast förekommer sporadiskt.

Gruppen i Umeå, Hansson Mild och medarbetare, har arbetat länge med frågor rörande hälsoeffekter av elektromagnetiska fält och publicerat ett stort antal arbeten. Både yrkesmässigt exponerade och andra personer har ingått i de studier som genomförts. Studier av elöverkänsligas förmåga att identifiera närvaro eller frånvaro av elektromagnetiska fält i en renodlad försökssituation gav inget stöd för att enbart en påverkan av elektromagnetiska fält kan framkalla elöverkänslighetssymptom. Mild och hans medarbetares hypotes är att gruppen elöverkänsliga har en psykofysiologisk predisposition för jämförelsevis starka reaktioner på omgivningsstressorer. De utländska sakkunniga anser att gruppen är produktiv och solid. Den är "one of the leading groups in EMF studies in the world" och att studierna är "important but often based on relatively small numbers".

Bengt Arnetz och medarbetare i Uppsala, som framför allt arbetar med psykosociala problem och stress i arbetsmiljön, har publicerat flera arbeten rörande elöverkänslighet för bildskärmar. Gruppen har arbetat med en experimentell försökssituation där betydelsen av stress och elektromagnetiska fält för utveckling av hudsymptom vid bildskärmsarbete analyserats. Dessa, och interventionsstudier där elöverkänsliga individer behandlades med antioxidanter eller träning för att åstadkomma stressreduktion, gav inget stöd för att elektromagnetiska fält framkallar symptom som kan sättas i samband med elöverkänslighet. En intressant multidisciplinär ansats har använts, men materialen är små och studierna behäftas med vissa brister i hypotesbildning och försöksuppläggning.

Lena Hillerts grupp, vid Karolinska institutet, har studerat flera kliniska aspekter av elöverkänslighet. I studierna ingår kartläggning med hjälp av enkäter av bl a utbredningen av självrapporterad elöverkänslighet. Vidare ingår interventionsstudier med antioxidanter och psykologisk behandling. Forskningen är i hög grad deskriptiv och framhåller psykogena faktorer som betydelsefulla vid utveckling av överkänslighetsreaktioner vid exponering för elektromagnetiska fält. Något orsakssamband mellan elektromagnetiska fält och symptom påvisas ej. De utländska sakkunniga betraktar därför en fortsatt forskning som osäker vad gäller möjligheten att påvisa orsakssamband mellan exponeringen för elektromagnetiska fält och de symptom som elöverkänsliga uppvisar.

Olle Johansson och hans medarbetare vid Karolinska institutet har studerat framför allt hudförändringar vid bildskärmsarbete och sambandet mellan FM-sändningar och cancer, främst maligna melanom. I sin forskning har de beskrivit en ökning av antalet mastceller i huden efter bildskärmsexponering och har lanserat hypotesen att elektromagnetiska fält påverkar mastcellers aktivitet och därmed indirekt framkallar dermatit. Forskningen är behäftad med svagheter både vad gäller teoribildning och metodologi, vilket beskrivits i avsnitten ovan om epidemiologi och mekanismer.

### *Sammanfattande översikt*

Forskning i Sverige om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält behandlar erkänt relevanta frågeställningar och skiljer sig inte till karaktären från forskningen inom området i andra länder. I förhållande till Sveriges folkmängd har forskningen en anmärkningsvärd bredd. Med enstaka undantag håller forskargrupperna överlag en tillfredsställande vetenskaplig kvalitet. I flera fall är standarden hög och i något fall mycket hög vid internationell jämförelse, även om den absoluta internationella lyskraften saknas. Flera grupper visar stor uthållighet. Det internationella utbytet och samarbetet är i de flesta fall alltför begränsat. Kort kan de granskade gruppernas verksamhet sammanfattas sålunda:

*Arbetslivsinstitutet Norr, Umeå och Örebro universitet (Hansson Mild):* En erfaren och aktiv grupp med breda intressen (epidemiologi, dosimetri, överkänslighet) som är internationellt respekterad.

*Arbetslivsinstitutet, Stockholm (Floderus):* Erkänt kompetent inom området epidemiologi och yrkesrelaterade sjukdomar i samband med (låg- och högfrekventa) elektromagnetiska fält.

*Chalmers (Persson, Hamnerius):* En grupp som med god kompetens genomför fysikaliskt baserade beräkningar och som studerar strålningsmiljön i olika sammanhang.

*Karolinska institutet (Ahlbom, Feychting):* Metodologiskt stark och drivande grupp inom epidemiologin med internationell genomslagskraft.

*Karolinska institutet och Stockholms läns landsting (Hillert):* Den grupp som har störst erfarenhet av klinisk behandling av elöverkänslighet, men som nu byter forskningsinriktning.

*Karolinska institutet (Johansson):* Verksamheten karakteriseras av svagt underbyggda påståenden och gruppen visar bristande precision i det vetenskapliga arbetet.

*Lunds universitet (Salford):* Seriös och intressant forskning i en stark vetenskaplig miljö. De överraskande resultaten kräver dock verifiering i oberoende upprepningar.



*Stockholms universitet (Belyaev)*: God forskning, men med vissa metodologiska problem, om mekanismer på cellnivå. Resultaten är svåra att översätta till hälsoeffekter för människan.

*Uppsala universitet (Arnetz)*: Multidisciplinär forskning om överkänslighet, som inkluderar elektromagnetiska fält, dock som en av många tänkbara orsaker till symptom.

*Örebro universitet och Örebro universitetssjukhus (Hardell)*: En starkt engagerad epidemiologisk forskargrupp med kontroversiella och motsägelsefulla resultat. Gruppen tenderar att undervärdera de metodologiska svårigheterna.

# En analys av vissa problem i forskningen

Inledningsvis följer här en redogörelse för strålningsmiljöns komplexitet och några svårigheter denna innebär för forskningen. Därefter diskuteras ur ett medicinskt perspektiv en rad svårigheter som rör forskningen om hälsoeffekter och mekanismer. Avsnittet avslutas med en beskrivning av metodologiska och tolkningsmässiga svårigheter när det gäller möjligheterna att upptäcka och förstå hälsoeffekter av elektromagnetiska fält.

## *Strålningsmiljöns komplexitet*

Det allmänna begreppet strålning täcker inte bara elektromagnetisk strålning, utan även t ex så kallad partikelstrålning som förekommer i samband med bl a radioaktivitet. Den senare är så energirik att den kan slå ut elektroner i atomer och är därför exempel på joniserande strålning. I denna rapport behandlas endast den typ av elektromagnetisk strålning som har så låg energi (så låg frekvens) att den saknar joniserande förmåga, och därför kallas icke-joniserande strålning.

De fysikaliska begreppen elektromagnetisk strålning och elektriska och magnetiska fält beskriver ett mycket stort antal fenomen. De kan vara naturligt förekommande, t ex solstrålning, jordmagnetism och starka elektriska fält i samband med åskväder, men även orsakade av mänskliga aktiviteter, t ex radio- och TV-utsändningar, mikrovågsugnar, mobiltelefoner och elektriska spisar.

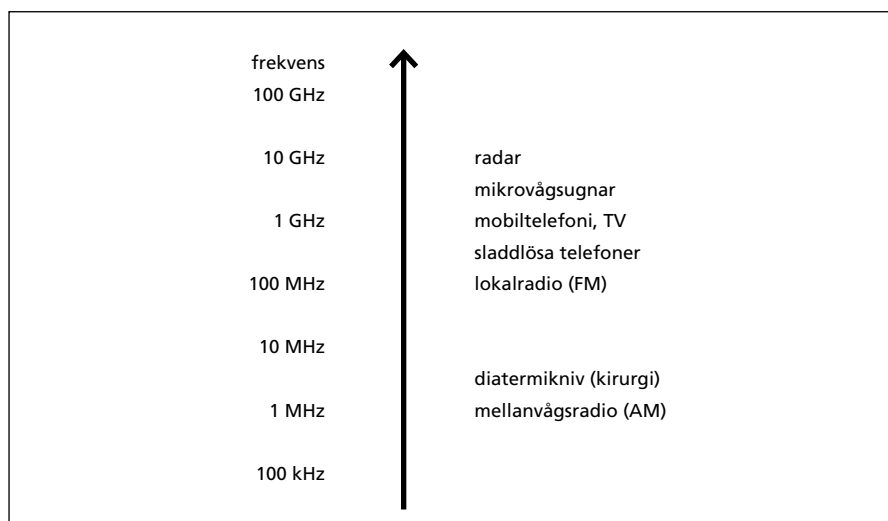
Det finns anledning att skilja mellan kraftfrekventa fält och radiofrekventa fält. Till den första kategorin hör de fält med låg frekvens som kommer från det vanliga elektriska ledningsnätet och som även uppträder i kylskåp, tvättmaskiner, elvispar, hårtorkar osv – således vid användning av vanliga elapparater. Den andra kategorin gäller elektromagnetiska fält, som inte utbreder sig genom att ström flyter fram i en ledning i vår närhet, utan omger oss som osynliga vågor, vilka vi alla utsätts för. Dit hör fält från radio- och TV-sändare, mobiltelefoner av olika slag, sladdlösa telefoner, radar mm.

Ytterligare en indelning som kan göras tar fasta på skillnaden mellan exponering i vardagslivet och den exponering som är förknippad med vissa yrken. Till de senare hör arbeten som svetsare, ställverksarbetare och lokförare. Det gäller då oftast situationer där fältfrekvensen är låg eller medelhög och magnetfältets styrka är av primärt intresse.

För att kunna jämföra olika strålningsmiljöer och sätta gränsvärden måste strålningen karakteriseras med data som går att mäta fysikaliskt. I den elektromagnetiska strålningen är elektriska och magnetiska fält intimt kopplade till varandra och de uppträder samtidigt. Båda fälten varierar periodiskt med en viss frekvens som mäts i enheten hertz (perioder per sekund), förkortat Hz. Denna rapport behandlar fält med frekvenser från 50 hertz i det vanliga elnätet till flera miljarder hertz i mobiltelefonnät. Av praktiska skäl används beteckningar (prefix) för att ange stora tal. Tusen hertz skrivs 1 kHz (kilohertz), en miljon hertz skrivs 1 MHz (megahertz) och en miljard hertz skrivs 1 GHz (gigahertz). I stället för att ange en strålningsfrekvens kan man ange motsvarande våglängd. Välkända exempel är begreppen långvåg, mellanvåg och kortvåg för radiosändningar, och mikrovågor för matlagning och medicinsk behandling. Ju högre frekvensen är, desto kortare blir våglängden. Ett speciellt fall är statiska elektriska och magnetiska fält, som har frekvensen noll. Det elektriska fältet mellan polerna på ett batteri, och det magnetiska fältet från utrustningen vid så kallad magnetröntgen, är exempel på fält som är statiska.

Figur 1 ger typiska frekvenser för den elektromagnetiska strålningen i några tekniska tillämpningar.

Figur 1 Typiska frekvenser för några tekniska tillämpningar



Frekvensen, uttryckt i hertz, anger karaktären på det elektromagnetiska fältet men säger inget om dess styrka. I vardagens elteknik möter man begreppen volt (betecknat V) för elektrisk spänning, ampere (A) för elektrisk ström, watt (W) för effekt och kilowattimme (kWh) för energi. Begreppet ”effekt” har en väl-

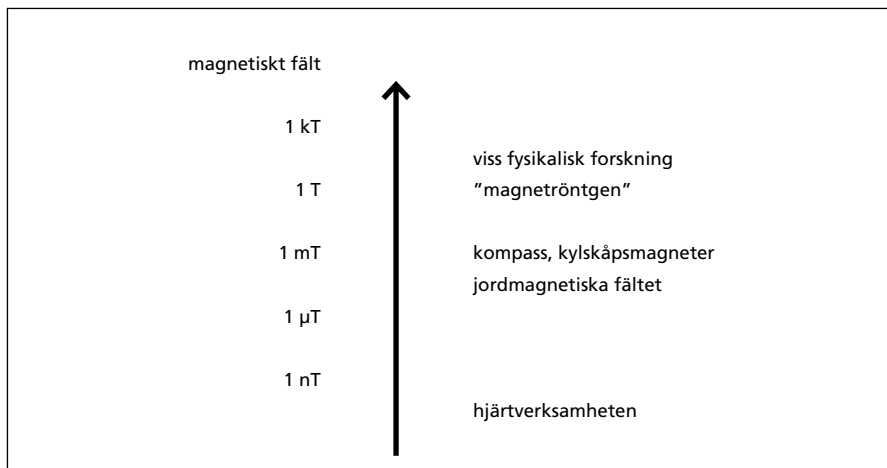
definierad mening i fysiken och innebär hur mycket energi som omsätts under en viss tid, t ex joule per sekund, dvs watt. Detta effektbegrepp skall inte förväxlas med vardagsspråkets ”effekt” med betydelsen ”påverkan”.

En hög elektrisk spänning är inte farlig i sig. Fåglar kan t ex sitta på en kraftledning utan att ta skada. Det viktiga är hur mycket den elektriska spänningen varierar från en punkt till en annan. Det mäts i volt per meter (V/m). På liknande sätt mäts det magnetiska fältets styrka i enheten tesla, betecknad T. När en elektrisk ström går genom kroppen beror dess verkan på strömtätheten, uttryckt som ampere per kvadratmeter ( $A/m^2$ ). Begreppen effekt och energi är universella i fysiken och inte begränsade till elektriska fenomen. Effekt mäts då i watt (W) och energi i joule (J).

I analogi med prefix för stora tal finns det prefix för små tal. Att prefixet m anger en tusendel är välkänt från mm för millimeter. En millivolt (mV) är alltså en tusendels volt. På samma sätt uttrycks effekt ofta i milliwatt (mW) och strömtäthet i milliampere per kvadratmeter ( $mA/m^2$ ). En miljondel anges med prefixet mikro och skrivs med den grekiska bokstaven  $\mu$  (my). En mikrottesla uttrycks som  $1 \mu T$ . För ännu mindre tal används nano, betecknat n, som anger en tusendels miljondel; t ex 1 nanotesla ( $1 nT$ ) för en tusendel av 1 mikrottesla.

Figur 2 ger typiska fältstyrkor för några magnetiska fält.

Figur 2 Typiska magnetiska fältstyrkor (T = tesla)



När det gäller eventuell inverkan av elektromagnetisk strålning på organismer är frågan om uppvärmning av stort intresse. Dess storlek beror givetvis på hur mycket materia som skall värmas upp av en given energimängd. Ett mått på inverkan av strålningsenergin är därför watt per kilogram absorberande materia

(W/kg). Vid frekvenser över 100 kHz använder man begreppet SAR-värde (Specific energy Absorption Rate), uttryckt i W/kg.

En viktig aspekt på exponeringen för elektromagnetiska fält är hur snabbt den avklingar med avståndet till källan. Det kan vara instruktivt att först jämföra med belysningen från en glödlampa. Antag att inget hindrar strålningen. På dubbla avståndet till lampan skall då ljuset falla på en fyra gånger så stor yta. Man säger att belysningen avtar kvadratisk med avståndet till källan. Detta är en god approximation för den elektromagnetiska strålningens effekt (uttryckt i W/m<sup>2</sup>) när strålningen utbreder sig utan mellanliggande hinder. Fältstyrkan (V/m) avtar däremot linjärt med avståndet, dvs den halveras vid fördubbling av avståndet till källan. Skillnaden mellan dessa båda fall förklaras av att effekten (W/m<sup>2</sup>) varierar som fältstyrkan (V/m) i kvadrat.

Om man i fallet med glödlampan sätter en ogenomskinlig skiva i ljusets väg går belysningen ner till noll. Eftersom ljus är en form av elektromagnetisk strålning, ser vi att sådan strålning kan dämpas effektivt av vissa material. Men man kan ta emot radiosignaler och lyssna på en vanlig transistorradio även i källaren till ett hus. Hur mycket den elektromagnetiska strålningen dämpas beror på en kombination av material och aktuell frekvens. Ett metalliskt nät (en så kallad Faraday-bur) dämpar effektivt elektromagnetisk strålning vars våglängd är stor jämfört med nätmaskornas öppningar. Sådana nät finns i mikrovågsugnar, så att ingen strålning slipper ut. Ett annat exempel är att plåtskalet i en bil gör den till en säker plats under blixtnedslag.

Minskningen i intensitet (dämpningen) anges ofta i decibel. För effektstorheter (W/m<sup>2</sup>) svarar 10 dB mot en minskning till 1/10. För fältstorheter (t ex V/m) svarar 10 dB mot en minskning till ca 1/3. Om orsaken till minskningen är ett ökat avstånd till källan kan man uttrycka dämpningen i decibel per kilometer (dB/km).

Många källor till elektromagnetisk strålning kan inte karakteriseras av en enda frekvens, utan av ett mer eller mindre komplicerat frekvensspektrum. Strålningen kan också vara pulsad, så att den bara sänds ut under en tät följd av korta intervall. I sådana fall kan mätningar av fältstyrkor antingen avse ett medelvärde över alla frekvenser och över lång tid, eller också ge detaljerad information som är uppdelad i tid och i frekvensintervall.

När en ström flyter fram i en ledning ger den upphov till ett magnetiskt fält. Om strömmen i två sådana ledningar intill varandra går åt olika håll tar magnetfälten ut varandra. Storleken på de magnetfält som orsakas av det vanliga elnätet, och hur fälten avtar med avståndet till ledningarna, beror därför på ledningskonfigurationen. Nätfrekvensen (50 Hz) är så låg att motsvarande fält ofta kan anses vara statiska. De tränger lättare igenom materia, jämfört med

elektromagnetisk strålning av hög frekvens. Obalanserade strömmar (s k vaggabonderande strömmar) i bostads- och gatumiljö ger ett magnetiskt fält, som kan vara mycket större i urban miljö än på landsbygden.

Det är uppenbart att den strålningsmiljö människor utsätts för är mycket komplicerad när det gäller dess karaktär (strålningsfrekvens och varaktighet) och hur den varierar inom korta avstånd från en punkt till en annan, eller över långa avstånd från en ort till en annan. De olika system som alltmer kommer i bruk när det gäller trådlös överföring av information, i kontors- och hemmiljö eller i mobiltelefoni (t ex 3G), skiljer sig något åt när det gäller frekvens och signalens tidsvariation, men i grunden är det fråga om samma slag av elektromagnetisk strålning. Det är därför mycket svårt att utanför laboratoriemiljö karakterisera den påverkan personer utsätts för och att hänföra en eventuell hälsoeffekt till en speciell typ av källa. De grova mått som används, t ex elektriska fält uttryckta i volt per meter och magnetiska fält uttryckta i tesla, har fördelen att de är enkla att tillämpa vid mätningar. Då kan de också lätt utnyttjas för att fastställa gränsvärden. Liksom alla gränsvärden utgör de ingen skarp gräns mellan farligt och ofarligt. Gränsvärden är satta med avsikten att de skall ligga betryggande under de nivåer där man skulle kunna börja spåra en skadlig effekt.

## Hälsoeffekter

Forskningen i Sverige och i andra länder, under de senaste decennierna, har inte med säkerhet kunnat påvisa några negativa hälsoeffekter av elektromagnetiska fält. Vissa epidemiologiska studier, bland annat från Sverige, har dock visat att elektromagnetiska fält ( $>0,4 \mu\text{T}$ ) i nära anslutning till kraftledningar är svagt associerade med ett ökat insjuknande i den sällsynta tumören akut leukemi hos barn. Elektromagnetiska fält anses därför av WHO vara en *möjlig orsak* (IARC 2B) till denna tumörtyp.

Bristen på solida vetenskapliga bevis för att elektromagnetiska fält framkallar sjukdom hos människan står i stark kontrast till den oro som är förknippad med användning av elektrisk apparatur, och antennens och elledningars placering i människors närmiljö. Som nämnts är forskningen runt om i världen omfattande, men trots detta är kunskapsläget ofullständigt. Många frågor, framför allt de som rör hälsoeffekter av mobiltelefoni, är mycket kontroversiella. Vilka är då möjligheterna att forskningen snabbt och konklusivt skall kunna frambringa resultat som upplevs som pålitliga av flertalet medborgare? Expertgruppen har gjort följande bedömning i denna fråga.

Eftersom inga säkra, allmänt accepterade vetenskapligt belagda bevis för att icke-termiska, biologiska effekter av elektromagnetiska fält förekommer, är hypotesbildningen för närvarande svag och tjänar inte som ett gott och drivande underlag för konklusiva experimentella studier av mekanismer.

Försök att demonstrera biologiska effekter av elektromagnetiska fält på djurceller och bakterieceller i laboratoriemiljö har resulterat i många observationer av olika typer av cellulära reaktioner. Den oftast observerade förändringen i laboratorieodlade celler vid exponering för ett elektromagnetiskt fält är nyproduktionen av s k heat shock protein, dvs ett äggviteämne som snabbt nybildas i en cell vid värmeökning eller när den utsätts för annan typ av stress. Andra uppmärksammade cellulära förändringar, som kan påvisas i flera celltyper, är genotoxicitet, dvs skada på DNA, samt olika typer av cellmembranpåverkan och jonflöden. Dessa cellförändringar har dock inte konsekvent uppträtt vid studier i andra laboratorier. Att resultaten i de olika studierna skiljer sig åt, och att de inte alltid är reproducerbara, beror sannolikt på att olika celltyper studerats, eller att variationer förekommit i experimentsituationen (den kemiska sammansättningen av odlingsvätskan, variationer i temperatur eller applicerat elektromagnetiskt fält). Även om upprepningsbara, konklusiva resultat kunde uppnås i den förenklade laboratoriemiljön skulle dessa vara bristfälliga som underlag för bedömningen av den risk som elektromagnetiska fält skulle kunna utgöra för människan.

Ett exempel på svårigheten att översätta resultaten, från laboriestudier av djur och celler till vad som gäller för människan, kan tas från cancerforskningen. Den har visat att den stegvisa, komplicerade och långsamma processen (ofta 10–30 år), under vilken en normal mänsklig cell utvecklas till en cancercell under påverkan av ett känt cancerframkallande ämne (till exempel ämnen i tobaksrök), egentligen inte kan studeras i detalj i laboratoriet. Den kan heller inte alltid undersökas med precision i djurförsök utan skulle kräva direkta studier på människa. Eftersom sådana studier av forskningsetiska skäl inte kan utföras, tjänar laboriestudier av mänskliga celler och djurförsök som viktiga alternativa modeller.

Svårigheten med riskbedömningen av ämnens eventuella cancerframkallande på människa, baserad på laboriestudier av celler och på djurförsök, är som påpekats stor och oftast inte alltid allmänt känd. Allmänheten anser i stor utsträckning att cancerforskarna har de rätta verktygen till hands för att i experiment i laboratoriet, eller i djurförsök, avgöra om en omgivningsfaktor, till exempel elektromagnetisk strålning, skulle kunna framkalla cancer hos människan. Det finns dock många exempel på att ämnen, vars cancerframkallande effekt är bevisad (t ex radioaktiv strålning, kemikalier, tobaksrök och vissa virus), trots detta inte omvandlar normala celler i laboratorieodling eller framkallar tumörer

i försöksdjur. Motsatsen gäller också ofta. Ämnen som uppfattas som cancerframkallande i laboratorietester eller djurförsök kan vara ofarliga för människan. Ett talande exempel på detta är de artificiella sötningsmedlen som framkallar cancer hos möss, men som genom en långvarig, utbredd användning visat sig vara ofarliga för människor. Allmänt gäller att försöksdjur, särskilt möss, har en större tendens att utveckla tumörer, efter exponering av kemikalier och joniserande strålning, än människa.<sup>33</sup>

För människans del är vi således hänvisade till framför allt epidemiologiska studier för att utröna om elektromagnetiska fält skulle kunna förorsaka cancer. Sådana studier är kostsamma, komplicerade, behäftade med ibland svårbevästrade metodologiska problem, och fordrar i fallet elektromagnetiska fält kunskap om exponeringsintensitet och exponeringstid. Det krävs därför väl kontrollerade studier av stora kohorter under en lång tid (10–20 år). Även om epidemiologiska studier, som genomförts under tillräckligt lång tid, påvisar samband mellan ett visst ämne och sjukdom i en exponerad population, är det inte alltid möjligt att dra slutsatser om ämnet i fråga faktiskt framkallar sjukdomen (dvs om ett orsakssamband föreligger eller ej) och om vilka mekanismerna vid utvecklingen av sjukdom i så fall är. Ett exempel på detta är frågan *om* och *hur* tobaksrökning förorsakar cancer. Genom att tobaksrökning så frekvent framkallar cancer hos rökare, och att sambandet mellan rökningens omfattning och cancerutvecklingen är så klart, har epidemiologisk forskning kunnat besvara frågan *om* tobaksrökning orsakar cancer med ett klart ja. Frågan *hur* detta sker är dock obesvarad. Det orsakssamband mellan tobaksrökning och cancer, som påvisats i epidemiologiska studier, har inte givit upphov till hypoteser om vilka mekanismer som styr omvandlingen av normala celler till cancerceller hos en rökande individ. Hypoteserna som nu testas har i stället främst genererats i studier, av celler från rökarens lungcancer, med molekylärgenetisk och cellbiologisk metodik.

Beträffande frågan om elektromagnetiska fält förorsakar cancer och andra sjukdomar kan det konstateras att den är mycket svår att besvara med hjälp av de metoder som forskarna har till sitt förfogande, i synnerhet som det saknas goda hypoteser om hur biologiska effekter skulle kunna studeras. Skulle det dock gå att påvisa förändringar i celler som framkallats av elektromagnetiska fält och att kartlägga mekanismerna bakom dessa förändringar kunde detta innebära en ny möjlighet till forskningsgenombrott.

<sup>33</sup> Rangarajan A, Weinberg R, "Comparative biology of mouse versus human cells: modelling human cancer in mice", *Nature reviews cancer*, 3, 952–958. 2003.



Ett annat svårforskat område är elöverkänslighet. De epidemiologiska studierna hämmas av att det saknas accepterade symptom/symptombild, som är specifika för elektromagnetiska fält, att relatera exponeringsdata till. Även i en väldefinierad experimentell provokationssituation är svårigheterna stora. Vilka effekter skall mätas? När skall effekter mätas? Hur skall exponeringen standardiseras med avseende på intensitet, dosfördelning, längd etc? Hur kontrolleras samverkande faktorer? Hur sker selektionen av studerade individer? För att kunna bedriva framgångsrik forskning, rörande frågan om symptomframkallande effekter av elektromagnetiska fält, skulle också interventionsstudier av olika slag kunna vara värdefulla. För att de skall bli framgångsrika och ge upphov till ny pålitlig kunskap krävs dock ett mycket gott samspel mellan forskare och "försöksperson".

## *Mekanismer*

När det gäller andra möjliga fysikaliska mekanismer (jfr not 27) än termiska effekter (uppvärmningseffekter), är förhållandena i den mänskliga organismen mycket komplicerade. Det är svårt att dra några slutsatser utan att först ha en god grund att utgå från som gäller mer renodlade fysikaliska system. En allmän regel är att fysikaliska effekter som uppträder i sådana idealiserade studier tenderar att bli mindre, eller helt försumbara, under mer komplicerade förhållanden. En mekanism som har sin grund i påverkan av ett elektromagnetiskt fält på ett visst slag av molekyler förväntas t ex bli mindre tydlig om molekylerna befinner sig i en omgivning med varierande sammansättning, jämfört med om molekylerna kunde studeras för sig. Skulle det finnas några icke-termiska effekter av hälsobetydelse, och som har en klar fysikalisk orsak, bör därför samma fenomen uppträda i andra och tydligare fall, utan omedelbar koppling till levande organismer. Detta bör beaktas om man överväger att stödja forskning som är direkt inriktad på att söka efter möjliga mekanismer när det gäller påverkan av elektromagnetisk strålning på levande materia.

Som påpekats ovan vore kunskap om vilka mekanismer, som skulle kunna framkalla icke-termiska effekter av elektromagnetiska fält i enskilda celler, viktig för en bedömning av en eventuell inverkan på människors hälsa. De cellulära system som kan vara aktuella att använda vid standardiserad exponering för olika typer av elektromagnetiska fält, under varierande tid, har dock flera svagheter i dessa sammanhang. Som tidigare konstaterats bör laboratoriestudier av ämnens möjliga toxicitet för människa utföras med celler av mänskligt ursprung. Ett undantag gäller frågan om vissa specifika geners funktion kan påverkas av

elektromagnetiska fält. I sådana fall kan det vara rationellt att utnyttja de många stammar av genetiskt manipulerade möss som står till förfogande.<sup>34</sup>

Det är också önskvärt att relevanta celltyper används vid studier av elektromagnetiska fälts biologiska effekter. När det gäller laboratoriestudier för att klarlägga om mobiltelefoners elektromagnetiska fält skulle kunna framkalla hjärntumörer, bör således normala gliaceller (hjärntumörcellers normala motsvarighet) användas och inte, som i en del av de publicerade studierna, bindvävsceller från huden. Som också påpekats ovan har man emellertid i sådana cellodlingar inte kunnat framkalla en fullständig tumöromvandling. Det skulle möjligtvis kunna vara teoretiskt möjligt att studera några av de förändringar som skulle kunna vara cancerrelaterade i sådana cellodlingsförsök, men evidensen att elektromagnetiska fält är hjärntumörframkallande i människa skulle i detta fall ändå saknas.

När det gäller studier rörande frågan om elektromagnetiska fält skulle kunna framkalla neurodegeneration (Alzheimers sjukdom, amyotrofisk lateralskleros), måste nya experimentella modeller skapas. Framför allt saknas tillräcklig kunskap om hur nervceller skall kunna odlas i laboratoriet, eftersom det inte är meningsfullt att studera nervskada i cellodling med hjälp av andra celler än nervceller och deras ”stödjeceller”, gliaceller.

För att kunna komma vidare i sökandet efter biologiska effekter, som skulle kunna framkallas av elektromagnetiska fält, är det angeläget att identifiera någon typ av specifik cellreaktion som är framkallad specifikt av elektromagnetiska fält. Som nämndes i avsnittet ”Hälsoeffekter” ovan är hittills nybildningen av ”heat shock protein” det enda övertygande exemplet på en vanligt förekommande reaktion hos celler vid exponering för elektromagnetiska fält. Produktionen av detta protein är dock inte ett cellulärt svar på en påverkan som är specifik för elektromagnetiska fält och sökandet efter en specifik cellulär reaktion måste därför fortsätta.

En möjlighet att finna nya cellulära markörer som antingen är associerade med eller utgör ett specifikt svar på exponering för elektromagnetiska fält, är att utnyttja den senaste molekylärbiologiska metodiken för studier av geners styrning av cellers proteinproduktion. Med denna metodik är det möjligt att samtidigt analysera vilka gener som aktiveras i celler under påverkan av t ex elektromagnetiska fält och vilka proteiner som kommer att nyproduceras till följd av denna aktivering. Sådana studier är numera möjliga att utföra i välutrustade cellbiologiska laboratorier och skulle kunna påvisa cellulära reaktioner som följd av exponering för elektromagnetiska fält.

<sup>34</sup> Van Dyke T, Jacks T, ”Cancer modeling in the modern era: progress and challenges”, *Cell*, 108, 135-144, 2002.

## Möjligheter att upptäcka och förstå hälsoeffekter av elektromagnetiska fält

Som framgått ovan finns det avsevärda svårigheter förknippade med forskning om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält. Detta leder till komplikationer när man skall verifiera kontroversiella resultat, liksom till oenighet om tolkning och problemformulering. Sedda ur ett folkhälsoperspektiv är hälsoeffekterna av elektromagnetiska fält, speciellt i samband med mobiltelefoni, sammankopplade med de effekter som själva användningen av mobiltelefoner för med sig. Man skulle kunna säga att frågeställningen är ganska klar, men att det är så gott som omöjligt att kartlägga orsakssambanden. Sett ut ett biologiskt-medicinskt perspektiv är, på liknande sätt, effekterna av elektromagnetiska fält på cellnivå sammanvävda med kemiska och fysikaliska förlopp som kräver noggranna experiment och där de allmänna teorierna ännu är mycket ofullständiga. I detta avsnitt beskrivs några av de metodologiska och tolkningsmässiga svårigheterna när det gäller att upptäcka och förstå hälsoeffekter av elektromagnetiska fält.

### *Olika typer av studier*

#### **Experimentella undersökningar**

I en experimentell studie, t ex av effekten av elektromagnetiska fält, genomför man under kontrollerade former en serie experiment där man vid experimentet kan påverka och i bästa fall helt kontrollera nivån på det man vill studera effekterna av. Försöksresultatet kan mycket väl få vara beroende även av annat än den *studerade faktorn*, men försöket skall läggas upp så att dessa *störande faktorer* inte systematiskt tillåts påverka slutsatserna av experimentet. Det kan t ex gälla *kontrollerbara faktorer*, såsom kön och ålder hos ett försöksdjur, eller *icke-kontrollerbara faktorer*, som t ex fullständigt genetiskt stamträd. Skillnaden mellan kontrollerbara och icke-kontrollerbara faktorer är inte entydig eller konstant i tiden utan beror på kunskapsläget och den teori man har ställt upp för det studerade fenomenet. Ett krav på ett korrekt utfört experiment är att de icke-kontrollerbara faktorerna skall *randomiseras*, dvs fördelas på ett slumpmässigt sätt mellan experimentobjekten.

Så gott som alla undersökningar av elektromagnetiska fälts effekter på levande celler och på djur är experimentella, medan undersökningar av effekten på människor mera sällan är det.

Ett enkelt exempel är ett experiment där läckage i blod-hjärnbarriären studeras hos råttor under påverkan av ett elektromagnetiskt fält. Förutom av elektromagnetiska fält kan resultatet tänkas bero på rättans kön och eventuellt på

vikt och ålder. I följande fyra försöksplaner fördelas råttorna på olika sätt: i plan A slumpmässigt efter hög eller låg dos, i plan B dessutom efter kön, i plan C även efter åldersgrupp (ung/gammal) och i plan D, slutligen, en än mer förfinad indelning så att råttorna inom varje kön/åldersgrupp också delas in efter ungefärlig vikt. Slumpen får sedan avgöra vilken av 'tvillingarna' som utsätts för hög respektive låg dos av elektromagnetiska fält.

Tabell 3 Successiv utökning av kontrollerade faktorer vid experiment med råttor

Plan	Studerad faktor	Kontrollerbara faktorer		
A	Hög/låg EMF			
B	Hög/låg EMF	Hane/hona		
C	Hög/låg EMF	Hane/hona	Unga/gamla råttor	
D	Hög/låg EMF	Hane/hona	Unga/gamla råttor	Råttans vikt

Allmänt gäller att ju fler faktorer det finns som man kan kontrollera, desto större möjligheter har man att upptäcka även små effekter förenade med den studerade faktorn.

*Möjligheter till generalisering:* En viktig fråga vid experimentella studier gäller i vilken grad resultaten kan generaliseras till andra förhållanden än de som gällde vid experimentet. Svaret på denna fråga är helt beroende på de teorier och den övriga kunskap man har om fenomenet. Generalisering av resultaten från experiment med elektromagnetiska fält på råttor och möss till människa är ett sådant problem, vilket berörs i avsnittet "Hälsoeffekter".

### Icke-experimentella undersökningar, speciellt epidemiologiska studier

Vid en icke-experimentell undersökning har man i regel inte möjlighet att påverka vilken behandling en studerad person eller ett försöksobjekt utsätts för. Det finns därför alltid en möjlighet att andra förhållanden, än den faktor man är intresserad av, påverkar resultatet på ett dolt men avgörande sätt. I en konkret fråga, t ex om faktorn A (användning av mobiltelefon) ökar risken för sjukdomen S, måste man först fråga sig vilka andra faktorer, B, C, D, etc, som kan tänkas ha ett samband med sjukdomen, t ex ålder, bostadsort, yrke och levnadsvanor i stort.

*Fall-kontrollstudier.* En vanlig form av epidemiologisk undersökning är fall-kontrollstudien. Vid en sådan utgår man från sjukdomsfall som redan inträffat och undersöker vad som kan tänkas ha åstadkommit sjukdomen. Varje nytt fall av sjukdomen S undersöks då dels med avseende på faktorn A, dels med avseende på övriga identifierade faktorer. Till varje patient (ett *fall*) söker man sedan upp en *kontroll*, vilket är en person som i alla övriga faktorer B, C, D, ..., är en

tvilling till patienten. Tanken är att gruppen av fall och gruppen av kontroller skall vara så lika som möjligt i alla andra avseenden än just sjukdomen S och påverkan av faktorn A. Den bästa jämförelsen får man om man har möjlighet att jämföra varje individ med sin tvilling. I en förenklad men vanlig analys, som inte utnyttjar tvillingegenskapen fullt ut, räknar man hur många personer i studien

- som påverkats av A och har sjukdomen S,
- som påverkats av A men inte har sjukdomen S,
- som inte påverkats av A men som har sjukdomen S,
- som varken påverkats av A eller har sjukdomen S.

Resultatet redovisas i en tabell, t ex med 40 fall och 40 kontroller:

Tabell 4 Sammanfattning av resultaten av en fall-kontrollstudie

	Har sjukdomen S	Har inte sjukdomen S	Summa	Odds att drabbas av S
Påverkade av A	19	10	29	19/10 = 1,9
Ej påverkade av A	21	30	51	21/30 = 0,7
<b>Summa</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	Oddsquot (OR) = 1,9/0,7=2,7

Den så kallade *oddsquoten* (OR) som i tabell 4 räknats ut till 2,7 är (en uppskattning av det ungefärliga<sup>35</sup>) förhållandet mellan sannolikheterna att drabbas av sjukdomen S bland dem som utsatts för A och bland dem som inte gjort det. I denna tabell har man alltså observerat mer än 2,5 gånger så stor risk att drabbas av S bland A-användarna som bland dem som inte utsatts för A. Detta resultat skulle ha varit en *statistiskt signifikant förhöjning på nivån 5 %*.<sup>36</sup>

*Kohortstudier.* En kohortstudie skiljer sig från en fall-kontrollstudie genom att man väljer ut de studerade personerna med hjälp av något kriterium som inte har med sjukdomen S att göra. För alla personer i den utvalda gruppen (= kohorten) undersöker man, dels om de får sjukdomen S, dels om de utsätts/utsatts för påverkan av faktorn A. Man undersöker även de andra faktorer B, C, D, ..., som man identifierat. Det intressanta resultatet av en kohortstudie är, liksom i en fall-kontrollstudie, den *relativa risken* att drabbas av sjukdomen för A-användarna jämfört med övriga när effekten av alla andra faktorer har eliminerats.

<sup>35</sup> Detta gäller om sannolikheten att drabbas av sjukdomen S är relativt liten både för dem som utsätts för A och för dem som inte gör det.

<sup>36</sup> Att en observerad skillnad kallas *statistiskt signifikant* innebär att skillnaden är så stor att sannolikheten är liten för att den skall kunna uppstå av en ren slump, se avsnittet nedan ”Val av hypotes och samband med försiktighetsprincipen”.

I en *prospektiv* kohortstudie följer man gruppen under en bestämd framtida tidsperiod, under vilken man har möjlighet att registrera nivån på de olika tänkbara påverkande faktorerna. En prospektiv kohortstudie är naturligen mer tidskrävande än en fall-kontrollstudie och ofta även dyrare, men är i regel mer tillförlitlig, framför allt i fråga om kvalitet på information om exponering och andra faktorer. Samtidigt införs nya felkällor som kan snedvrída slutsatserna. Just det faktum att en person är med i kohorten, och därför kommer att studeras närmare, kan t ex leda till ett ändrat beteende. En svårighet är att man måste bestämma vilka variabler som skall studeras redan vid studiens början.

I en *retrospektiv* kohortstudie väljer man ut en stor grupp personer, t ex alla födda i ett område under ett visst år för lång tid sedan, och studerar hur det har gått för dessa personer, genom enkäter, registerstudier, sjukjournaler, etc. Värdet av en retrospektiv studie är självfallet beroende av tillförlitligheten hos det tillgängliga materialet, något som kan vara problematiskt i frågan om exponering för elektromagnetiska fält.

### **Metodmässiga svårigheter vid epidemiologiska studier**

I de internationella värderingar av forskning i Sverige, som expertgruppen låtit göra, nämns ofta olika svårigheter med och svagheter hos epidemiologiska studier. Dessa svårigheter är inte unikt svenska – majoriteten vetenskapligt publicerade epidemiologiska arbeten berör problemen och redogör för hur man försökt lösa dem. Kvaliteten på undersökningen är helt beroende av hur väl man lyckats med detta.

### **Bias av olika slag**

Varje epidemiologisk eller experimentell studie innehåller felkällor, systematiska eller slumpmässiga. Med bias menas sådana effekter i en studie som *systematiskt* snedvrider slutsatserna i ena eller andra riktningen. Epidemiologiska undersökningar innehåller fler sådana möjliga felkällor än vad som är fallet med experimentella undersökningar. Dessa felkällor är starkt bidragande till att resultaten av epidemiologiska undersökningar ibland ifrågasätts.

*Urvalsbias* uppträder t ex om de som är utsatta för aktiviteten A är mer benägna att söka vård för sjukdomen S än de som inte är det. En annan möjlighet till sådan bias är att personer, som känner på sig att de är känsliga för aktiviteten A, undviker att utsätta sig för den. I första exemplet kan man komma att överskatta risken med A, i andra fallet underskattar man den. En besläktad form av bias uppträder om vissa grupper har en tendens att försvinna ur studien så att man inte har möjlighet att göra efterföljande kontroller. Om denna tendens att försvinna ur studien har samband de undersökta faktorerna leder det till systematiska fel.

*Exponeringsbias* har att göra med svårigheten att avgöra i vilken utsträckning personerna varit utsatta för faktorn A. Även vid experimentella studier på människor och djur har man begränsade möjligheter att avgöra exponeringen för de elektromagnetiska fälten. Vid epidemiologiska undersökningar är möjligheterna ännu mer begränsade.

*Minnesbias* är snarlik exponeringsbias och är en mycket vanlig felkälla. Att personer medvetet eller omedvetet undertrycker eller överdriver viktig information är en av de allvarligaste felkällorna vid epidemiologiska undersökningar av kontroversiella frågor. Det är väl belagt vid internationella studier av mobiltelefonianvändning att det kan vara mycket svårt att i efterhand minnas när, var och hur länge man använt sin mobiltelefon.<sup>37</sup> Om undersökningen gäller ett ifrågasatt samband mellan användningen och en viss sjukdom kan denna minnesbrist vara olika beroende på om man drabbats av sjukdomen eller inte.

### Mass-signifikansproblemet

I samband med forskning om inverkan av elektromagnetiska fält utförs ett stort antal experiment vid en mängd laboratorier runt om i världen, och vid varje experiment studerar man i regel många olika tänkbara biologiska effekter. Man erhåller då *med stor sannolikhet* ett antal ”signifikanta” resultat helt oberoende av om elektromagnetiska fält har någon effekt eller ej. Närmare bestämt kommer (minst) 5 % av alla jämförelser att vara signifikanta, om man, som är vanligt i medicinska sammanhang, valt just den nivån på säkerhet vid den statistiska prövningen. Om elektromagnetiska fält inte har någon systematisk effekt så är alla dessa signifikanser ”falska”. (Med mass-signifikans-problemet menas också det mindre betydelsefulla faktum att man gör många jämförelser med samma experimentella material och att man då inte har helt säker kontroll på den statistiska signifikansnivån.)

Vid seriösa studier redovisar man samtliga gjorda jämförelser, dvs även de som inte visat några skillnader. Det finns dock en tendens att betrakta signifikanta skillnader som ”mera intressanta”, varför man kan misstänka att det finns en viss överrepresentation av falskt signifikanta resultat i publicerade vetenskapliga artiklar och konferenspresentationer. Omfattningen av denna *publiceringsbias* är svår att fastställa.

Erfarenheterna från studier rörande elektromagnetiska fält är att många rapporterade försök, som gett signifikanta resultat, inte har kunnat upprepas av en oberoende forskare. Delvis kan detta förklaras med att försöken och sambanden

<sup>37</sup> Setex Morrissey J J, Kanda M: *Comparative analysis of RF exposure from mobile phones in different geographical locations*, <http://www.bioelectromagnetics.org/bems2004/bems2004-abstracts.pdf> s 11.

är komplicerade och att man kanske inte upprepar försöket med exakt samma förutsättningar, men till en del kan det sannolikt förklaras med publiceringsbias.

### **Svårighet att finna opåverkade kontroller**

I vissa epidemiologiska undersökningar kan man ganska enkelt klassificera personer som (kraftigt) exponerade för en faktor A, respektive mindre utsatta för den. I en yrkesmedicinsk studie av lokförare eller av linjearbetare i kraftindustrin kan man lätt till varje ”fall” finna en ”kontroll”, dvs en i övrigt jämförbar person som inte utsatts för kraftigt elektromagnetiskt fält. I samband med mobiltelefoni kommer det i framtiden inte att vara lika lätt att i en begränsad region finna opåverkade kontroller.

### **Val av hypotes och samband med försiktighetsprincipen**

Vid riskanalys av en aktivitet A kan man ställa två olika typer av frågor:

- Är det bevisat att aktiviteten A är ofarlig?
- Är det bevisat att aktiviteten A är farlig?

Vid studiet av hälsorisker med elektromagnetiska fält förekommer båda frågeställningarna, och många av slutsatserna är av typen ”det kan inte anses visat att det föreligger några risker med aktiviteten A”. Man kan då undra om man inte i stället skulle fråga ”kan det anses bevisat att aktiviteten A är ofarlig?”. Båda ansatserna utgör dock en överförenkling av problemet. Bevisbördan måste fördelas jämnare och även innefatta *storleken av en möjlig förändring*.

### **Statistisk signifikans**

Att en observerad skillnad kallas *statistiskt signifikant* innebär att sannolikheten är liten att för att skillnaden skall kunna uppstå av en ren slump. Man tycker sig då ha visat att det måste vara något annat än slumpen som åstadkommit skillnaden. I exemplet i tabell 4 observerades att oddskvoten mellan A-påverkade och icke-A-påverkade var 2,7, dvs de påverkade hade 2,7 gånger större risk att drabbas av sjukdomen S. Man kan då fråga sig hur starkt bevis detta är för att A verkligen ökar risken för S. Den observerade skillnaden kan nämligen uppstå av en ren slump. I detta exempel är sannolikheten dock mindre än 5 % att slumpen åstadkommer en oddskvot på 2,7 (eller mer) vid ett försök med 40+40 personer. Man säger att riskökningen är statistiskt signifikant på nivån 5 %.

I medicinska sammanhang anses ofta en sannolikhet på 5 % vara ”liten” och de flesta skulle nog anse att resultatet i tabell 4 talar för att A har samband med S. I själva verket är det så att även om A fullständigt saknar betydelse, så åstad-



kommer slumpen bland 20 undersökningar i genomsnitt *en* tabell av detta skeva slag. Slutsatsen är följande:

**Falsa signifikanser:** När man arbetar med statistiska bevis och använder 5 % som gräns för signifikans, så kommer man, i de fall då det inte finns någon bakomliggande skillnad, att i fem undersökningar av 100 felaktigt påstå att det finns en effekt trots att resultatet åstadkommits av ren slump.

*Vad betyder ett icke-signifikant resultat?* I exemplet ovan var riskökningen tillräckligt stor för att anses statistiskt bevisad. Om ökningen av sjukfrekvensen hade varit något mindre, så att oddskvoten varit t ex 1,5 i stället för 2,7, så hade resultatet inte varit signifikant. Sannolikheten att resultatet åstadkommits av en slump hade varit för stor. Man säger då att man *inte har kunnat bevisa att A ökar risken för S – detta trots att man faktiskt har observerat 50 % höjd risk*. Hypotesen att A är ofarligt hade inte kunnat förkastas. Många epidemiologiska studier, som inte ger signifikanta resultat, leder till sådana slutsatser. Detta är dock inte detsamma som att man visat att aktiviteten är ofarlig! Skulle man då inte ha vänt på frågan och ställt hypotesen att A är farligt och sedan krävt ett bevis för ofarlighet?

### Bevis av ofarlighet – vad menas med farligt?

För att närmare kunna analysera dilemmat med val av hypotes och kravet på bevisning måste man precisera vad som menas med farligt respektive ofarligt. Vi antar att man kan ange graden av farlighet med riskökningen uttryckt som oddskvoten, OR. Om aktiviteten A inte alls påverkar sjukdomen S så är OR lika med 1, om risken ökar är OR större än 1, och om risken minskar så är OR mindre än 1. Att en oddskvot är lika med 1 betyder dock inte att aktiviteten A säkert saknar samband med sjukdomen S. Den kan nämligen ha både positiva och negativa effekter, som tar ut varandra; något som kan vara intressant ur vetenskaplig synpunkt.

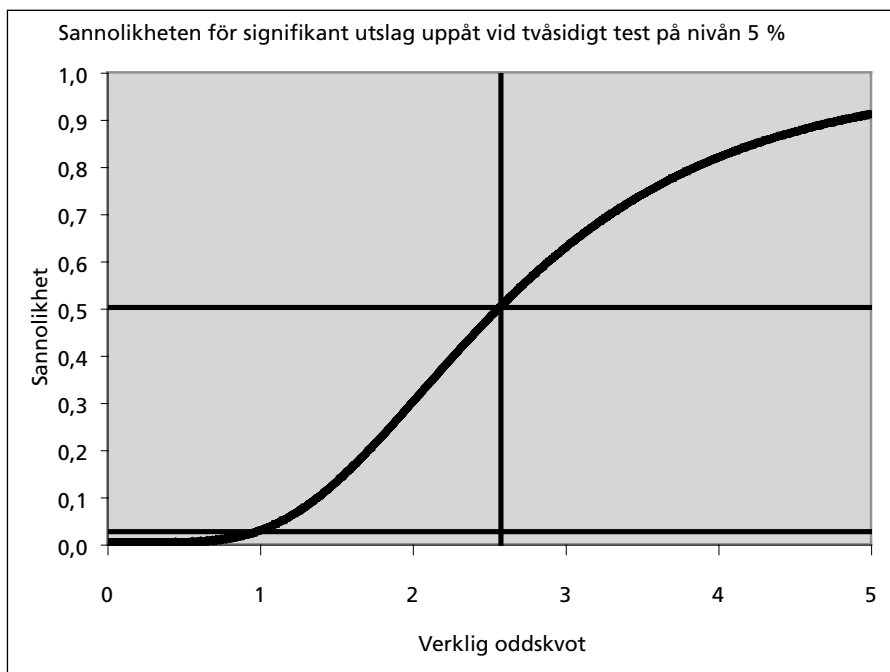
*Alla undersökningar som görs i samband med elektromagnetiska fält för att avgöra om OR är större än, mindre än eller lika med 1, är mer eller mindre osäkra.* Det finns *alltid* en viss risk att resultatet är vilseledande. För att (i statistisk mening) kunna bevisa att OR verkligen är större än 1, måste man därför kräva att undersökningen ger ett OR-värde som är betydligt större än 1. För att kunna bevisa att OR är 1 eller mindre (och aktiviteten ofarlig) måste man kräva att undersökningen på liknande sätt ger ett OR-värde som är betydligt mindre än 1, dvs undersökningen måste visa en *minskad* risk, inte bara en oförändrad risk. Hur stor den observerade avvikelserna från talet 1 behöver vara, för att anses

statistiskt säker, beror på den undersökta gruppens storlek. Vid en stor gruppstorlek räcker även små avvikelser, vid en liten gruppstorlek måste det finnas en stor observerad avvikelse.

”Signifikant” är inte detsamma som ”stor”: Att en undersökning visat en statistiskt signifikant skillnad betyder inte att den visat på en stor skillnad. Om den undersökta gruppen är tillräckligt stor kan även mycket små skillnader upptäckas.

De experimentella undersökningarna av elektromagnetiska fält och dess eventuella farlighet är av ganska begränsad omfattning och bristen på signifikanta resultat måste tolkas försiktigt, i så måtto att en eventuell effekt i varje fall inte kan vara stor.

Figur 3 Sannolikheten att upptäcka en riskökning vid fall-kontrollstudie med 40 fall och 40 kontroller



Figur 3 visar hur stor ökningen av risken måste vara för att den skall kunna upptäckas, med rimlig grad av säkerhet, när man gör ett försök med samma storlek på den undersökta gruppen som ovan i tabell 4 (s 45), dvs 40+40 personer. Figuren visar att om den sanna oddskvoten är drygt 2,5 så kommer *hälften av alla undersökningar* att uppvisa signifikant resultat. För att man skall kunna

upptäcka även små ökningar av risken krävs ett omfattande undersökningsmaterial. Om den exemplifierade undersökningen hade varit 10 gånger större – med 190, 100, 210 respektive 300 i de olika kategorierna – skulle man kunnat upptäcka även en 30-procentig riskökning.

### *Hur påverkar oro våra beslut när det finns osäkerhet?*

Kravet på att en undersökning skall bevisa ofarlighet *utom allt tvivel* är ett mycket strängt krav, och det går långt över vad som kan krävas av ett försiktigt handlande. I stället jämför man den eventuella riskökning som en aktivitet kan föra med sig, med den totala nytta, i form av en riskminskning, som samma aktivitet kan innebära. Detta synsätt kan tillämpas på alla områden där samhället utövar kontroll, och det är vägledande i de flesta medicinska sammanhang.

Vid politiska beslut, såsom reglering av mobiltelefoni, räcker det dock inte att fråga sig hur stor en eventuell riskökning kan tänkas vara. Det är också nödvändigt att ta hänsyn till den oro man kan känna inför det inte helt säkra. Forskningen om elektromagnetiska fält gäller till stor del att försöka mäta osäkerheten på ett objektivt sätt. Oro, däremot, är en mer individuell faktor och är svår att kvantifiera. Olika människor är benägna att känna oro i olika grad. Oron kan också kanaliseras genom grupper eller organisationer. Det är därför svårt att använda oro som riktlinje vid politiska beslut. Hur skall då oro ställas i relation till graden av säkerhet eller osäkerhet om faktiska risker?

I frågan om vaccination mot mässling och risken för autism är svaret enkelt, beroende på att kunskapsläget är mycket gott. En dåligt genomförd epidemiologisk studie spred oro att vaccination kunde öka risken, samtidigt som andra noggranna undersökningar inte visade någon förhöjd risk. Den positiva effekten av vaccination, i form av skydd mot mässling, är *säker och stor och baserad på kända biologiska mekanismer*. Den negativa effekten däremot, i form av risk för autism, säkert inte stor.<sup>38</sup> Kunskapsläget är vad man kan kalla robust. Trots det finns oron kvar hos vissa grupper, men denna oro tillåts inte påverka samhällets rekommendationer om vaccination. Tvärtom försöker samhället genom information om sakläget minska oron. Om tillräckligt många avstår från vaccination kommer mässlingens skadliga effekter med visshet att öka, vilket leder till ökad oro hos en ännu större grupp av människor.

När det gäller mobiltelefoni och elektromagnetiska fält är situationen inte lika entydig, som i fallet med vaccination. Forskningsläget är mera komplext

<sup>38</sup> Slutsatsen "säkert inte stor" är den enda man rimligen kan komma fram till. Det går helt enkelt inte att bevisa att vaccination är helt ofarligt. Inte ens en total undersökning av alla vaccinerade kan säkert bevisa en oförändrad risk. Alternativet att mässlingsvaccination skulle *minska* risken för autism är inte aktuellt!

och även mindre robust. De undersökningar, epidemiologiska såväl som cell- och djurförsök, vilka antytt negativa effekter har inte senare kunnat bekräftas, och inte heller kunnat knytas till teorier om mekanismer för sådana negativa effekter. Nyttan med mobiltelefoni i form av förbättrad hälsa är också svårare att direkt mäta, även om man mycket väl kan föreställa sig att ett mobiltelefon-samtal räddar liv. Det är därför väl motiverat att fortsätta att vara vaksam och säkra kunskapsläget genom internationella forskningsinsatser. I samband med elektromagnetiska fält anser expertgruppen att WHO:s forskningsprogram och forskningsrapportering bör vara vägledande.

Expertgruppen noterar att det förekommer forskning av indirekt relevans för problemet med hälsoeffekter av elektromagnetiska fält, bland annat forskning kring symptombilder och diagnoser<sup>39</sup> samt studier som rör riskkommunikation<sup>40</sup>. Inom båda dessa områden spelar oro en ibland avgörande roll. Oron är reell, och den finns oberoende av om t ex elektromagnetiska fält innebär hälsofara eller ej. Likaså är de symptom som förknippas med elektromagnetiska fält reella oavsett vad som orsakat symptomen.

Vid en bedömning av forskningen om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält måste man alltså noga skilja forskning om de direkta biologiska effekterna av elektromagnetiska fält från forskning dels om symptom som förknippas med sådana fält, dels om oro i samband med fenomen där kunskapsläget fortfarande är kontroversiellt. Expertgruppens granskning har enligt uppdraget rört den förra typen av forskning, vilken avser direkta hälsoeffekter. Resultaten redovisas i det tidigare avsnittet "Forskningen i Sverige i dag" och avsnittet nedan "Slutsatser och förslag". Beträffande de indirekta aspekterna vill expertgruppen göra följande reflexioner.

Viss forskning inom humaniora och samhällsvetenskap har tagit upp symptom som ligger nära dem som beskrivs av elöverkänsliga. Som exempel kan nämnas arbeten av professor Karin Johannisson, idéhistoriker med inriktning på medicin. Där framträder en bild som kan vara värd att studera närmare

<sup>39</sup> Se t ex Karin Johannisson, "När otillräckligheten byter namn: Ett idéhistoriskt perspektiv på den nya ohälsan" i Rolf Ekman och Bengt Arnetz (red), *Stress: Molekylerna – individen – organisationen – samhället*, Stockholm 2002.

<sup>40</sup> Forskningen om hur allmänheten upplever och bedömer risker är omfattande, liksom forskningen om riskkommunikation. Den del av den elektromagnetiska fältproblematiken som gäller just förståelse av risker och riskkommunikation torde knappast kräva några särskilda forskningsinsatser. Det finns en rad översikter av forskningen om riskbedömningar/ riskupplevelser och riskkommunikation, t ex Gutting J, Wiegman O, *Exploring risk communication*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996 och Kasperson R E, Stallen P J M (Red), *Communicating risks to the public*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991.

inför eventuella framtida flervetenskapliga forskningsprojekt. Symptom som trötthet, svaghet, yrsel, diffus värk, sömnsvårigheter, klåda, ögonirritation etc har i andra tider relaterats till olika förändringar i miljön, bl a ny teknik. Alla dessa symptom är givetvis helt verkliga, men deras orsaker kan ofta sökas inom vidare forskningsfält än de biologiska och fysikaliska. Expertgruppen noterar att Vårdalstiftelsen uppmärksammat behovet av tvärvetenskaplig forskning inom området.

Frågan om oro och dess hälsokonsekvenser är nära förknippad med frågan om en ansvarsfull riskkommunikation.<sup>41</sup> Här är problemet vilken roll oron i sig spelar, till skillnad från de eventuella faktiska effekter som kan finnas. SSIs roll som övervakningsmyndighet är väsentlig eftersom behovet av god riskkommunikation är stort i lägen då kunskapsläget uppfattas som ofullständigt och oron är utbredd, till exempel vid införandet av ny teknik. En förutsättning för att man på ett sakligt sätt skall kunna hantera riskrelaterad oro är att den forskning som bedrivs om faktiska risker är öppen, kvalitetsprövad och ständigt ifrågasättande – både av negativa och positiva fynd. Endast då kan man bemöta eventuella misstankar om konspiration och mörkläggning. Expertgruppens slutsats, om att det i Sverige finns särskilt goda förutsättningar för att i internationellt samarbete bedriva långsiktig epidemiologisk forskning (se sista avsnittet med rubriken ”Slutsatser och förslag”), baseras på gruppens uppfattning att Sverige på det området effektivt skulle kunna bidra till att stärka det internationella kunskapsläget.

<sup>41</sup> Riskkommunikation är ett område av snabbt växande betydelse. En god översikt finns i *Report of the OECD Workshop on Sharing Experience in the Training of Engineers in Risk Management*, OECD Environment, Health and Safety Publications Series on Chemical Accidents, No 13, Paris 2004. Se också Lundgren R, McMakin A: *Risk Communication: A Handbook for Communicating Environmental Safety and Health Risks*, Battelle Press 1998, och Powell D, Leiss W: *Mad Cows and Mother's Milk: the Perils of Poor Risk Communication*, McGill-Queens University Press 1997.

# Organisation och finansiering av forskningen

## Finansiering

Underlaget för att bedöma finansieringen av forskningen inom området bygger på förfrågan till de sk forskargrupsrepresentanterna samt berörda enskilda forskare (se bilaga 2). Förfrågan gällde dels externa finansieringskällor (inkl overhead-påslag), dels lärosätens interna anslag. Vidare har kompletterande uppgifter erhållits från FAS.

En sammanställning av svaren visar att för år 2003 fanns 9,8 miljoner kronor tillgängliga för forskning inom området. För år 2004 var motsvarande siffra approximativt densamma, 9,5 miljoner kronor.

Tabell 5 Finansieringskälla och belopp åren 2003 och 2004

	2003	2004	summa
FAS	3 750 000	2 350 000	6 100 000
lärosätensanslag	2 160 000	1 950 000	4 110 000
bransch- och intresseorganisation	0	3 820 000	3 820 000
internationell	2 810 000	980 000	3 790 000
övrig	1 120 000	420 000	1 540 000
<b>summa</b>	<b>9 840 000</b>	<b>9 520 000</b>	<b>19 360 000</b>

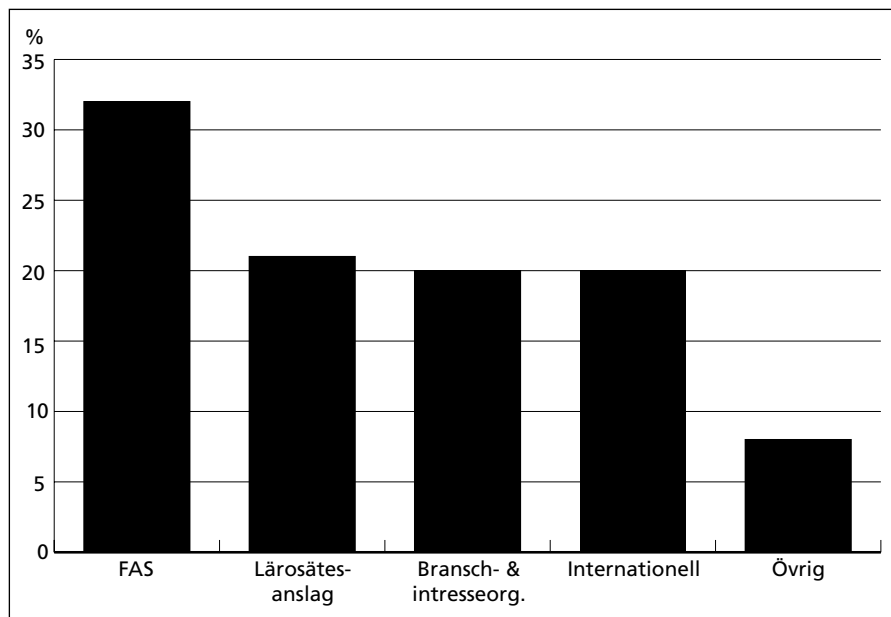
Källa: svar från 13 forskare/forskargrupper inkl kompletterande uppgifter från FAS<sup>42</sup>

Av det totala beloppet för de två åren, 19,4 miljoner kronor, utgörs ca en tredjedel av medel från FAS, en femtedel av lärosätensanslag och en lika stor andel sammanlagt av medel från branschorganisationen Mobile Manufacturers Forum (MMF) och partssammansatta Arbetsmarknadens försäkringsaktiebolag (AFA). Ytterligare en femtedel kommer från internationella finansiärer (EU, WHO, IARC etc). Figuren nedan sammanfattar finansieringen.

FAS är således den forskningsfinansiär som avsätter mest forskningsmedel inom området hälsoeffekter av elektromagnetiska fält. Vetenskapsrådet ger visst

<sup>42</sup> I tabellen har Persson/Hamnerius-gruppen vid Institutionen för elektromagnetik vid Chalmers räknats som två separata grupper. Utöver de internationellt granskade forskargrupperna har även grupperna runt Sernelius och Apell inkluderats. De kompletterande uppgifterna från FAS innefattar bl a åtaganden från Rådet för arbetsliv och socialvetenskap (RALF), dvs tiden före år 2001 då FAS bildades.

Figur 4 Procentuell fördelning av medel efter finansiär åren 2003 och 2004  
Andelen redovisas i procent. Det sammanlagda beloppet för åren 2003 och 2004 är 19,4 Mkr.



Källa: svar från 14 forskare/forskargrupper inkl kompletterande uppgifter från FAS.

stöd till projekt av relevans för området. Varken Formas<sup>43</sup>, Cancerfonden<sup>44</sup> eller Vårdalstiftelsen finansierar för närvarande projekt av direkt relevans för området. Vårdalstiftelsen har dock en planeringsgrupp som arbetat med frågan om ”annan överkänslighet”, där elöverkänslighet utgör ett av tillstånden. Planeringsarbetet avrapporteras under hösten 2004.<sup>45</sup>

Tillförlitligheten vad gäller de externa medlen bedöms var hög, medan den verkliga omfattningen av lärosätesanslagen är mer svårfångad och särredovisas normalt inte heller av lärosätena. En jämförelse mellan här redovisade lärosätes-

<sup>43</sup> Formas har inget särskilt uppdrag vad gäller hälsoeffekter av elektromagnetiska fält, men skulle i princip stödja relevanta projekt som står sig i kvalitetskonkurrensen.

<sup>44</sup> I Cancerfondens preventionsutredning tas inte elektromagnetiska fält upp som en viktig orsak till uppkomsten av cancer och inkommande ansökningar inom området kvalitetsgranskas i konkurrens med alla andra ansökningar.

<sup>45</sup> Planeringsgruppens ordförande är Bengt Arnetz. En tidigare arbetsgrupp arbetade med seminarier som resulterade i rapporten *From witchcraft to science*, Vårdalstiftelsens rapportserie nr 1/2001 och Statens Folkhälsoinstitut nr 2001:30. Rapporten kan laddas ner från Vårdalstiftelsens hemsida, <http://www.vardal.se>.

anslag och uppgifter om antalet verksamma personer, presenterade i avsnittet "Forskargruppernas sammansättning" (tabell 2), visar på en mycket stor underskattning av kostnader för vissa löner, lokaler och annan infrastruktur som belastar lärosätenas ordinarie budget. En försiktig beräkning utgående från den redovisade personalen leder till en totalkostnad på mer än 20 miljoner kronor per år. Frågan om resurser har uppenbarligen tolkats snävt av flertalet av de svarande och har besvarats utifrån de resurser som är explicit riktade mot forskning om elektromagnetiska fält; en ur en forskares perspektiv rimlig avgränsning.

Vad gäller fördelningen mellan finansiärer innebär en totalkostnad på ca 20 miljoner kronor per år att den akademiska forskningen om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält finansieras till ca 80% av offentliga svenska medel, till ca 10% av internationella medel och till ca 10% av medel från bransch- och intresseorganisationer.

## *Organisation och ansvar*

### *Internationella organ*

På den internationella nivån spelar WHO en aktiv samordnande roll genom att bland annat utvärdera forskning, rapportera om kunskapsläge, identifiera kunskapsluckor och främja forskningsprogram.<sup>46</sup> På WHO:s hemsida finns två databaser över avslutade och pågående studier om elektromagnetik relaterad till biologiska effekter och mänsklig hälsa, varav den ena omfattar knappt 1000 studier, den andra drygt 2000.<sup>47</sup> Nämnas bör även International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), en sammanslutning av oberoende vetenskapliga experter, som informerar och ger råd om hälsorisker i samband med elektromagnetisk strålning.<sup>48</sup>

ICNIRP utvärderar forskningen inom området, samt utför riskbedömningar i samarbete med WHO. Även EU driver och finansierar projekt inom området

<sup>46</sup> <http://www.who.int/peh-emf/research/agenda/en/print.html>

<sup>47</sup> <http://www10.who.int/peh-emf/emfstudies/database.cfm>

<http://www10.who.int/peh-emf/emfstudies/IEEEdatabase.cfm>

<sup>48</sup> <http://www.icnirp.de/what.htm>



hälsoeffekter av elektromagnetiska fält.<sup>49</sup> Ett ytterligare exempel på forsknings-samarbete inom Europa är European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research (COST).<sup>50</sup>

### *Myndigheter i Sverige*

Som nämnts i avsnittet "Aktörer på området i Sverige" är det endast två myndigheter som i instruktion eller aktuellt regleringsbrev har ett uttalat ansvar inom området. FAS, en forskningsfinansierande myndighet, skall bevaka forskningen om elöverkänslighet och dokumentera och informera om kunskapsläget. FAS öronmärker inte projektmedel till något speciellt område, utan strävar efter att fördela medel efter projektansökningarnas vetenskapliga kvalitet. Detta i kombination med ansökningstrycket innebär att endast ett fåtal ansökningar inom just området elektromagnetiska fält och hälsa ges stöd. Inte desto mindre bedömer FAS forskningen inom området som angelägen, speciellt vad avser högfrekventa fält, och framhåller SSI som en naturlig finansierare.

Den andra myndigheten med ett särskilt uppdrag inom området, SSI, är central förvaltningsmyndighet för frågor som rör skydd av människor mot skadlig inverkan av elektromagnetiska fält.<sup>51</sup> Enligt sin instruktion skall SSI bli en bedrivare av ett målinriktat forsknings- och utvecklingsarbete. Under samrådet med expertgruppen framhöll SSIs representant att det finns kvalitetsbrister i forskningen på området i Sverige. Samtidigt påpekades att tillgången till registerdata utgör goda betingelser för att studera eventuella långsiktiga effekter. Bristen på tillförlitliga exponeringsdata föranleder dock åtgärder, till exempel genom skapandet av en databas.

<sup>49</sup> När det gäller forskning kring hälsoeffekter av elektromagnetiska fält ligger de flesta EU-finansierade projekt under det femte ramprogrammet. Bland annat finansierar EU delar av INTERPHONE-studien, en stor epidemiologisk studie i IARC:s regi där 13 nationer deltar. För en lista på dessa projekt, se projektkatalogen för programmet Quality of life, s. 286 <ftp://ftp.cordis.lu/pub/life/docs/keyaction4.pdf>. Genom det sjätte ramprogrammet har EU-kommissionen initierat ett nytt projekt; EMF-NET. Projektet ska pågå i fyra år och syftar till att tillhandahålla ett ramverk för samordning av forskningsresultat inom området. För pressmeddelandet på svenska, se <http://www.imm.ki.se/PDF/EMF-NET2004.pdf>. För ytterligare information om projektet se <http://www.jrc.cec.eu.int/emf-net/>.

<sup>50</sup> Organisationen baserar sitt arbete på nätverk av samordnade nationella forskningsprojekt inom områden som är intressanta för deltagare från minst fem olika länder. Inom området hälsoeffekter av elektromagnetiska fält har det funnits flera samarbeten. Det nu aktuella är COST Action 281, se <http://www.cost281.org/>.

<sup>51</sup> Ett av de 15 miljömål, som regeringen beslutat skall vara vägledande i arbetet för ett ekologiskt hållbart samhälle, är "säker strålmiljö". För detta är SSI ansvarig myndighet. Det tredje delmålet rör "Risker med elektromagnetiska fält". Dessa skall kontinuerligt kartläggas och åtgärder vidtas om och när eventuella risker identifieras.

### *Icke-statliga aktörer i Sverige*

Elforsk AB ägs av Svensk Energi och Svenska Kraftnät. De publicerar årligen rapporten EL- och magnetfält som ger en översikt av aktuell forskning på området. Vidare har de genomfört studier, bland annat av magnetfält från kabelnät i stadsmiljö.<sup>52</sup>

Mobile Manufacturers Forum (MMF) är en sammanslutning av mobiltelefonföretag. De samarbetar kring standarder, regelverk och kommunikationsfrågor och har dessutom skapat en plattform för forskningsfinansiering. Tillsammans med GSM-operatörer stöder MMF för närvarande bl a vissa av projekten inom EUs femte ramprogram.<sup>53</sup>

Det partssammansatta Arbetsmarknadens försäkringsaktiebolag (AFA) driver bl a förebyggande verksamhet. En del av denna innebär stöd till FoU-projekt, både med anslag och med tillgång till AFAs omfattande skaderegister. En av de forskargrupper som är aktiva inom området elektromagnetiska fält och hälsa, med inriktning mot dosimetri, finansieras bl a av AFA.<sup>54</sup>

<sup>52</sup> Egentligen Svenska Elföretagens Forsknings- och Utvecklings- Elforsk – Aktiebolag. Se vidare <http://www.elforsk.se/distribut/dist-miljoproj.html> och [http://www.elforsk.se/publish/show\\_report.phtml?id=311](http://www.elforsk.se/publish/show_report.phtml?id=311).

<sup>53</sup> <http://www.mmfa.org>

<sup>54</sup> <http://www.afa.se>

# Slutsatser och förslag

## *Internationell och nationell bevakning av forskningen*

Den nationella och internationella forskningen om eventuella hälsoeffekter av icke-joniserande elektromagnetiska fält är omfattande. WHO utvärderar denna forskning, rapporterar om kunskapsläge, identifierar kunskapsluckor och främjar forskningsprogram. Bland övriga internationella aktörer kan nämnas ICNIRP, EU och COST. De internationella forskningsöversikterna, som publiceras fortlöpande, visar inte på några dramatiska förändringar över tiden. Forskningen kan i stället karakteriseras som en kunskapsuppbyggnad utan stora språng. Det finns inte något specifikt delområde där en kortvarig och koncentrerad satsning kan förväntas ge resultat som på ett avgörande sätt skulle påverka den totala bedömningen av hälsoeffekterna.

Forskningen i Sverige skiljer sig inte till karaktären från den i andra länder. I Sverige bevakar FAS och SSI forskningen. SSI skall även bedriva ett målinriktat forsknings- och utvecklingsarbete och informera. Myndigheterna har delvis överlappande uppdrag.

## *Speciella problem för forskningen*

Forskningen om eventuella hälsorisker av elektromagnetiska fält är förbunden med betydande svårigheter, vilka kan leda till oenighet om problemformulering och tolkning av resultat, liksom till komplikationer när man skall verifiera resultaten. Några svårigheter sammanfattas nedan.

Människan utsätts för en mycket komplex strålningsmiljö. De olika system som alltmer kommer i bruk när det gäller trådlös överföring av information, i kontors- och hemmiljö eller i mobiltelefoni (t ex 3G), skiljer sig något åt när det gäller frekvens och signalens tidsvariation. I grunden är det dock fråga om samma slag av elektromagnetiska fält som de som genereras av radio- och TV-sändningar, elektriska apparater etc. Det är därför mycket svårt att utanför laboratoriemiljö karakterisera den påverkan människor utsätts för och att hänföra en eventuell hälsoeffekt till en speciell typ av källa.

Försök att demonstrera biologiska effekter av elektromagnetiska fält på djur- och bakterieceller i laboratoriemiljö har resulterat i observationer av olika typer av cellförändringar. Den förändring som oftast noterats i laboratorieculturen

celler som exponerats för elektromagnetiska fält är nyproduktion av så kallat heat shock protein, ett äggviteämne som nybildas i en cell vid uppvärmning eller vid annan typ av stress. Andra i laboratoriemiljö uppmärksammade cellförändringar, såsom skada på DNA och olika typer av cellmembranpåverkan och jonflöden, har dock inte uppträtt konsekvent vid försök i andra laboratorier. Att resultaten i de olika studierna skiljer sig åt och att de inte alltid är reproducerbara beror sannolikt på att olika celltyper studerats och/eller att variationer förekommit i experimentsituationen (den kemiska sammansättningen av odlingsvätskan, variationer i temperatur eller applicerat elektromagnetiskt fält).

Även om säkra och upprepningsbara resultat kunde uppnås i studier av celler och djur i den förenklade laboratoriemiljön, skulle dessa resultat vara bristfälliga som underlag för bedömningen av den risk som elektromagnetiska fält eventuellt utgör för människan. Exempelvis kan inte den stegvisa, komplicerade och långsamma processen av cancerutveckling i människan studeras i laboratoriet, inte heller med precision i djurförsök. Förståelsen av denna process kräver direkta studier av människor med epidemiologisk metodik.

Också den epidemiologiska metodiken rymmer svårigheter. De ovan nämnda problemen med att fastställa exponeringen för elektromagnetiska fält utgör en generell osäkerhet. Ett annat problem är effekter som systematiskt snedvrider resultaten i en eller annan riktning (så kallade bias). Som exempel kan minnesbias nämnas, dvs att personer medvetet eller omedvetet undertrycker eller överdriver viktig information. Det är väl belagt i internationella studier av mobiltelefonanvändning att det kan vara mycket svårt att i efterhand minnas när, var och hur länge man använt sin telefon. Detta är ett särskilt stort problem i fall-kontrollstudier men också i retrospektiva kohortstudier, medan denna minnesbias kan reduceras i prospektiva kohortstudier.

Den epidemiologiska forskningen har behov av goda exponeringsdata. På grund av strålningsmiljöns komplexitet är dock svårigheterna att fastställa exponeringen stora. Ansvar för en eventuell kartläggning av strålningsmiljön bör ligga på SSI och den bör planeras så att den stöder långsiktiga epidemiologiska undersökningar.

Svårigheterna med forskning kring elöverkänslighet är påtagliga. Bland annat saknas en allmänt erkänd definition av begreppet elöverkänslighet. Det finns inga unika och objektiva diagnoskriterier. I forskningssammanhang bygger därför diagnosen på den heterogena symptombild som individen själv relaterar till elektromagnetiska fält. Elöverkänsliga kan inte identifieras i register, vilket självfallet försvårar epidemiologiska studier. I experimentella provokationsstudier finns förutom problem med standardisering av exponeringen bl a oklarheter om vilka effekter som skall mätas och vid vilken tidpunkt. Framgångsrika

interventionstudier av olika slag, slutligen, förutsätter ett mycket gott samspel mellan forskare och ”försöksperson”, vilket kan vara svårt att uppnå.

- Strålningsmiljön är komplex och varierar med tid och plats
- Resultat från laborieförsök på djur- och bakterieceller respektive försöksdjur har visat sig vara svåra att få bekräftade vid upprepade försök av andra forskargrupper
- Resultat från djurförsök är svåra att översätta till människa
- Vissa studier av hälsoeffekter måste pågå under mycket lång tid
- Epidemiologiska studier kan rymma många felkällor. De kräver goda register- och exponeringsdata
- Svårigheterna med forskning om elöverkänslighet är påtagliga

## *Forskningen i Sverige*

Forskningen i Sverige skiljer sig inte till karaktären från forskningen inom området i andra länder och den behandlar erkänt relevanta frågeställningar. I förhållande till Sveriges folkmängd har forskningen en anmärkningsvärd bredd.

En väsentlig del av forskningen är baserad på epidemiologisk metodik. Sveriges starka ställning när det gäller relevanta register ger därvid särskilt goda förutsättningar. Det bedrivs också forskning om mekanismer, med syfte att förklara en inverkan av elektromagnetiska fält på levande organismer genom hänvisning till explicita fysikaliska, kemiska eller biologiska effekter. Även dosimetrin finns representerad, dvs forskning som utmärks av dels karakterisering av de elektromagnetiska fälten inne i en organism, dels fältens karakterisering i den yttre fysiska miljön. Båda dessa faktorer behöver vara kända för att man skall kunna göra meningsfulla tolkningar av resultat från epidemiologiska studier och mekanismstudier. Viss forskning finns också inom området elöverkänslighet.

I Sverige finns drygt tio grupper som bedriver forskning inom ett eller flera av dessa områden. Uppskattningsvis är något mer än 80 personer verksamma på hel- eller deltid, varav närmare 50 är disputerade forskare och drygt tio är doktorander. De totala forskningsmedlen rapporterades till cirka 10 miljoner kronor årligen (2003 och 2004), men en betydande finansiering, minst lika mycket, tillkommer från lärosätenas interna medel av t ex löner, lokaler och infrastruktur. Av cirka 20 miljoner kronor per år som går till området är cirka 80 % offentliga svenska medel, cirka 10 % medel från internationella finansiärer och cirka 10 % medel från bransch- och intresseorganisationer.

Med enstaka undantag håller forskargrupperna en tillfredsställande vetenskaplig kvalitet. I flera fall är standarden hög och i något fall mycket hög vid

internationell jämförelse, även om den absoluta internationella lyskraften saknas. Flera grupper visar stor uthållighet. Det internationella utbytet och samarbetet är dock oftast alltför begränsat.

Vid *Arbetslivsinstitutet* i Umeå finns en erfaren och aktiv grupp, representerad av Kjell Hansson Mild. Gruppen har breda intressen (epidemiologi, dosimetri, överkänslighet) och är internationellt respekterad. Birgitta Floderus m fl finns vid Arbetslivsinstitutet i Stockholm. Gruppen är erkänt kompetent inom området epidemiologi och yrkesrelaterade sjukdomar i samband med elektromagnetiska fält.

En grupp som med god kompetens genomför fysikaliskt baserade beräkningar och som studerar strålningsmiljön i olika sammanhang finns vid *Chalmers* i Göteborg. Mikael Persson och Yngve Hamnerius är här ledande.

En metodologiskt stark och drivande grupp inom epidemiologin, vars forskning dessutom har en internationell genomslagskraft, är verksam vid *Karolinska institutet* i Stockholm. I denna grupp återfinns bl a Anders Ahlbom och Maria Feychting. Vid Karolinska institutet finns även Lena Hillert m fl, en grupp med erfarenhet av forskning om klinisk behandling av elöverkänslighet. Gruppen byter dock nu forskningsinriktning. Olle Johansson m fl, också de vid Karolinska institutet, har intressen inom flera områden. Verksamheten karakteriseras dock av svagt underbyggda påståenden och gruppen visar bristande precision i det vetenskapliga arbetet.

I en stark vetenskaplig miljö vid *Lunds universitet* bedrivs seriös och intressant forskning om mekanismer av Leif Salford m fl. De överraskande resultaten kräver dock verifiering i oberoende upprepningar.

Vid *Stockholms universitet* förekommer forskning om mekanismer på cellnivå. Igor Belyaev m fl bedriver här god forskning, som dock uppvisar vissa metodologiska svagheter. Resultaten är svåra att översätta till hälsoeffekter för människa.

Bengt Arnetz m fl vid *Uppsala universitet* bedriver multidisciplinär forskning om överkänslighet som inkluderar elektromagnetiska fält, dock som en av många tänkbara orsaker till symptom.

Vid *Örebro universitet*, slutligen, leder Lennart Hardell en starkt engagerad epidemiologisk forskargrupp med kontroversiella och motsägelsefulla resultat. Gruppen tenderar att undervärdera de metodologiska svårigheterna.

- Viss epidemiologisk forskning i Sverige är internationellt konkurrenskraftig; en svårighet är att kunskapen om befolkningens exponering är svag
- Forskningen om mekanismer väcker internationellt intresse men resultaten är ännu obekräftade; teoribildningen om möjliga mekanismer är svag
- Forskning om dosimetri och om överkänslighet är av nationellt god kvalitet

## *Framtida inriktning av forskningen i Sverige*

Det är angeläget att forskningen i Sverige bedrivs i internationellt samarbete och med syfte att bidra till den pågående internationella kunskapsuppbyggnaden. Forskningen bör därför inriktas mot delområden där den har högsta möjliga vetenskapliga kvalitet och potential. Den bör underkastas samma vetenskapliga kvalitetskrav som annan forskning och bedömas i konkurrens.

Det finns inte något specifikt delområde där en kortvarig och koncentrerad satsning kan förväntas ge resultat som på ett avgörande sätt skulle påverka den totala bedömningen av hälsoeffekter av elektromagnetiska fält.

I Sverige finns särskilt goda förutsättningar för långsiktig epidemiologisk forskning i internationellt samarbete. För att denna forskning skall bli framgångsrik, dvs resultera i tillräckligt väl underbyggda slutsatser, krävs dock ett långt tidsperspektiv och god kunskap om befolkningens exponering. Sverige har utmärkta möjligheter att ge viktiga bidrag inom området genom tillgången till högklassiga cancer- och andra sjukdomsregister samt olika befolkningsregister.

Ett annat område där det i Sverige finns en potential att bidra till den internationella kunskapsuppbyggnaden är forskning om cellbiologiska mekanismer, innefattande experimentella studier på cell- och molekylnivå. Sådana studier skulle kunna öka förståelsen av effekter på cellnivå av elektromagnetiska fält.

- En kortvarig och koncentrerad forskningssatsning kan inte förväntas att på ett avgörande sätt påverka den totala bedömningen av hälsoeffekter av elektromagnetiska fält
- I Sverige finns särskilt goda förutsättningar för att i internationellt samarbete bedriva långsiktig epidemiologisk forskning
- I Sverige finns en potential för forskning om cellbiologiska mekanismer
- Forskningen om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält bör konkurrera om forskningsstöd med annan forskning

# Bilagor

## *Bilaga 1 Inkomna synpunkter efter samråd och diskussioner*

Följande synpunkter har inkommit efter samråd med forskningsfinansiärer, myndigheter och branschorganisationer samt diskussioner med intresseorganisationer.

### **Cancerfonden**

*Cancerfonden inkom med följande kommentar via e-post den 28 april 2004*

Nedan följer Cancerfondens svar enligt vad ni önskade vid mötet senast.

Cancerfonden stödjer svensk cancerforskning och svarar för en majoritet av projektstöd till cancerforskningsprojekt i landet. Forskningsprojekten är initierade av forskarna och projektansökningar bedöms i ett "peer review"-förfarande. Projektstödet ges till forskningsprojekt inom hela cancerforskningsområdet, från vårdforskning till molekylärbiologi. Ansökningar inom området elektromagnetiska fält har varit få och i den vetenskapliga bedömningen har dessa projektansökningar inte hållit erforderlig kvalitetsnivå för att ges projektstöd.

Elektromagnetiska fält är inte ett prioriterat område inom Cancerfonden, eftersom det inte har tagits upp som en viktig orsak till uppkomst av cancer i Cancerfondens preventionsutredning. Cancerfonden avser att fortsatt bedöma den vetenskapliga kvaliteten på inkomna projektansökningar inom området i konkurrens med alla andra ansökningar.

Vänliga hälsningar

Lars Wieslander

bitr. vetenskaplig sekreterare

### **Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap (FAS)**

Dnr: 2004-3036

Vetenskaprådet

Datum:2004-05-04

Expertgruppen för elektromagnetiska fält

#### **Forskning inom området hälsoeffekter av elektromagnetiska fält**

Härmed lämnas några korta synpunkter avseende forskningen om hälsoeffekter av elektromagnetiska fält.

FAS har i regeringsuppdrag att bevaka forskning om elöverkänslighet. Inom ramen för detta uppdrag skall rådet vartannat år, i samråd med de forskningsfinansiärer, myndigheter och andra som FAS finner lämpligt, dokumentera och informera om kunskapsläget. För detta uppdrag anlitar FAS professor Anders Ahlbom, Institutet för miljömedicin, Karolinska institutet.

När det gäller forskningsstöd utlyses detta över hela FAS ansvarsområde och strävan är att ge anslag till de bästa ansökningarna, utan sidoblickar på fördelning över skilda tillämpningsområden. FAS kan idag inte örönmärka projektmedel till något speciellt område. Ansökningar om



stöd till forskningsprojekt görs i två steg. Forskaren lämnar först in en projektskiss och om projektskissen godkänns kan forskaren lämna in en fullständig ansökan. Idag går ca 7,5–8 miljoner per år till projekt som avser kemiska och biologiska hälsoeffekter, fysikaliska hälsoeffekter såsom t ex buller, vibrationer, EMF samt projekt som gäller fysiska belastningsskador. Cirka 30% av antalet skisser går vidare till fullständig ansökan och av dessa beviljas drygt en tredjedel. Konkurrensen är alltså mycket hög och högst 2–3 projekt inom området elektromagnetiska fält kan få bidrag.

Forskning avseende elektromagnetiska fält bedöms som angelägen, speciellt inom det högfrekventa området och då särskilt avseende mobiltelefonin. En naturlig forskningsfinansierare borde vara Statens strålskyddsinstitut (SSI), som enligt sin förordning är central förvaltningsmyndighet för frågor om skydd av människor, djur och miljö mot skadlig verkan av joniserande och icke-joniserande strålning. SSI har bl a delmål att följa utvecklingen vad gäller EMF och dess eventuella effekter på människan och särskilda informations- och tillsynsinsatser ska göras för att öka allmänhetens kunskaper om EMF. Vid SSI finns också en särskilt tillsatt internationell expertgrupp för EMF.

För att informera om kunskapsläget har FAS en speciell hemsida som gäller elektromagnetiska fält.

Vänliga hälsningar

Rune Åberg

Huvudsekreterare

Professor

## *Vårdalstiftelsen*

### **Kort sammanfattning av forskningsläget och lite synpunkter**

Vid litteratursökning av eventuella samband av elektromagnetiska fält (EMF), både av låg (ELF)- och radiofrekventa fält (RF) och ohälsa, finner man att forskningen under de senaste decennierna huvudsakligen fokuserat på eventuella samband mellan exponering och cancer samt på cell och djurstudier där exponeringen varit högre än vid exponeringsstudier på människor.

Under de senaste åren har både nationella samt internationella studier på direkta hälsoeffekter som självrapporterade kroppsliga besvär, sömn och sömn kvalitet samt kognitiv påverkan av både ELF och RF rapporterats. Den snabba utvecklingen inom mobil telekommunikation har bidragit till krav på ökad kunskap när det gäller effekter på människa, både lång som korttids hälsoeffekter. De forskningsresultat som presenterats när det gäller korttids effekter är inte samständiga, sannolikt beroende på att det dels är svårt att designa en exponering som är så lik den exponering en mobiltelefonianvänder utsätts för dels för att komplexiteten i symptombilden inte på något sätt är unik, utan väl överensstämmande med den arbetsrelaterade ohälsa som rapporterats under de senaste decennierna.

Institutionen för folkhälso- och vårdvetenskap vid Uppsala universitet har under ledning av professor Bengt Arnetz, i nära samverkan med Karolinska institutet, startat ett forskningsprojekt med syftet att fastslå huruvida exponering av RF från mobiltelefoni (GSM) användning under dagen har några direkta effekter på:

1. Självrapporterade besvär som huvudvärk, yrsel, hudirritation samt värmekänsla i huden
2. Biologiska samband med de självrapporterade besvärerna (hudtemperatur, stressrelaterade hormoner i blod, electronystagmografi, andningsfrekvens, bröst-buk koordinering vid andning samt tidal volym.
3. Hjärt-kärlfunktionen med hänseende på blodtryck, samt variationer i hjärtfrekvens

4. Prestation och trötthet

5. Nattsömn efter exponering.

Detta är en kontrollerad dubbelblind studie där studiepopulationen är personer som uppgett att de har besvär vid mobiltelefonianvändning samt en referensgrupp av personer som inte har uppgett några besvär. En ansökan har inlämnats till Etiska prövningsnämnden i Uppsala. Projektet planeras pågå till och med 2006.

Forskningsprojektet är sponsrat av Mobile Manufacturere Forum, en internationell organisation bestående av system och mobiltelefonitillverkare; Alcatel, Ericsson, Mitsubishi Electric, Motorola, Nokia, Panasonic, Philips, Sagem, Samsung, Siemens och Sony Ericsson. MMF har sitt huvudkontor i Bryssel och har två huvuduppgifter, dels att fördela forskningsmedel för vetenskapliga projekt inom området hälsa och säkerhet vid trådlös telefoni, dels bidra med ny kunskap i utarbetandet av EU direktiv och guidelines inom området.

Sammanfattningsvis kan sägas att vi behöver flera metodstudier inom området elektromagnetiska fält och hälsa. Studier som lär oss mer om hur exponeringen ska utformas inom de aktuella frekvensområdena så att vi får en så exakt och vardagsnära exponeringssituation som möjligt. Ett annat intressant område är interaktionen mellan RF/EMF och andra miljörelaterade förändringar, inklusive arbetsmiljöförändringar, samt hur denna interaktion påverkar människan både ur ett kognitivt men också biologiskt perspektiv.

*Uppsala Universitet, Socialmedicin, Institutionen för Folkhälso och Vårdvetenskap  
2004-04-26 Clairy Wiholm*

## **Boverket**

Datum 2004-05-04 Diarienummer 2329-1184/2004

Ert diarienummer Dnr 353-2004-190

Vetenskapsrådet

Box 103 78 Stockholm

### **Behov av forskning som rör eldistribution utomhus och inne i byggnader m.m. utifrån Boverkets bedömning**

Boverket är nationell myndighet för samhällsplanering, särskilt fysisk planering, byggande och boende. Huvudlagstiftningarna som verket har ett ansvar för är Plan- och bygglagen och Byggnadsverkslagen samt hushållningsbestämmelserna i 3 och 4 kap. Miljöbalken. Boverket är också ansvarig för miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö.

Av den forskning och utveckling, rörande frågor om elektriska- och magnetiska fält, som Boverket kan överblicka har denna främst berört om det finns ett tydligt samband mellan strålning och någon bestämd sjukdom, främst barnleukemi. Däremot har liten forskning ägnats hur eldistributionen ska bli hållbar utifrån miljö kvalitetsmålen God bebyggd miljö och Säker strålmiljö. Generationsperspektiven i dessa bygger förutom på den direkta hälsofaran också på ett synsätt att människors upplevelser av vad som är en god livsmiljö innefattar många faktorer t.ex. säkerhetsfrågor och estetiska frågor men också att stråldoser ska begränsas så långt det rimligen är möjligt. Att uppföra och utforma byggnader för bl.a. boende och att bygga stora kraftledningar kräver en långsiktighet som också har acceptans hos allmänheten. Omkoncessioner av kraftledningar, som nu sker på många håll i landet, har också långsiktiga konsekvenser.

Dagens nationella inställning till hantering av eldistribution är inte utvecklad och i harmoni med

vad människor och vissa kommuner eller län upplever som relevant eller långsiktig. Det finns inte några nationella riktlinjer, utöver rena elsäkerhetsföreskrifter, som ger ledning för hur eldistributionen ska utformas i förhållande till byggnader eller i byggnader. Därmed råder också en osäkerhet om de kommunala översiktsplanernas betydelse av att vara vägledande för prövning enligt ellagen för ny koncession eller omkoncession av kraftledningar (eldistribution). Boverket kan inte heller i byggreglerna reglera elnätets utformning, trots att sådana åtgärder i nybyggnadskedet skulle reducera risken för s.k. vagabonderande strömmar, till en relativt liten kostnad. Varken Plan- och bygglagen eller Byggnadsverkslagen innehåller någon försiktighetsprincip som miljöbalken eller skrivning som främjar minimering av den elektromagnetiska strålningen. Däremot ska alltid en lämplighetsbedömning göras i planläggning och bygglov av lokalisering av bl.a. bebyggelse utifrån de allmänna intressen som uttrycks i plan- och bygglagen och i 2 och 3 kap. miljöbalken. I 2 kap. 2 § plan- och bygglagen anges bl.a. att planläggningen ska ”främja en ändamålsenlig struktur och en estetiskt tilltalande utformning av bebyggelse, grönområden, kommunikationsleder och andra anläggningar. Även en från social synpunkt god livsmiljö, goda miljöförhållande i övrigt samt en långsiktigt god hushållning med mark och vatten...”.

Boverket har en vision ”Alla människor ska ha hög kvalitet i sitt boende”. För att detta även ska gälla dem som bor vid anläggningar för eldistribution och i lägenheter behövs en breddad syn på kvalitet. Det finns således ett stort behov att bredda kunskapen om människors upplevelser av hur eldistributionen bör vara utformad för att motsvara vad människor upplever som en god livsmiljö och vad som är ekonomiskt rimligt. Sådan kunskap skulle ge underlag för en mer framåtsyftande samhällsplanering och koncessionsprövning som behövs i långsiktig planering av och beslut om infrastrukturinvesteringar. Människors upplevelser av kraftledningar är sannolikt sammansatt av olika faktorer. Den kan ge ett viktigt bidrag till att göra bra lämplighetsbedömningar vid samhällsplanering och byggande. Boverket föreslår därför att följande områden/frågor bli föremål för forskning:

1. Vilka faktorer upplever människor som relevanta när man bedömer lämpliga avstånd mellan kraftledningar och bostäder, dagis m.m. för en god livsmiljö? Vilka avstånd (strålningsnivåer) upplever människor som rimliga mellan kraftledningar av en viss storlek intill bebyggelse?
2. Vilka strålningsnivåer inomhus från elsystemet bedömer boende, som är informerade om nivåerna, som rimliga med beaktande av de kostnader det innebär att hålla dessa nere?

Beslut i detta ärendet har tagits av chefen för Stads- och regionenheten Kerstin Hugne. I handläggningen har deltagit Hans-Olof Karlsson Hjorth och Bengt Larsén, föredragande.

Kerstin Hugne

Bengt Larsén

För kännedom: Energimyndigheten, Elsäkerhetsverket, Strålskyddsinstitutet

## Elsäkerhetsverket

2004-04-26

### Elsäkerhetsverkets synpunkter på forskning om EMF

Elsäkerhetsverket är ansvarig myndighet för frågor som rör säkerheten hos elanläggningar och elprodukter.

- Med elanläggningar avses dels elprodukter, kraftledningar, trafostationer dels elinstallationer i byggnader
- Med elprodukter avses flertalet produkter, från konsumentprodukter (t ex brödrostar och mikroångugnar) till industriutrustningar.

Vi utformar regler och utövar tillsyn inom de här två huvudområdena.

Syftet med verksamheten är att förebygga skador som kan orsakas av el t ex genom

- Elchock (direkt/indirekt beröring av spänningsförande delar, även ljusbåge)
- Elbränder
- EMF

När det gäller EMF sett utifrån vårt ansvarsområde så handlar det om att förebygga

1. Farliga inducerande strömmar
2. Ev ökad risk för cancer pga EMF från elanläggningar eller elprodukter.

Vi har hittills fokuserat på magnetfält från:

**Elanläggningar** – främst kraftledningar (Regeringsuppdrag december 2003). De här magnetfälten brukar kallas ELF Extremt Lågfrekventa Magnetfält. Vårt ställningstagande inom detta område är

1. Beträffande farliga inducerande strömmar att kunskapsläget är greppbart och kan betraktas som konventionell elsäkerhet och är ej ett högprioriterat forskningsområde.
2. När det gäller ev ökad risk av cancer så följer vi IARC's arbete och ställningstaganden men det kommer inte så mycket konkret därifrån. Man har placerat ELF i kategorin 2b, dvs ELF kan möjligen orsaka cancer.

Här är vår bedömning att det finns behov av mer forskning för att klarlägga ev samband mellan exponering och biologiska effekter, samt eventuellt få fram ett tröskelvärde – om det finns något.

### Elprodukter

1. Beträffande elprodukter som arbetar med 50 Hz och med 230–240 V så har vi inga indikatorer på några problem, men ev kunskapssammanställning och ev mätning av EMF från dessa elprodukter vore av värde som referens vid senare mätningar för att upptäcka förändringar av EMF från hushållsprodukter. Det sker ju hela tiden teknisk utveckling för att effektivisera och förbilliga produkter t ex genom användning av kapslingar som ej hindrar EMF.
2. Beträffande elprodukter som arbetar med högre frekvenser, t ex basstationer för mobiltelefoner så behövs mer grundforskning för att klarlägga om det finns några samband eller ej mellan exponering och biologiska effekter.

### Sammanfattning

En allmän synpunkt är att ansvaret för EMF-forskningen bör samordnas inom Sverige och ha två syften. Det ena syftet bör vara att man följer internationell forskning inom hela EMF-området och det andra att kraftsamla inom ELF och högre frekvenser (spec. mobiltel) där egen forskning bör bedrivas.

## ***MobilTeleBranschen (MTB)***

Stockholm 4 maj 2004

Vetenskapsrådet

Att: Therese Ahlqvist

Regeringsgatan 56

103 78 Stockholm

### **MTBs ställningstagande inom området hälsoeffekter av elektromagnetiska fält från mobiltelefoner och basstationer för mobiltelefoni**

MTB – MobilTeleBranschen är en branschorganisation för leverantörer och distributörer av mobiltelefoner på den svenska marknaden. Inom MTB gör vi inte någon egen bedömning av kunskapsläget och/eller behovet av forskning inom området hälsoeffekter av elektromagnetiska fält. Vi baserar våra ställningstaganden på de sammanställningar av kunskapsläget och de analyser och bedömningar som görs av WHO:s och EU:s expertgrupper samt av de svenska expertmyndigheterna inom området, i första hand SSI internationella expertgrupps rapport ”Recent Research on Mobile Telephony and Cancer and Other Selected Biological Effects” samt en rapport från Forskningsrådet för Arbetsliv och Socialvetenskap (FAS) ”Forskning om elöverkänslighet och andra effekter av elektromagnetiska fält”, båda från december 2003. De analyser och bedömningar som görs i dessa rapporter har god överensstämmelse med motsvarande analyser och bedömningar som gjorts av andra expertgrupper i en rad olika länder. MTB följer även den nationella och internationella debatten om kunskaps- och forskningsläget inom området hälsoeffekter av elektromagnetiska fält.

### **MTBs synpunkter angående behovet av ett Svenskt forskningsprogram inom EMF området**

Forskning om radiovägors möjliga hälsoeffekter har bedrivits i mer än 50 år. Den omfattande kunskap som genom detta har erhållits ligger till grund för de gränsvärden som internationella expertgrupper tagit fram och som tillämpas i Sverige. WHO har ändå rekommenderat viss ytterligare forskning för att kunna göra ännu bättre hälsoriskbedömningar. Det pågår ett stort antal studier om mobiltelefoni och hälsa runt om i världen – mer än 100 projekt enligt den databas som WHO tillhandahåller. Dessutom har mer än 200 mobiltelefonirelaterade studier slutförts de senaste åren. WHO-databasen påvisar klart att det inte finns vetenskapliga bevis för att mobiltelefoner eller basstationer förorsakar skadliga hälsoeffekter. Vi anser att redan publicerad forskning tillsammans med pågående och planerade studier till största delen täcker in det forskningsbehov som WHO specificerat i sin agenda för EMF-forskning, vilken uppdaterades under 2003. Baserat på denna utökade kunskapsbas planerar WHO att göra en ny riskbedömning under 2006.

Mobiltelefonibranschen är med och finansierar ett stort antal studier tillsammans med nationella och internationella hälsomyndigheter, bl a inom EU:s femte ramprogram och inom ett forskningsprogram initierat av regeringen i Storbritannien. WHO:s forskningsagenda ligger som grund för dessa program, i vilka svenska forskare från Karolinska Institutet deltar och har fått finansiering från. Mobiltelefonitillverkarna stödjer via Mobile Manufacturers Forum också ett svenskt forskningsprojekt som kommer att genomföras på Karolinska Institutet i samarbete med Uppsala Universitet. Syftet med detta är att studera om radiosignaler från mobiltelefoner har något samband med symptom såsom huvudvärk, trötthet, blodtrycksförändringar och sömnstörningar. Projektet, som är under uppstart och hittills bara garanterats finansiering från MMF, skulle vara en lämplig kandidat för svenska myndigheter att finansiera, eftersom det adresserar frågor som tas upp av Statens Strålskyddsinstitut (SSI).

Vi ser att det finns ett behov av ökad statlig finansiering av forskning inom EMF-området. Det är av intresse för svenska myndigheter och svensk industri att det finns fortsatt hög akademisk kompetens inom EMF-området i Sverige, varför en viss ökning av forskningsmedlen är befogad. Om ett initiativ till ökad forskningsfinansiering tas i Sverige, är det viktigt att inriktningen bestäms i samråd med WHO:s internationella EMF-projekt, för att säkerställa att den svenska forskningen kompletterar den redan pågående på bästa sätt och att man därmed undviker att insatser som redan pågår runt om i världen dupliceras. Det är naturligtvis också av stor vikt att tillse att hög vetenskaplig kvalitet på sedvanligt sätt säkerställs.

Med vänliga hälsningar

MTB – MobilTeleBranschen

Mats Holme

## *Ericsson*

2004-05-05

Vetenskapsrådet

Att: Therese Ahlqvist

### **Forskning inom området hälsoeffekter av elektromagnetiska fält**

Jag vill tacka för möjligheten att delta och framföra Ericssons synpunkter vid samrådsmötet om elektromagnetiska fält (EMF) på Vetenskapsrådet den 28 april. Nedan följer en kort sammanfattning av synpunkterna. Ytterligare information finns på Ericssons hemsida (se [www.ericsson.com/about/health](http://www.ericsson.com/about/health)).

Ericsson har tillverkat radiokommunikationsutrustning sedan 1920-talet. Idag är Ericsson en ledande leverantör av mobiltelefonisystem och mobiltelefoner (genom Sony Ericsson). Även om produkter och tjänster har utvecklats enormt genom åren så är grundprincipen densamma som för 80 år sedan, dvs elektromagnetiska fält i form av radiosignaler används för att trådlöst överföra information.

Forskning om eventuella hälsoeffekter av EMF har bedrivits i mer än 60 år och flera tusen vetenskapliga artiklar har publicerats (se WHO, [www.who.int/peh-emf](http://www.who.int/peh-emf)). Den stora kunskap som erhållits genom denna forskning ligger till grund för de gränsvärden som den oberoende organisationen ICNIRP (se [www.icnirp.de](http://www.icnirp.de)) har tagit fram. Dessa tillämpas bl a i produktstandarder inom EU, och i Sverige genom SSI:s allmänna råd. EMF-exponeringen från mobiltelefoner och radiobasstationer ligger under dessa gränsvärden.

Under de senaste åren har ett flertal hälsomyndigheter och expertgrupper sammanställt och analyserat den tillgängliga forskningen om mobiltelefoni och hälsa. Dessa har samstämmt kommit fram till att det inte finns några vetenskapliga belägg för att EMF-exponeringen från mobiltelefoner och radiobasstationer leder till skadliga hälsoeffekter. Man har dock rekommenderat viss ytterligare forskning inom några områden där kunskapsluckor identifierats, och WHO har publicerat en agenda med forskningsrekommendationer. Som ett resultat av detta pågår ett stort antal studier om mobiltelefoni och hälsa runt om i världen, mer än 100 projekt enligt den databas som WHO tillhandahåller. Den pågående forskningen uppskattas kosta ca 100 miljoner Euro. Dessutom har mer än 200 mobiltelefonirelaterade studier slutförts de senaste åren och ett flertal är under uppstart inom olika forskningsprogram. Baserat på den utökade kunskapsbasen planerar WHO att göra en ny riskbedömning under 2006–2007.

Ericsson är med och finansierar mer än 50 studier, i första hand genom tillverkarorganisationen Mobile Manufacturers Forum (MMF, se [www.mmfa.org](http://www.mmfa.org)). WHO:s agenda ligger till grund för prioriteringen av forskningen, och finansieringen sker tillsammans med nationella och internationella hälsomyndigheter, bl a inom EU:s femte ramprogram. Studierna utförs av framstående, och från finansörerna oberoende, forskargrupper i Europa, Asien och USA. Svenska forskare från Karolinska Institutet deltar i en av de epidemiologiska studierna.

Ericsson anser att redan publicerad forskning tillsammans med pågående och planerade studier till största delen täcker in det forskningsbehov som WHO specificerat i sin agenda. Det finns dock fortfarande några rekommenderade studier som ännu inte påbörjats, bl a en prospektiv epidemiologisk kohort-studie related till mobiltelefonanvändning. Ericsson och MMF är positiva till att stödja en sådan studie. Det finns i Sverige (Karolinska Institutet) lämplig kompetens att genomföra studien, vilket borde vara möjligt om statlig finansiering kan erhållas. Detta, och naturligtvis också intresset för svenska myndigheter och svensk industri att det finns fortsatt hög akademisk kompetens inom EMF-området i Sverige, gör att Ericsson anser att en viss ökning av EMF-forskningsmedlen är befogad. Om ett initiativ till ökad forskningsfinansiering tas i Sverige, är det viktigt att inriktningen bestäms i samråd med WHO:s internationella EMF-projekt, för att säkerställa att den svenska forskningen kompletterar den redan pågående på bästa sätt och att man därmed undviker att insatser som redan pågår runt om i världen dupliceras. Det är naturligtvis också av stor vikt att tillse att hög vetenskaplig kvalitet på sedvanligt sätt säkerställs. MMF stödjer ett svenskt forskningsprojekt som påbörjats på Karolinska Institutet i samarbete med Uppsala Universitet, med syfte att studera om radiosignaler från mobiltelefoner har något samband med symtom såsom huvudvärk, trötthet, blodtrycksförändringar och sömnstörningar. Projektet, som är under uppstart och hittills bara garanterats finansiering från MMF, skulle också vara en lämplig kandidat för svenska myndigheter att delfinansiera, eftersom det adresserar rekommendationer på WHO:s forskningsagenda.

Med vänliga hälsningar,

Christer Törnevik

Director, EMF Health and Safety, Ericsson

## ***MTB och Ericsson***

2004-09-15

Vetenskapsrådet

Att: Maria Odengrund

Vi vill tacka för möjligheten att delta och framföra synpunkter vid samrådsmötet om elektromagnetiska fält (EMF) på Vetenskapsrådet den 10 september. Vi välkomnar en noggrann genomlysning av dessa frågor ur ett svenskt perspektiv och är övertygade om att detta genomförs med hög vetenskaplig kvalitet. Nedan följer synpunkter på den information som delgavs oss på mötet.

I Er presentation angavs att stora kunskapsluckor finns när det gäller icke-termiska effekter. Vi anser inte att denna ståndpunkt har stöd i de många kunskapsöversikter som publicerats på senare år. Förvisso är det så att mekanismer för termiska effekter är väl kända och att gränsvärden därigenom har fastställts med väldefinierade säkerhetsfaktorer. Det finns dock också en stor mängd studier som undersökt om radiovågor vid icke-termiska nivåer kan orsaka några negativa hälsoeffekter. All denna kunskap vägs in i de slutsatser som WHO, ICNIRP och en lång rad expertgrup-

per utfärdat om avsaknad av negativa hälsoeffekter vid exponering för radiofrekventa fält under gällande gränsvärden.

Vi anser i motsats till vad som framfördes av Er att det även i Sverige finns en del forskning om befolkningens exponeringsnivåer för radiofrekventa fält. Beträffande dosimetriforskning i Sverige skulle vi vilja påpeka att även Ericsson sedan ett antal år bedriver forskning inom detta område. När det gäller förslaget om en epidemiologisk kohortstudie finansierar industrin redan en pilotstudie inom det brittiska forskningsprogrammet "MTHR". Syftet med denna är att undersöka förutsättningarna för att realisera en kohortstudie med mobiltelefonanvändare. Även i Tyskland har nyligen en motsvarande pilotstudie startats. Där har staten indikerat att om pilotstudien faller väl ut avser staten att ta ett långsiktigt finansieringsansvar och endast begära ett initialt delstöd från industrin. Mobiltelefonindustrin kommer förmodligen inte att ta ställning till eventuell delfinansiering av en kohortstudie förrän pågående pilotstudier avslutats och resultaten av dessa är tillgängliga och har utvärderats.

Med anledning av en fråga på mötet angående behov av EMF-forskning relaterad till 3G är detta inget som specifikt lyfts fram i den WHO-forskningsagenda som reviderades så sent som sommaren 2003. Det finns en omfattande mängd EMF-studier som även är relevanta för de frekvensintervall som utnyttjas av 3G och dessa studier inkluderar ett antal olika teknologier med högst varierande signalkaraktistik. I nya EMF-studier som ändå startas kan det dock vara naturligt att använda aktuella radioapplikationer och då är ju 3G en möjlig kandidat. Några referenser bifogas som belyser tillämplighet av befintlig EMF-forskning på olika frekvenser och modulationstyper.

Med vänlig hälsning

Mats Holme

VD, MobilTeleBranschen (MTB)

Christer Törnevik

Director, EMF Health and Safety, Ericsson AB

#### **Bilaga 1 Referenser**

Biological Effects of Modulated Radiofrequency Fields (2003) ISBN 0-929600-80-0

National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP), USA.

Pressrelease angående ovanstående rapport: [http://www.ncrp.com/18Comm\\_press.html](http://www.ncrp.com/18Comm_press.html)

Foster K, Repacholi M, Biological effects of RF fields: does modulation matter, Radiation Research 162:219-225, 2004.

Adair R K, Biophysical limits on athermal effects of RF and microwave radiation.

Bioelectromagnetics 2003 Jan;24(1):39-48.

Morrissey J, Review of RF research and relevance to emerging technologies, presentation at COST281 workshop "Potential bioeffects of new technologies, in particular in the UHF range (300 MHz – 3 GHz)", Thessaloniki March 2004.



## **Elöverkänsligas Riksförbund**

7 maj 2004

Vetenskapsrådet

att. Therese Ahlqvist

Regeringsgatan 56

103 78 Stockholm

### **Till expertgruppen för analys av nationell och internationell forskning inom området hälsoeffekter av elektromagnetiska fält (EMF)**

Med anledning av vår medverkan i samrådsmötet den 29 april i år ger vi här några synpunkter per brev.

#### **Det är angeläget**

att forskning kring elöverkänslighet kommer till stånd snarast. Elöverkänsliga lever i en extremt utsatt social situation med svårt fysiskt lidande. Vid funktionshinder krävs inte bevis på orsaks-samband för att samhälleligt stöd skall ges till drabbad. Ändock knacker elöverkänsliga oftast förgäves på myndigheternas dörr med följd att rättmätiga stödåtgärder uteblir. Antalet elöverkänsliga uppskattades till 3,1 % av befolkningen 1999 enligt statlig miljöhälsorapport 2001.

**Handikappsombudsmannen** finner det "...av yttersta vikt att ny forskning initieras kring EMF och dess inverkan på människors hälsa..." (28/5-03, dnr137/2003).

**Statsministern** avslutar ett brev till en av våra medlemmar med orden: "Vi står idag långt ifrån ett rimligt sätt att hantera problemet med elöverkänslighet. Förutom osäkerheten kring forskningen kan det bero på en okunskap om hur man ska bemöta människor med dessa problem (16/2-04, dnr SB004/775).

**Vid Miljö- och jordbruksutskottets offentliga utfrågning** den 12/2 angående strålning från mobil kommunikation angav flera forskare vikten av ett nationellt forskningsprogram i dessa frågor.

#### **Det är angeläget**

att forskningen utnyttjar den samlade kunskap och erfarenheter som finns hos vårt förbund, hos erfarna tekniker, läkare och forskare och att den sker med en öppen och faktabaserad syn på elöverkänslighet. "Vetenskapsrådet efterlyser patientnära forskning" (uppsnappat från radioprogram) står just för det som vi själva efterlyser. Våra experter hävdar att provokationsstudier ofta varit uppbyggda på tvivelaktigt sätt, tekniskt men även mänskligt med olika slags sidoeffekter. Få resultat har framkommit den vägen.

#### **Det är angeläget**

att forskningen tar reda på mekanismerna bekom elöverkänslighet. Vi vill veta vad som händer, när vi blir exponerade för EMF, i kroppen och i hjärnan. Bland annat vill vi ha svar på:

- Vad händer i vävnaderna, i huden, i mastcellerna?
- Vad händer i kroppsvätskorna?
- Vad händer i blodet?
- Vad händer i hypofysen, i tallkörteln?
- Är vår blod- hjärnbarriär skadad och i så fall varför?

En studie från Arbetslivsinstitutet 1998 antyder att vårt autonoma nervsystem är i obalans. Vi skulle ha för stark gas (det sympatiska systemet) och för stark broms (det parasympatiska). Detta indikerar bara en eventuell skada – inget säger att vi skulle vara funtade så från början. Här är det alltså viktigt att vetenskapen inte slår sig till ro.

Allehanda spår är intressanta, såsom amalgam-, tungmetall- och kemikaliespåret. För det sist-

nämnda refererar vi till boken Mörkläggnings av Gunni Nordström. Beteendevetenskapligt har man inte nått några resultat trots huvudsaklig fokus på sådana frågor. Prof. Bengt Arnetz, Uppsala, påvisar att elöverkänsliga inte skiljer sig i psykisk stabilitet från den övriga befolkningen, och Socialstyrelsen finner i utredning 1997 att kognitiv terapi inte visat sig ha någon speciell effekt i försök med rehabilitering.

#### **Därför är det angeläget**

**att** försöken med avbetingning av vårt handikapp i rehabiliterande syfte upphör. Dessutom förekommer det fortfarande att elöverkänsliga tvingas arbetspröva i miljö med lysrör, lågenergilampor, datorer, mobil/DECT-telefoner, etc. Det ser vi som rena övergrepp.

**att** allvarliga ansträngningar från forskningsansvariga inom området hälsoeffekter av EMF kommer stånd för att elöverkänsliga ska kunna leva ett dragligt liv innanför samhällets murar.

Vi hoppas på en betydande insats från Vetenskapsrådet och på fortsatt samråd.

Med vänlig hälsning

Höör som ovan

Elöverkänsligas Riksförbund

Lena Ekström

ordförande

**Bilaga** Mörkläggnings av Gunni Nordström ISBN/91-89080-41-6.

**Referens** Svart på vitt av Granlund Lind/Lind: Forskning, s 164-196, samt övrigt redan överlämnat referensmaterial.

cc Socialstyrelsen, HO, HSO

## **Vågbrytaren**

Hölo 2004-05-03

Att. Terese Alqvist

Vetenskapsrådet

Regeringsg 56

103 78 STOCKHOLM

Vågbrytaren

Nybble by 12

153 91 JÄRNA

### **Vågbrytarens inlägga till vetenskapsrådets pågående utredning**

Svensk miljölagstiftning stipulerar att det *inte* krävs "vetenskapliga bevis" på skador för att vidta åtgärder mot en verksamhet. Det räcker att det föreligger risk för skada eller olägenhet. Dessa åtgärder kan sträckas sig så långt som till att hindra eller stoppa en verksamhet. Detta är en kraftfull lagstiftning avsedd att *förebygga* negativa miljö- och hälsoeffekter.

En opartisk utvärdering av existerande forskning, sammanvägd med den faktiska situationen att folkhälsan kraftigt har försämrats i takt med en drastisk ökning av både lågfrekventa elektromagnetiska fält och högfrekvent strålning, räcker för att identifiera de risker som medför att försiktighetsprincipen måste tillämpas.

Vi vet redan tillräckligt för att omedelbara åtgärder ska vidtagas! Dessa åtgärder måste inriktas på att effektivt förhindra att vi fortsätter att försämma situationen och bygga fast oss i system som är direkt hälso- och miljöfarliga.

Forskare och ansvariga för forskningsanslag har ett stort ansvar eftersom det kan ge tyngd och kraft åt de många lagar och konventioner som skapats för att skydda människor och miljö. Det är essentiellt att dessa forskare inte låter sig påverkas av argument som dikteras av ekonomiska

intressen. De måste objektivt skapa sig en bild av den existerande forskningen och de många faktiska empiriska erfarenheter som redan finns om negativa hälsoeffekter av elektromagnetiska fält. Forskarna måste också ta sitt ansvar för att bidra till att de som redan skadats av EMF erbjuds adekvata livsbetingelser och vård. Detta måste göras nu, innan situationen går alldeles överstyr.

Det finns ingen anledning att slösa mer forskningspengar på att försöka utröna om elektromagnetiska fält påverkar hälsan. Några fler litteraturstudier eller sammanställningar leder ej framåt. Den stora mängden redan gjorda studier i kombination med empiriska indikationer ger oss tillräckligt med kunskap för att vi skall inse att vi har ett akut problem som måste angripas omedelbart.

Fortsatt forskning bör istället inriktas på att försöka förstå mekanismerna bakom den icke-joniserande strålningens inverkan på hälsan. Uppnås en sådan förståelse kommer besluten att kunna grundas på fakta och beräknade risker och därmed få en helt annan tyngd och genomslag i beslutsprocesserna.

För detta krävs grundforskning. För att få kontinuitet bör institutioner inrättas, med professorer och doktorander, med ansvar för undervisning i grundutbildningarna och framförallt en långsiktigt löpande full statlig finansiering. Såväl teknisk/fysikalisk som biologisk/medicinsk kompetens skall ingå i grupperna. Minst två sådana grupper behövs i Sverige, med vardera minst fem doktorandtjänster.

Ett ingående studium av den forskning som hittills utförts, bland annat i Sverige, ger många möjliga infallsvägar till en framtida förståelse av mekanismerna bakom elöverkänslighet, sambanden och EMF och allergi/överkänslighet, cancer, hjärndegenerativa sjukdomar, stress m.m. Det är viktigt att inte enbart fokusera på elöverkänslighet utan se på hela *folkhälsoperspektivet*, där elöverkänslighet kan ses som en varningssignal att dagens (el)miljö kan komma påverka oss alla negativt på sikt.

I dagens samhälle krävs en stor medvetenhet, bland forskare och andra ansvariga, om de starkt manipulativa ekonomiska intressenternas intensiva lobbyverksamhet, på alla nivåer och inom alla områden. I samband med tobaksindustrin och läkemedelsindustrin så har vi sett flagranta exempel på detta. Givetvis pågår denna verksamhet mycket intensivt även inom telekomindustrins intressesfär. Skall vi behålla en forskning värd namnet måste forskning, utvärdering och publicering hållas fria från alla former av dylik påverkan.

För Vågbrytaren

Bo Fredberg, Hölö, 2004-05-03

## TCO

2004-04-29

Vetenskapsrådets expertgrupp

att Margareta Larsson

### TCOs SYNPNKTER PÅ BEHOVET AV FORSKNING OM HÄLSOEFFEKTER AV ELEKTROMAGNETISKA FÄLT

#### Viktig arbetsmiljöfråga

Förekomst av elektromagnetiska fält i arbetsmiljön och deras påverkan på hälsa och välbefinnande är en viktig fråga som drivits hårt av TCO och TCOs medlemsförbund.

På 80-talet engagerade sig TCO intensivt i frågan om elektromagnetiska fält från bildskärmar. Detta arbete som fick ett brett stöd och engagerade många fackligt aktiva, resulterade i att kunskap om bildskärmars emissionsegenskaper byggdes upp. Detta arbete vidareutvecklades till TCO-märkningen av bildskärmar som startade 1992.

Märkningen som har daterats upp flera gånger och vidgats till annan IT-utrustning är idag en heltäckande kvalitets- och miljömärkning som även omfattar ergonomi, bildkvalitet, energiförbrukning och miljöegenskaper. TCO-märkningen har fått stort genomslag internationellt och medfört att bildskärmarnas kvalitets- och miljöegenskaper höjts påtagligt. TCO-märkningen sköts idag av TCO Development som är ett helägt dotterbolag till TCO.

En annan viktig frågeställning som började uppmärksammas under 1980-talet och som började uppmärksammas under 1980-talet och som engagerade TCO och TCO-förbunden var elöverkänslighet. I många fall har det varit möjligt att åtgärda arbetsplatser och sänka exponeringen för fälten. Men många av medlemmarna i TCO-förbunden har fortfarande problem och i svåra fall kan det innebära nedsatt eller avsaknad arbetsförmåga med de problem detta innebär för individen.

#### Mobiltelefoner i fokus

I slutet av 90-talet uppmärksammade vi trådlös kommunikation och särskilt mobiltelefoni. Detta mot bakgrund av den snabba ökningen i arbetslivet och osäkerheten kring långsiktiga risker och oron hos användarna. I samarbete med användare, forskare och experter på antennmätteknik har vi tagit fram en märkning för mobiltelefoner, TCO'01 Mobile Phones.

Idag ser vi en snabb ökning av olika typer av trådlös kommunikation med frekvenser i mikrovågsområdet, WLAN, UMTS, DECT mm. Denna utveckling innebär att den fasta telefonin i snabb takt avvecklas och ersätts med trådlös kommunikation. Det innebär också att exponeringen för elektromagnetiska fält ökar påtagligt på våra arbetsplatser.

#### Utveckling och säkerhet hand i hand

För TCO är utvecklingen av IT och trådlös kommunikation viktig. Många av medlemmarna i TCO-förbunden är sysselsatta i denna sektor som är mycket betydelsefull för Sverige. Det mobila arbetslivet ger också nya möjligheter i arbetslivet. Men utvecklingen av det mobila arbetslivet måste förenas med ett säkerhetstänkande och omsorg om användarna och grundas på en försiktighetsstrategi. Detta mot bakgrund av kunskapsläget om de långsiktiga riskerna.

#### Stor enighet om behov av mer forskning

Det finns en bred samstämmighet om att det finns behov av mer forskning. Det har manifesterats på många sätt. I den hearing som Jordbruks- och Miljöutskottet ordnade 12 februari 2004 var det en enhällig slutsats från deltagande experter att det behövs mer forskning för att följa upp viktiga frågeställningar.

Samma slutsats dras i rapporten 2003 från SSI:s Expertgrupp (SSI:s Independent Group on Electromagnetic Fields). Även den projektgrupp med Anders Ahlbom som ordf. som tillsatts med anledning av ett regeringsuppdrag till FAS har presenterat en rapport under 2003 ”Forskning om elöverkänslighet och andra effekter av elektromagnetiska fält”.

TCO instämmer i de slutsatser som dragits i dessa rapporter att trots avsaknaden av klara hälsovådliga effekter finns det fortfarande många viktiga obesvarade frågor. Det rör sig bl a om samband mellan mobiltelefoni och cancer, påverkan på blod-hjärnbarriären och förekomsten av heat shock proteiner. Det finns dessutom mycket få epidemiologiska studier på symptom i relation till mobiltelefonanvändning.

### **Bred inriktning nödvändig**

Det är nödvändigt att i ett forskningsprogram omfatta såväl fält genererade vid produktion och användning av elektricitet till de höga frekvenser som används t ex för mobiltelefoni. 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 som cancer, hjärtkärlsjukdom, neurodegenerativa sjukdomar, graviditetspåverkan och symptom som huvudvärk, trötthet etc. Det är viktigt att forskningsprogrammet inte begränsas till några få hälsoeffekter 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 symptom.

### **Tvåvetenskaplig ansats krävs**

Många olika forskningsdiscipliner är viktiga för 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.

Epidemiologiska studier, och vissa andra humanstudier, undersöker direkt hälsorisk hos människor och har därför störst betydelse för hälsoriskbedömningar tillsammans med kunskap om exponeringsförekomst och exponeringsbestämningar.

Vårt att understryka är att förståelsen för hur olika fält kan påverka olika kroppsorgan och -funktioner är dåligt känd och grundläggande forskning som rör dessa mekanismer behövs. Vi behöver också en bättre kunskap om olika typer av elöverkänslighet.

Den medicinska forskningen behöver kompletteras med mer tekniskt inriktad forskning för att bestämma exponeringar vid användningar i typiska miljöer. Mycket kunskap om t ex exponering vid användning av GSM-telefoner är begränsad till tillverkare och operatörer och inte allmänt tillgänglig. Detta är viktigt för att få underlag för fortsatta epidemiologiska studier.

Det är också nödvändigt att ta fram mätmetoder för att karakterisera emissioner från utrustning t ex mobiltelefoner för att kunna driva på utvecklingen mot utrustning som minimerar användarnas exponering. Detta angreppssätt utifrån en försiktighetsstrategi är väl motiverat utifrån vår begränsade kunskap om hälsoriskerna, det extremt stora antalet människor som är exponerade och den tid det tar att få fram säkrare kunskap.

TCO har trots mycket begränsade resurser i samarbete med antennforskare tagit fram en metod för att mäta mobiltelefoners emissioner (GSM) men detta arbete behöver fortsättas och fördjupas.

Kunskaper om olika metoder för att minska exponeringen som användning av olika typer av headset är dåliga och föremål för många spekulationer. Det föreligger anmärkningsvärt få publicerade studier på detta området vilket innebär att fältet är öppet för oseriösa aktörer som saluför olika typer av ”skyddsutrustning”.

### **Sverige behöver ett nationellt forskningsprogram**

Många länder gör stora nationella satsningar på forskning inom området, bl a Storbritannien, Tyskland, Danmark, Finland, Frankrike, Schweiz, och Italien. Det är viktigt att Sverige också satsar på ett nationellt forskningsprogram.

Sverige tillhör de framträdande nationerna inom IT och annan teknisk utveckling och en satsning på forskning om hälsorisker därför är väl motiverad. Svenska forskare har också tidigare lämnat värdefulla bidrag till forskningen på området. Det är en självklarhet att aktiva svenska forskare är en förutsättning för att Sverige ska få direkt tillgång till internationella resultat och bedömningar. Svenska forskare är också en förutsättning för att internationella forskningsresultat kan föras ut till en bredare krets och att rönen kan få praktisk nytta i arbetslivet. Man bör i satsningen på ett nationellt forskningsprogram överväga att bygga upp kompetenscentrum med tvärvetenskaplig inriktning så att man uppnår en för forskningen kritisk massa. En sådan satsning måste vara långsiktig. Värt att understryka att en viktig förutsättning för TCOs framgångsrika arbete har varit den forskningskompetens som funnits i Sverige, det nära samarbetet med forskare inom arbetsmiljöområdet och Sveriges goda renommé på området. Det är därför vårt starka önskemål att ett brett anlagt nationellt forskningsprogram väl förankrat hos viktiga samhällsaktörer snarast kommer till stånd.

Sture Nordh  
Ordförande TCO

Jan Rudling, Fil Dr  
VD TCO Development

### **TCO**

2004-09-14

Vetenskapsrådets expertgrupp för EMF-frågor  
att Margareta Larsson

#### **Kompletterande synpunkter efter möte 10 september 2004**

Tack för en bra presentation och en intressant diskussion. Med de förutsättningar som finns för ert uppdrag förstår vi den preliminära slutsatsen; att forskning på EMF-området ska bedömas i konkurrens med forskningsanslag på andra områden.

Men vi delar inte helt denna uppfattning. TCO har tidigare skriftligt framfört skäl varför det är viktigt att etablera ett nationellt forskningsprogram. På områden där det finns stora behov och där en systematisk kunskapsuppbyggnad är motiverad finns det starka skäl för satsningar t ex av det slag som görs inom Stiftelsen för Strategisk forskning för att säkerställa mer långsiktig finansiering. Givetvis måste en sådan satsning uppfylla högt ställda kvalitetskrav. Ingen är betjänt av dålig forskning.

EMF-området är ett relativt nytt forskningsområde och dessutom kontroversiellt och behöver därför ett etableringsstöd. Det är bra att expertgruppen identifierar områden som har god forskningspotential men vi tvivlar på att det är tillräckligt för att få kompetenta forskare att överväga att ge sig in på detta område.

Det är också viktigt att notera att ni i expertgruppen har gjort bedömningen att när det gäller ”kunskap om befolkningens exponering” så saknas kunskap/forskningen är svag. Detta område är fundamentalt för all epidemiologisk forskning. Området inrymmer också ett stort behov av att utveckla mätteknik och undersökningsmetodologi.

Kopplat till detta behov är också EU: s direktiv för yrkesmässig exponering för EMF som kommer att få ett stort framtida behov av utbildning av personer för mätningar och riskbedömning av

EMF- exponeringen samt inöverksamhet om detta. Nuvarande forskare inom området är nästan alla 55+ och har därför inte så många aktiva år kvar.

De myndigheter som har att handlägga frågor kring EMF har ett stort behov av att få hjälp av forskare med kunskapsöversikter och att följa utvecklingen. Detta myndighetsstöd kommer att snart helt försvinna om inget görs. Bland de myndigheter som berörs kan nämnas: Arbetsmiljöverket, Boverket, Elsäkerhetsverket, Energimyndigheten, PTS, SSI, Socialstyrelsen.

Även om ni i expertgruppen gör bedömningen att den mer tekniskt inriktade forskningen är av mer tillämpat slag och inte ligger inom ramen för ert uppdrag så vill vi betona att det är viktigt att ni i er rapport tydligt redovisar detta. Det underlättar för vårt fortsatta arbete som måste inriktas på att hitta andra sätt att säkerställa att det kommer att finnas vetenskaplig kompetens i Sverige på detta viktiga område. De iakttagelser ni gjort om behovet av en tydligare ansvarsfördelning mellan de aktörer som är involverade på EMF-området är också viktiga att få fram i er rapport

Med vänlig hälsning

Jan Rudling, Fil Dr

VD TCO Development

## **Bilaga 2** **Granskad forskning**

### **Forskning som granskats internationellt**

#### **Anders Ahlbom & Maria Feychting m fl**

Institutet för miljömedicin, Karolinska institutet

##### *Granskade arbeten:*

Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, Linet M, McBride M, Michaelis J, Olsen J H, Tynes T, Verkasalo PK, "A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia", *British Journal of Cancer*, Vol 83, Nr 5, 2000.

Ahlbom A, Cardis E, Green A, Linet M, Savitz D, Swerdlow A, "Review of the epidemiological literature on EMF and health", *Environmental Health Perspectives*, Vol 109, Suppl 6, 2001.

Feychting M, Jonsson F, Pedersen N L, Ahlbom A, "Occupational magnetic field exposure and neurodegenerative disease", *Epidemiology*, Vol 14, Nr 4, 2003.

Lönn S, Klæboe L, Hall P, Mathiesen T, Auvinen A, Christensen H C, Johansen C, Salminen T, Tynes T, Feychting M, "Incidence trends of adult primary intracerebral tumors in four Nordic countries", *International Journal of Cancer*, Vol 108, 2004.

Ahlbom A, Feychting M, Gustavsson A, Hallqvist J, Johansen C, Kheifets L, Olsen J H, "Occupational magnetic field exposure and myocardial infarction incidence in the SHEEP study", *Epidemiology*, accepted for publication.

Forssén U M, Rutqvist L E, Ahlbom A, Feychting M, "Occupational magnetic fields and female breast cancer; a case-control study using Swedish population registers and new exposure data", submitted for publication.

#### **Bengt Arnetz m fl**

Institutionen för folkhälso- och vårdvetenskap, Uppsala universitet

##### *Granskade arbeten:*

Lonne-Rahm S, Andersson B, Melin L, Schultzberg M, Arnetz B, Berg M, "Provocation with stress and electricity of patients with 'sensitivity to electricity'", *Journal of Occupational Environmental Medicine*, Vol 42, Nr 5, 2000.

Wiholm C, Arnetz B, Berg M, "The impact of stress management on computer-related skin problems", *Stress Medicine*, Vol 16, 2000.



Hillert L, Kolmodin-Hedman B, Eneroth P, Arnetz B B, "The effect of supplementary antioxidant therapy in patients who report hypersensitivity to electricity: a randomized controlled trial", *Medscape General Medicine*, 2001. <http://www.medscape.com/viewarticle/408116>

Georgellis A, Lindelöf B, Lundin A, Arnetz B, Hillert L, "Multiple chemical sensitivity in male painters; a controlled provocation study", *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, in press, 2003.

### **Igor Belyaev m fl**

Institutionen för genetik, mikrobiologi och toxikologi, Stockholms universitet

#### *Granskade arbeten:*

Belyaev I Y, Alipov E D, "Frequency-dependent effects of ELF magnetic field on chromatin conformation in Escherichia coli cells and human lymphocytes", *Biochimica et Biophysica Acta* Vol 1526, 2001.

Binh V N, Alipov Ye D, Belyaev I Ya, "Effect of static magnetic field on E.coli cells and individual rotations of ion-protein complexes", *Bioelectromagnetics*, Vol 22, 2001.

Olsson G, Belyaev I Y, Helleday T, Harms-Ringdahl M, "ELF magnetic field affects proliferation of SPD8/V79 Chinese hamster cells but does not interact with intrachromosomal recombination", *Mutation Research*, Vol 493, 2001.

Shcheglov V S, Alipov E D, Belyaev I Ya, "Cell-to-cell communication in response of E.coli cells at different phases of growth to low-intensity microwaves", *Biochimica et Biophysica Acta*, Vol 1527, 2002.

Sarimov R, Malmgren L, Markova E, Persson B, Belyaev I Y, "Non-thermal GSM microwaves affect chromatin conformation in human lymphocytes similar to heat shock", *IEEE Transactions in Plasma Science*, accepted, 2004.

### **Birgitta Floderus m fl**

Arbetslivsinstitutet, Stockholm

#### *Granskade arbeten:*

Pollàn M, Gustavsson P, Floderus B, "Breast cancer, occupation, and exposure to electromagnetic fields among Swedish men", *American Journal of Industrial Medicine*, Vol 39, Nr 3, 2001.

Floderus B, Stenlund C, Carlgren F, "Occupational exposures to high frequency electromagnetic fields in the intermediate range (>300 Hz-10 MHz)", *Bioelectromagnetics*, Vol 23, Nr 8, 2002.

Håkansson N, Floderus B, Gustavsson P, Johansen C, Olsen J H, "Cancer incidence and magnetic field exposure in industries using resistance welding in Sweden", *Occupational Environmental Medicine*, Vol 59, Nr 7, 2002.

Håkansson N, Gustavsson P, Johansen C, Floderus B, "Neurodegenerative diseases in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields", *Epidemiology*, Vol 14, Nr 4, 2003.

Håkansson N, Gustavsson P, Sastre A, Floderus B, "Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and mortality from cardiovascular disease", *American Journal of Epidemiology*, Vol 158, Nr 6, 2003.

### **Lennart Hardell m fl**

Onkologiska kliniken, Örebro universitetssjukhus och Institutionen för naturvetenskap, Örebro universitet

#### *Granskade arbeten:*

Hardell L, Hansson Mild K, Pålsson A, Hallquist A, "Ionizing radiation, cellular phones and the risk for brain tumors", *European Journal of Cancer Prevention*, Vol 10, 2001.

Hardell L, Hallquist A, Hansson Mild K, Carlberg M, Pålsson A, Lilja A, "Cellular and cordless telephones and the risk for brain tumors", *European Journal of Cancer Prevention*, Vol 11, 2002.

Hardell L, Hansson Mild K, Carlberg M, "Further aspects on cellular and cordless telephones and brain tumors", *International Journal of Oncology*, Vol 22, 2003.

Hardell L, Hansson Mild K, Sandström M, Carlberg M, Hallquist A, Pålsson A, "Vestibular schwannoma, tinnitus and cellular telephones", *Neuroepidemiology*, Vol 22, 2003.

Hardell L, "From phenoxyacetic acids to cellular telephones: is there historical evidence for the precautionary principle in cancer prevention?" *International Journal of Health Services*, Vol 34, Nr 1, 2004.

### **Lena Hillert m fl**

Institutionen för folkhälsovetenskap, Karolinska institutet och Arbets- och miljömedicin, Stockholms läns landsting

#### *Granskade arbeten:*

Hillert L, Flato S, Georgellis A, Arnetz B B, Kolmodin-Hedman B, "Environmental illness: fatigue and cholinesterase activity in patients reporting hypersensitivity to electricity", *Environmental Research*, Section A, Vol 85, 2001.

Hillert L, Kolmodin-Hedman B, Eneroth P, Arnetz B B, "The effect of supplementary antioxidant therapy in patients who report hypersensitivity to electricity: a randomized controlled trial", *Medscape General Medicine*, 2001.  
<http://www.medscape.com/viewarticle/408116>

Hillert L, Berglind N, Arnetz B B, Bellander T, "Prevalence of self-reported hypersensitivity to electric or magnetic fields in a population-based questionnaire survey" *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, Vol 28, Nr 1, 2002.

Hillert L, Savlin P, Levy Berg A, Heidenberg A, Kolmodin-Hedman B, "Environmental illness – effectiveness of a salutogenic group-intervention programme", *Scandinavian Journal of Public Health*, Vol 30, 2002.

### **Olle Johansson m fl**

Institutionen för neurovetenskap, Karolinska institutet

#### *Granskade arbeten:*

Gangi S, Johansson O, "A theoretical model based upon mast cells and histamine to explain the recently proclaimed sensitivity to electric and/or magnetic fields in humans", *Medical Hypotheses*, Vol 54, Nr 4, 2000.

Johansson O, Gangi S, Liang Y, Yoshimura K, Jing C, Liu P-Y, "Cutaneous mast cells are altered in normal healthy volunteers sitting in front of ordinary TVs/PCs – results from open-field provocation experiments" *Journal of Cutaneous Pathology*, Vol 28, 2001.

Hallberg Ö, Johansson O, "Cancer trends during the 20th century", *Journal of the Australasian College of Nutritional & Environmental Medicine*, Vol 21, Nr 1, 2002.

Hallberg Ö, Johansson O, "Melanoma incidence and frequency modulation (FM) broadcasting", *Archives of Environmental Health*, Vol 57, Nr 1, 2002.

Johansson O, "Screen dermatitis and electrosensitivity: preliminary observations in the human skin", i D Clements-Croome (ed.), *Electromagnetic Environments and Health in Buildings*, London & New York, 2004.

### **Kjell Hansson Mild m fl**

Arbetslivsinstitutet Norr, Umeå samt naturvetenskapliga institutionen, Örebro universitet

#### *Granskade arbeten:*

Lindström E, Still M, Mattsson M-O, Hansson Mild K, Luben R A, "ELF magnetic fields initiate protein tyrosine phosphorylation of the T cell receptor complex", *Bioelectrochemistry*, Vol 53, 2000.

Lyskov E, Sandström M, Hansson Mild K, "Provocation study of persons with perceived electrical hypersensitivity and controls using magnetic field exposure and recording of electrophysiological characteristics" *Bioelectromagnetics*, Vol 22, 2001.

- Nordenson I, Hansson Mild K, Järventaus H, Hirvonen A, Sandström M, Wilén J, Blix N, Norppa H, "Chromosomal aberrations in peripheral lymphocytes of train engine drivers", *Bioelectromagnetics*, Vol 22, 2001.
- Sandström M, Wilén J, Oftedal G, Hansson Mild K, "Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones", *Occupational Medicine*, Vol 51, Nr 1, 2001.
- Sandström M, Lyskov E, Hörnsten R, Hansson Mild K, Wiklund U, Rask P, Klucharev V, Stenberg B, Bjerle P, "Holter ECG monitoring in patients with perceived electrical hypersensitivity", *International Journal of Psychophysiology*, Vol 49, 2003.
- Wilén J, Hörnsten R, Sandström M, Bjerle P, Wiklund U, Stensson O, Lyskov E, Hansson Mild K, "Electromagnetic field exposure and health among RF plastic sealer operators", *Bioelectromagnetics*, Vol 25, 2004.

### **Mikael Persson & Yngve Hamnerius m fl**

Institutionen för elektromagnetik, Chalmers

#### *Granskade arbeten:*

- Gustavsson M, Lindgren M, Galt S, Hamnerius Y, "Review of replicated extremely low frequency electromagnetic field cellular experiments", i Martin Lindgren, *Pulsed electric field food treatment and low frequency bioelectromagnetics*, Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, Göteborg, 2001.
- Nadeem M, Thorlin T, Gandhi O P, Persson M, "Computation of electric and magnetic stimulation in human head using the 3-D impedance method", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol 50, Nr 7, 2003.
- Nadeem M, Hamnerius Y, Hansson Mild K, Persson M, "Magnetic field from spot welding equipment – is the basic restriction exceeded?" *Bioelectromagnetics*, Vol 25, 2004.
- Kopecký R, Nellström H, Hamnerius Y, Persson M, "Dosimetry of the human head exposed to cell phone radiation using a detailed model of the inner ear", Submitted to *Bioelectromagnetics*.
- Nadeem M, Hamnerius Y, Persson M, "Magnetic field from electronic article surveillance devices – is the basic restriction exceeded?", to be submitted.

### **Leif Salford m fl**

Institutionen för klinisk neurovetenskap, Lunds universitet

#### *Granskade arbeten:*

- Persson B R R, Salford L G, Brun A, "Blood-brain barrier permeability in rats exposed to electromagnetic fields used in wireless communication", *Wireless Networks*, Vol 3, 1997.

- Salford L G, Brun A, Persson B R R, "Brain tumour development in rats exposed to electromagnetic fields used in wireless cellular communication", *Wireless Networks*, Vol 3, 1997.
- Salford L G, Persson B R R, Malmgren L, Brun A, "Téléphone mobile et barrière Sang-cerveau (Mobile communication and the blood-brain barrier)" i P Lannoye (ed.), *Téléphonie mobile: Effets potentiels sur la santé des ondes électromagnétiques de hautes fréquences*, Embourg, Belgien, 2001.
- Bauréus Koch C L M, Sommarin M, Persson B R R, Salford L G, Eberhardt J L, "Interaction between weak low frequency magnetic fields and cell membranes", *Bioelectromagnetics*, Vol 24, 2003.
- Salford L G, Brun A E, Eberhardt J L, Malmgren L, Persson B R R, "Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones", *Environmental Health Perspectives*, Vol 111, Nr 7, 2003.

### Forskare/forskning som granskats särskilt av Göran Grimvall

#### Bo Sernelius

Institutionen för fysik och mätteknik, biologi och kemi, Linköpings universitet.

*Förutom intervju har följande arbete granskats:*

Sernelius, B E, "Possible induced enhancement of dispersion forces by cellular phones", *Physical Chemistry Chemical Physics*, Vol 6, 2004.

#### Peter Apell m fl

Chalmers

*Förutom intervju har följande arbete granskats:*

Ambjörnsson, T, *Electromagnetic response of living matter*, Chalmers, 2003.

### Forskare/forskargrupp som var förhindrad att inkomma med material inom utsatt tid

#### Per Söderberg m fl

Institutionen för klinisk neurovetenskap, Karolinska institutet

## Bilaga 3

### Använda förkortningar

3G	Den vardagliga benämningen på tredje generationens mobil- telefoni
AFA	Arbetsmarknadens försäkringsaktiebolag
BEMS	Bioelectromagnetics Society
COST	European Cooperation in the Field of Scientific and Techni- cal Research
Elforsk AB	Svenska Elföretagens Forsknings- och Utvecklings- Elforsk – Aktiebolag
EMF	Elektromagnetiska fält
EMF-NET	EU-kommissionens nya projekt med syfte att tillhandahålla ett ramverk för samordning av forskningsresultat inom områ- det
FAS	Forskningsrådet för arbetsliv och socialvetenskap
FEB	Elöverkänsligas riksförbund, tidigare Föreningen el- och bild- skärmsskadade
Formas	Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyg- gande
FoU	Forskning och utveckling
GSM	Global System for Mobile Communications, används oftast om andra generationens mobiltelefoni
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Pro- tection
INTERPHONE	En stor epidemiologisk studie i WHO/IARCs regi där 13 nationer deltar, däribland Sverige
MMF	Mobile Manufacturers Forum
MTB	MobilTeleBranschen
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OR	Oddsquot
PTS	Post- och Telestyrelsen
PubMed	Medicinsk artikeldatabas som tillhandahålls av National Library of Medicine
RALF	Rådet för arbetslivsforskning
SAR	Specific (energy) Absorbtion Rate
SSI	Statens strålskyddsinstitut
WHO	World Health Organization, Världshälsoorganisationen



