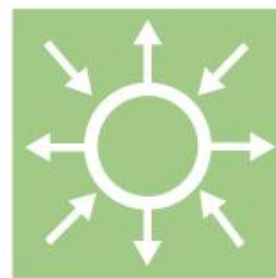


Synpunkter på metodik och fallgropar inom vetenskap och forskning samt hur resultaten kommuniceras.

Några aspekter relaterade till EMF.

Elforsk rapport 09:63



Synpunkter på metodik och fallgropar inom vetenskap och forskning samt hur resultaten kommuniceras.

Några aspekter relaterade till EMF.

Elforsk rapport 09:63

Förord

Föreliggande text har utarbetats av Björn Cedervall, docent, med dr (Medicinsk Strålningsbiologi), civ ing (Kärnkemi och Biokemi). Den tar upp några aspekter på metodik och fallgropar som har betydelse för förståelsen av forskningsresultat som rör elektriska och magnetiska fält, EMF och hur dessa kan kommuniceras och tolkas men ofta försvinner när vetenskapliga resultat lämnar forskningsmiljön samt når ut bland beslutsfattare, allmänhet m fl. Genom att texten är relativt kort kan den givetvis inte göra anspråk på att vara "fullständig" i någon bemärkelse. Många av de aspekter, som tagits upp, är generella för riskfrågor kring olika slags exponeringar – inte bara de som rör EMF. Det urval som gjorts är några begränsade "nedslag" som förhoppningsvis ska uppfattas som intressanta nog för att föranleda djupare studier och ännu bättre en meningsfull dialog. Om någon annan gjort ett motsvarande "nedslag" i EMF-kommunikationsvärlden hade säkert detta urval sett annorlunda ut.

Den här texten är alltså inte ett minikompendium i riskkommunikation – ett ämne som i sig är stort inom vilket många aspekter har avhandlats på ett gediget sätt och som i många stycken finns färdigt att hämta i litteraturen. Inte heller är det en översikt av aktuell forskning – sådana har andra gjort.

Det ska vidare också klargöras att denna text inte, i någon djupare bemärkelse, avser att bedöma huruvida en viss nivå på exempelvis ett magnetiskt fält är farligt eller ej. De säkerhetsbedömningarna måste göras av nationella och internationella myndigheter m fl som är verksamma inom området. Av detta skäl har nämnda myndigheters gränsvärden och klassifikationer som syftar på eventuella cancerrisker lagts i ett par separata appendix men inte värderats.

Avslutningsvis är vi medvetna om att stoffet i denna skrift kan vara kontroversiellt – alla människor har olika utgångspunkter och erfarenheter. Den som anser sig veta "allt" inom området är inte trovärdig och ingen kan heller göra anspråk på att vara helt "neutral". Just detta bör vara en drivkraft för ökad dialog mellan olika intressegrupper i samhället – inte bara mellan forskare.

Elforsk anordnade tillsammans med Riskkollegiet ett seminarium i januari där en tidigare version av texten diskuterades och ett flertal synpunkter togs upp. Synpunkter har därefter också lämnats fortlöpande från olika forskare. Ett tack ska därför framföras till dem som lämnat konstruktiv kritik. För textens innehåll svarar författaren.

Denna studie har bekostats av Elforsk AB med stöd från följande företag: E.ON Elnät Sverige AB, Fortum Distribution AB, Gävle Energi AB, Göteborg Energi AB, Halmstad Energi och Miljö Nät AB, Jämtkraft AB, Luleå Energi Elnät AB, Lunds Energi AB, Mälarenergi Elnät AB, Nacka Energi AB, Skellefteå Kraft AB, Sundsvall Energi Elnät AB, Svenska Kraftnät, Vattenfall AB, Växjö Energi Elnät AB.

Stockholm juni 2009
Bengt Hanell
Elforsk AB

Sammanfattning

De deltemata som utgör grunden för här skriften har valts med tanke på sådant som kanske inte alltid kommer fram i debatt eller frågeställningar om eventuella risker med EMF, men som kan vara bra att tänka på eller känna till. Mer specifikt har fokus lagts på resonemang om möjlig orsak-verkan där både språkliga barriärer och samhällets "filter" i form av exempelvis okritiska massmedier kan vara ett problem.

Oavsett om forskare arbetar med exempelvis molekylär biologi eller epidemiologi ställs dessa inför en mängd metodproblem som ibland kan vara svåra eller t o m omöjliga att bemästra. Sådana svårigheter syns sällan ordentligt i pressreleaser, nyhetsmedier osv men de finns ändå med som en del av många forskares vardag. Svårast att kommunicera är kanske problemet att om något är ofarligt kan det inte bevisas. I ett laboratorium för molekylärbiologi kanske ett okänt virus, en bakterie, eller en kemisk förorening förstör de experiment som görs men försöken kan åtminstone upprepas och oftast förbättras när sådant upptäcks. För epidemiologiska undersökningar föreligger en specifik utmaning som ligger i att undersökningarna aldrig kan upprepas genom att människor aldrig gör samma saker under samma förutsättningar och på ett förutsägbart sätt.

Mot denna bakgrund har här lyfts fram vissa metodproblem inom forskningen och de s k Hills kriterier för orsaks-samband. En kortare kommentar har gjorts till olika aspekter på försiktighetsprincipen eftersom den hänvisas till i EMF-debatten men det dessvärre sällan förklaras ordentligt vad man lägger i begreppet "försiktighet". Försiktighet hänger nära samman med mänsklig oro och därför har ett sådant avsnitt fått komma med. Rapporten avslutas med några historiska återblickar som snarare belyser den förmodade nyttan med det osynliga och mystiska än dess eventuella risker. Som framgår har man historiskt försökt bota många sjukdomsgrupper med magnetism.

Summary

There are many aspects of the controversy around EMF and potential risks that are largely unknown to the wider audience. Such aspects form the basis for the topics discussed in this report. More specifically focus has been on arguments related to possible cause-effect where linguistic barriers and societal "filters" (for instance by uncritical media) may constitute a problem.

Regardless of whether scientists are working with for example molecular biology or epidemiology they are confronted with a number of methodological problems that may be difficult or even impossible to master. Such difficulties are seldom seen in press releases, news media and so on but they may still be part of many scientists' daily challenges. The most difficult communication challenge is probably that if something is absolutely safe it cannot be proven. An unknown virus, bacterium, or chemical contaminant may completely ruin experiments in a molecular biology experiment but at least the experiments can be repeated and often measures can be taken once such a contamination has been found. For epidemiological studies there is always a specific challenge in that the investigations cannot be repeated as people never do the same things under the same conditions and in a predictable manner.

It is with this background and context that the author has chosen to treat some methodological problems in science as well as the so-called Hill's criteria for cause-effects. A shorter comment has been made with reference to various aspects of the precautionary principle as it is often referred to in the EMF debate but most often, however, it has seldom been clarified what is meant by precautionary practices or actions. Precaution is closely related to human fear and therefore a corresponding chapter has been included. This report ends with a few looks into the historical rear-view mirror which illuminates the anticipated benefits with the invisible and mystical rather than the potential risks. As is obvious, many disease categories have historically been subjects for magnetotherapy and "cures".

Innehåll

1	Inledning– olika aspekter på riskkommunikation	1
2	Beteckningen "EMF"	3
3	Språket – kommunicerar vi verkligen när vi talar med varandra?	4
4	Vem ska man lita på?	7
5	Vetenskapsteoretiska aspekter	8
6	Metodfel inom vetenskapen	10
6.1	Hypotesgenerering	10
6.2	Skevt urval – selektionsbias	10
6.3	Recall bias.....	12
6.4	Observationsbias.....	12
6.5	Confounding	12
7	Hills kriterier	14
8	Epidemiologiska undersökningar	19
8.1	Relativa risker	20
8.2	Kraftledning.....	21
8.3	Mobiltelefoner och tänkbara risker.....	22
9	Frågan om kausalitet ("vad beror på vad?")	23
10	Kostnads/nyttoanalys	24
11	Några aspekter på försiktighetsprincipen	25
11.1	Överdriven försiktighet kan i värsta fall medföra riskökning.....	25
11.2	Olika utgångspunkter för joniserande respektive icke-joniserande strålning	25
12	Mänsklig oro	27
13	Pseudovetenskap och falsarier	29
14	Några historiska återblickar	30
	Appendix 1. Exponeringsgränser så-som de föreslås av ICNIRP	32
	Appendix 2. IARC's klassificering	33

1 Inledning– olika aspekter på risk-kommunikation

Det finns ett par egenskaper hos elektromagnetiska fält, EMF, som gör att de för många ter sig skrämmande. Det första är osynligheten – en egenskap EMF, som hör till begreppet icke-joniserande strålning, delar med joniserande strålning (röntgen-, alfa-, beta-, gammastrålning mm). Det andra sammanhanget är att många tror att EMF kan göra förfärliga saker med våra barn. Säkert är dessa faktorer förklaringen till att det kan vara lockande att exploatera dessa sammanhang inom exempelvis sciencefictiongenren eller spekulativt hållna sensationsreportage. Många av exemplen i denna skrift härrör från cancersammanhang men flera andra sjukdomsgrupper har också studerats i EMF-sammanhang. Mycket av det som behandlas nedan är emellertid av generell karaktär oavsett vilken medicinsk riskfrågeställning det skulle kunna handla om.

Ordet "risk" har tolkats och definierats i många sammanhang. Man kan t ex med risk mena sannolikheten för att något icke önskvärt ska inträffa under en given tid och på en given plats. En annan tolkning handlar om konsekvensen – t ex om en stor stenbumling från rymden träffar jorden. Inom vetenskapen och tekniken brukar ordet risk för en händelse snarare syfta på sannolikheten multiplicerad med konsekvensen. Riskupplevelsen är för många det viktigaste – upplevelsen är verklig även om den kan vara fullständigt irrationell. Detta är ett skäl till att man måste bry sig om mänsklig oro.

En annan sida av ordet risk handlar om hur små risker man kan/bör/ska bry sig om. Sett mer praktiskt kvittar det antagligen om det fina goda äpplet jag just ätit upp skulle ha innehållit något som innebär en "pytteliten" risk – t ex att jag vid ålderns höst statistiskt sett kommer att avlida fem minuter tidigare än jag annars skulle ha gjort. Sådana smårisker umgås vi antagligen med dagligen – de är så små att vi inte kan veta något om dem och inte heller oroar vi oss för dem.¹ För några år sedan fick vi veta att kanel intaget i stora mängder kunde ge leverskador.² I det fallet reagerar nog de flesta på det sättet att de inte bryr sig om frågan. Risken att avlida är som bekant ur sannolikhetssynpunkt 100 % - frågan är då vad man fyller sitt liv med fram till dess att man dör – kanelbullar kan säkert anses befrämja livsglädje och skulle nu kanel vara bara "lite" farligt så har vi att göra med en risk/nyttasituation – vi kanske t o m lever längre genom att äta en kanelbulle emellanåt.

¹ Sådana små risker kan ändå vara viktiga om de berör många människor.

² D. Wiklander, För mycket kanel kan ge leverskador, *Aftonbladet*, 6 december 2006.

De områden som nedan tas upp har valts med tanke på sådant som kanske inte alltid kommer fram i debatt eller frågeställningar om eventuella risker med EMF, men som kan vara bra att tänka på eller känna till.

2 Beteckningen "EMF"

Beteckningen "EMF" (elektromagnetiska fält, eller för låga frekvenser³, elektriska och magnetiska fält) används som ett samlingsbegrepp för helt olika aspekter på elektricitet eller magnetism, statiska eller tidsvarierande magnetiska fält (tesla) och elektromagnetiska *vågor* där det elektriska och magnetiska fältet utgör ett "kombinerat" fenomen (kopplad våg) där man kan tala om *fotoner* (med partikelegenskaper) snarare än *vågor*. En foton beskrivs väsentligen av sin frekvens. Sambandet med energin, E , kan skrivas som $E = h \cdot \nu$ där h är Plancks konstant⁴ och ν frekvensen. Huruvida man väljer att tala om *vågor* eller *fotoner* är delvis beroende av vilka egenskaper man vill framhålla.

Generellt kan man säga att hög frekvens (energi) ger fotonen mer av partikelegenskaper. En viktig aspekt på energiinnehållet är gränsdragningen mellan icke-joniserande respektive joniserande strålning. Joniserande strålning har förmåga att, som begreppet säger, jonisera atomer och molekyler och även slå sönder större molekyler som exempelvis DNA och proteiner. Denna förmåga har veterligen inte icke-joniserande strålning. Till icke-joniserande strålning hör exempelvis synligt ljus, mikrovågor, "mobiltelefonstrålning" (storleksordningen 1 GHz), radiovågor och kraftledningars elektromagnetiska fält (50 Hz). Däremot kan elektromagnetiska fält vid frekvenser överskridande storleksordningen 100 kHz ge en viss värmeeffekt som ökar med ökande frekvens.

³ Under storleksordningen 100 000 Hz.

⁴ Plancks konstant är $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$.

3 Språket – kommunicerar vi verkligen när vi talar med varandra?

Den mänskliga hjärnan har både emotionell och analytisk förmåga. Antag följande konversation där en tekniker A ska förklara för lekmannen B om något som skulle kunna vara riskfyllt:

A: "...moduler, halvledande ... synkron swapteknik, och X347 ver. 4 med negativ återkoppling..." och "...sannolikheten är därför 10^{-7} per år".

B: "Jamen är det farligt?"

Denna kommunikation är uppenbarligen helt misslyckad – orsaken är att A använder analytiska resonemang (som kanske t o m är korrekta) men får ett emotionellt svar av B – även om B har *lyssnat* snarare än *hört* teknikerns utläggning så har B inte förstått något. Troligtvis har inte heller A förstått varför B frågar som han/hon gör – A har ju just förklarat "hur det ligger till". Orsaken till den misslyckade kommunikationen kan ha många orsaker – t ex att A och B har olika utbildning eller olika uppfattning om vad vissa begrepp står för.

I verkligheten kan ibland en kommunikationssituation mellan två personer innehålla en blandning av analytiska och emotionella komponenter. Det innebär fyra olika kommunikationsmöjligheter mellan två människor: Analytiskt < - - > analytiskt, analytiskt < - - > emotionellt, emotionellt < - - > analytiskt samt emotionellt < - - > emotionellt.

I det större samhällssammanhanget har vi olika roller och erfarenheter och dessa olika utgångspunkter ställer därför krav på kommunikationen så att vi förstår varandra. Exempel på grupper med olika utgångspunkter är tekniker/forskare, myndighetspersoner, journalister, jurister, industriföreträdare, politiker, miljögruppsföreträdare, "allmänhet" (som i viss mån är en blandning av alla de andra grupperna). När dessa grupper ska kommunicera kan språket förväntas bli ganska olika beroende på om det exempelvis är en forskare som talar med en industriföreträdare eller en journalist som talar med någon i "allmänheten". Skulle en forskare säga X till en journalist och det dagen därpå istället står Y i tidningen kan man undra var felet ligger. En möjlighet är att forskaren krånglat till det så journalisten trodde att X betydde Y.

För att sammanfatta: Det är viktigt att i ett riskkommunikationssammanhang dels tänka på att vi inte blandar analytiska och emotionella budskap hur som helst och också tar hänsyn till vilka som är involverade i det som bör vara en så bra dialog som möjligt.

En *språkbarriär* kan ha många orsaker men förenklat kan problemet indelas i sådant som beror på facktermer respektive sådant som hör hemma i det mer vardagliga språket. Till detta kommer påhittade ord som eg. inte hör hemma inom vare sig fackterminologin (t ex atomfisk, inofficiellt gränsvärde, mikro-

vågssyndrom, elöverkänslighet⁵) eller vårt mer vardagliga språk. Några ord i vårt vardagsspråk ställer till särskilt många problem.

Ett sådant ord är "stor". Om man skriver "först nu vet vi hur *stora* magnetfälten är" så betyder det för en tekniker eller forskare ingenting särskilt i bemärkelsen "mycket eller lite". Ordet stor syftar då på storleken som kan vara vad som helst från nanotesla (en miljarddel tesla) till 50 tesla. För andra människor leder ordet "stor" till en association av en "stor fisk" eller något mer elefantmässigt.

Så har vi det spekulativa ordet "*kan*" som ofta ingår i dramatiserade reportage. Användbarheten av *kan* beror på att det i olika sammanhang betyder helt motsatta saker. Ta kontroversen om t ex olika kemiska ämnen är skadliga eller ej. I en del fall har man genom olika typer av studier klart visat att ett visst ämne *kan* ge effekten ifråga. *Kan* ge betyder då "bevisat".

I ett annat fall kan man inte på ett klart sätt visa att ämnet är farligt. Försöksdjur som utsatts för en mängd av ämnet och uppvisat en viss svag sjuklighet kanske inte alls blir sjukare när man ökar på mängden. Då är det kanske något som inte stämmer – man förväntar sig ofta "ju mer desto värre". Om man dessutom inte hittar biokemiska mekanismer som kan ge stöd för sjuklighet hamnar man i en osäkerhet.⁶ Man kan då dessvärre inte utesluta möjligheten att ämnet är skadligt. Eftersom man inte kan visa att något är ofarligt *kan* då ämnet hypotetiskt och eventuellt, möjligen kanske vara en liten risk. Trots en sådan situation krävs ibland bevis om ofarlighet vilket alltså inte finns.

För en del år sedan förmedlades "Tvättlappar kan ge din baby cancer" – man hade detekterat ett kemiskt ämne i tvättlapparna. En professor har räknat ut att om man äter 12 000 tvättlappar kommer man faktiskt upp i gällande gränsvärde. En journalist (som skäms över vissa kollegor) har som kommentar förklarat att ordet "konsekvensneutralitet" används för sådana här fall. Det betyder att man inte bryr sig om hur stor (eller liten) risken är. Man förbehåller sig rätten att, om det går, blåsa upp trivialiteter till paniknivå.

Teoretiskt (till skillnad från spekulativt hypotetiskt) *kan* Du få en meteor i skallen innan Du läst klart det här stycket – så nära döden *kan* Du vara. Det är dessutom bevisat att meteoriter har trillat ned på jorden förr. Sammanfattat: Måste man använda ordet *kan* i risksammanhang är det viktigt att noga förklara vad man menar.

Vissa ord har helt olika innebörd i det tekniskt-vetenskapliga språket respektive vardagsspråket. Som exempel kan nämnas orden energi och kraft. Ett annat ord som kan missförstås är ordet "försumbar" som inom matematiken oftast innebär att man inte behöver ta hänsyn till det (t ex femte decimalen i

⁵ Mikrovågssyndrom respektive elöverkänslighet är inte av Socialstyrelsen godkända medicinska diagnoser. Göthe (se avsnittet om mänsklig oro) avråder starkt från användning av påhittade diagnosbegrepp som sammanlänkar agens med en viss sjuklighet.

⁶ Mer om kriterier för orsakssamband återfinns i avsnittet om Hills kriterier nedan.

ett tal). Det har emellertid hänt att människor feltolkar ordet försumbart som om det innebar "struntar i".

Särskilt viktigt i EMF-sammanhang är att skilja på *exponering* och *dos*. De båda ordens innebörd förväxlas ofta. Man kan t ex exponeras för en viss nivå av ett magnetfält som har en viss styrka. I detta ligger att det är en intensitet det handlar om till skillnad från dos som åsyftar ett integrerande mått i tid och rum (t ex absorberad energi per kilo). För ett magnetfält med låg frekvens (säg 50 Hz) är dosmått i praktiken irrelevanta eftersom det inte kan handla om någon nämnvärd energiabsorption (man kan inte ens få enheten J/kg genom att tidsintegrera över ett magnetfält utan en elektrisk komponent). Man kan naturligtvis säga att en exponering handlade om t ex 100 mikrotTesla under ett visst antal timmar och det handlar då om en tidsintegrering men det för tanken fel (formellt är det dimensionsfel) om man med en sådan exponering försöker jämföra med det dosmått som används inom strålningsfysiken i övrigt. Därför bör man aldrig säga exempelvis "dosmätare" för ett mätinstrument som mäter ett elektriskt eller ett magnetiskt fält. För relativt låga frekvenser (säg under 100 kHz) är oftast begreppet "elektromagnetiska fält" missvisande eftersom det handlar om "elektriska och magnetiska fält" som inbördes knappt alls interagerar med varandra. Se även parallellskriften om fysikaliska och kemiska mekanismer.

Ordet *strålning* är ett begrepp som många har ett mer eller mindre oklart förhållningssätt till. Detta går säkert tillbaka på egenskaper som osynlig, känns inte och luktar inte. En del av nöjesindustrin har exploaterat detta i form av monstermutanter, "marsianer" och liknande som blivit självlysande efter bestrålning, budskap om atomer, radioaktivitet och strålning genom rock- och popmusik osv. För somliga går nog en del av detta in mer eller mindre undermedvetet och bidrar till att förvrängande myter om strålning kan få rotfäste – oavsett om de kommer från nöjesbranschen eller någon intressegrupp. Av detta skäl är det *viktigt att vara varsam med hur orden kring strålning används* – exempelvis kan man inte säga "radioaktiv strålning": Ordet *radius* betyder ju stråle så detta uttryck blir egentligen "strålande strålning" vilket är galet eftersom strålning inte kan sägas vara strålande⁷). Man talar alltså istället om radioaktiva ämnen som utsänder strålning – eller ett "strålande ämne" (t ex radium!).

Under senare år har emellertid strålningsbegreppet både i myndighetsbemärkelse (genom Strålskyddslagens andra paragraf) och till vardags vidgats vilket säkert bidragit till vissa mer eller mindre yviga upplevelser av strålning där man kanske kan ifrågasätta det kommunikationsmässigt vettiga i ordbruket (t ex att "elstängsel runt en kohage strålar").

⁷ Här föreligger en del undantag som hör hemma inom partikelfysiken – dessa är dock ointressanta i de flesta praktiska sammanhang där riskkommunikation är det centrala.

4 Vem ska man lita på?

Frågan om vem som är/inte är trovärdig har många sidor. Bor man utanför ett fabriksområde från vilket det ofta kommer illaluktande rök är det inte säkert att fabrikschefens tal om att "det är så lite" och "under gränsvärdet" och att "mätvärdena är inte statistiskt signifikanta" har en lugnande verkan.

Skulle nu fabrikschefen vara ens närmsta granne kan det kanske i någon mån mildra uppfattningen om hans/hennes trovärdighet. Till trovärdighetsfrågan spelar helt andra faktorer ibland in såsom kroppsspråk, intonation mm – stämmer t ex minspel med det som sägs? Den som är miljöaktivist kanske lutar mer på en person i jeans och tröja än en man i kostym. Det spelar ofta ingen roll vad vi tycker om att ytan kan påverka folks uppfattning om det ena eller andra – många människor är känsliga för sådant trots att det i grunden inte borde ha med sakfrågan (risken) att göra. Arrogans och cynism är sällan imagestärkande karaktärsdrag – åsikten att "allmänheten är för dum för att fatta" torde tillhöra de sämre positioner en chef för miljöstörande verksamhet kan inta.

Ett trovärdighetsproblem som ibland framförs är att "den eller den är köpt". Förmodligen är få eller inga som deltar i debatten om huruvida EMF kan medföra hälsoeffekter eller ej helt neutrala. En forskare kan sägas ha ett ekonomiskt intresse – oftast handlar det om forskningsanslag eller så kanske det är någon form av berömmelse som hägrar – t ex att få vara med på TV, myndighetspersoner, industriföreträdare, jurister, journalister m fl har sin lön för att ägna sig åt frågorna, den som är sjuk vill kanske ha så mycket pengar som möjligt från försäkringshåll. Politiker vill nog helst bli omvalda och drar sig kanske därför för att säga hur de egentligen uppfattar en fråga. En särskild kategori är de som tjänar pengar på folks rädsla – ofta kombineras deras verksamhet med skrämmande budskap parallellt med välbetalda konsultuppdrag eller försäljning av hokus-pokusprodukter som anses skydda mot "strålning".

Det finns emellertid ett par aspekter som talar mot att "industrin bara vill tjäna pengar". Dels är ju de som arbetar där själva en del av allmänheten och bör av den anledningen ha intresse av att vara rädda om sig själva och sina medmänniskor, dels ligger det i en industris intresse att veta att de egna produkterna är så säkra som möjligt. Det senare handlar inte bara om att undvika risken för framtida skadestånd utan också det omvända – att ge en positiv image ("våra produkter är säkra").

5 Vetenskapsteoretiska aspekter

Vissa fenomen kan EMF klart förorsaka under det att andra fenomen förefaller omöjliga att förorsaka med hänsyn till de lagar som känner inom fysiken och kemin. Inom biologin rör vi oss oftast inte med ganska exakta lagar såsom vi känner dem från fysiken utan snarare präglas biologin av komplexa processer och fenomen såsom reproduktion, ämnesomsättning, anpassning, naturligt urval, tillväxt mm som till viss del är slumpmässiga till sin karaktär.⁸ Till de filosofiska frågorna hör då vad som kan "bevisas", vad som kan tänkas vara möjligt och vad som troligen inte är möjligt.

De just nämnda sidorna av EMF skapar av flera olika skäl problem i ett risk-kommunikationssammanhang. Vad menas t ex med att något är bevisat? Är tänkbara (hypotetiska) mekanismer eller sammanhang möjliga att testa ("motbevisa") på något sätt? Sådana här frågor är av forskningsmetodologisk karaktär – vissa frågor kan alltså benämnas ut genom att man systematiskt prövar och utesluter olika möjligheter. Ibland händer det emellertid att man konfronteras med människor som inte förstår forskningens begränsningar – "forskarna måste ju bevisa att det är ofarligt" sa en gång en journalist till undertecknad – han hade just skrivit en artikel i vilken det sades att kraftledning genom sina magnetiska fält förorsakade minst 100 cancerfall om året i Sverige.

Om en hypotes (t ex att Tomten är alltings skapare) inte går att utsätta för ett meningsfullt test med hjälp av en mothypotes blir hypotesen meningslös – dvs *icke falsifierbar*. Snabbt inser vi att det inte finns något praktiskt genomförbart experiment som eventuellt skulle kunna motbevisa hypotesen om Tomten. Alltså är hypotesen (som nog ingen ändå tror på) meningslös. På motsvarande sätt kan man inte, om magnetiska fält från kraftledningar är helt ofarliga, visa att det förhåller sig så.⁹ Samma sak gäller i praktiken om kraftledningarnas magnetiska fält är "nästan helt ofarliga" – här menat i så låg grad att vi aldrig skulle kunna upptäcka och kvantifiera den låga farlighetsgraden.

Det är ganska enkelt att ställa upp hypoteser om EMF och hur de skulle kunna hänga samman med olika fenomen mm. T ex hypotesen att man blir särskilt deprimerad av att exponeras för gult ljus under inverkan av EMF med en viss frekvens. Det kanske inte låter vare sig troligt eller ens intressant men en sådan hypotes kan i alla fall testas (förutsatt att man kan få tag på tillräckligt många frivilliga försökspersoner som ställer upp på att exponeras för gult ljus

⁸ Mayr, What makes biology unique? 2004:11-32.

⁹ Carl-Johan Göthe (Docent i yrkesmedicin) har i en artikel i tidningen *Folkvett* (Nr. 2, 2002) formulerat detta problem så här: "Giftighet, farlighet och risk kan förvisso både påvisas och graderas, däremot inte ogiftighet, ofarlighet och riskfrihet. Eftersom det ej existerande varken kan ses, vägas eller mätas är det omöjligt att prestera bevis för ogiftighet, ofarlighet och riskfrihet. Orsaken ligger således i vetenskapsteoretiska fundamenta som människan inte kan påverka och inte i bristfällig kunskap, som kan övervinnas med flera och bättre undersökningar."

under olika EMF-exponeringar) så man kan avgöra om hypotesen förefaller hålla eller ej. Den här infallsvinkeln innebär att man kan ställa upp (mer rimliga) hypoteser och forska på EMF (med olika frekvens, vågform osv) i all oändlighet om man så vill. Alltså måste de hypoteser som testas väljas med hänsyn till kända faktasammanhang och erfarenheter.

Andra påståenden än mer yviga hypoteser och som rör sig närmare vår vardag handlar om *vad som är möjligt*. Någon kanske säger att han sett en tiger på Kungsgatan i Stockholm – hade det varit en hund hade det varit trivialt men en tiger är lite annorlunda. En tiger är helt klart en hypotetisk möjlighet – kanske hade någon cirkus nyligen varit i Stockholm och så hade en tiger rymt. Hade det istället sagts en stor dinosaurie hade rymt kunde vi däremot säkert ha avfärdat påståendet eftersom den djurgruppen dog ut för 65 miljoner år sedan.

Utöver problem som anknyter till sådana här filosofiska betraktelser kommer de som rör metodfel i statistiska undersökningar samt matematiska osäkerheter. Den här texten är inte avsedd att avhandla matematisk statistik i ekvationsmässig bemärkelse utan begränsas här till att snarare betrakta just metodiken. Ofta handlar statistiska undersökningar om *samband*. Det finns gott om samband man kan ta fram – en del är rent slumpmässiga – andra handlar om samvariation utan att det föreligger någon rimlig orsak till sambandet. Exempelvis har säkert svenskars konsumtion av mexikanska kryddor gått upp under den senaste 30-årsperioden samtidigt som vår medellivslängd ökat. Att det skulle hänga ihop på något närmare sätt ter sig långsökt och knappast skulle någon ägna tid till att försöka reda ut en sådan fråga. Å andra sidan ser vi nästan varenda vecka rapporter i dagspress om olika saker som antas medföra hälsa eller ohälsa och som kanske kan förefalla trovärdiga. Det vi äter är ett återkommande tema och oftast är reportage om sådana fynd ganska omöjliga att bedöma för gemene man/kvinna. Svårigheten att bedöma sådana här hälsofrågor kan även gälla specialister inom forskningsfältet vilket i sin tur kan hänga samman med frågornas komplexitet.

6 Metodfel inom vetenskapen

Oavsett om man arbetar med cell- och molekylärbiologiska experiment, djurförsök eller epidemiologiska undersökningar föreligger alltid möjligheten att man kan råka ut för olika slags metodfel. Ur statistisk synpunkt kan studier som görs inom cell- och molekylärbiologin vara väl så utmanande som de inom exempelvis epidemiologin. Metodfel handlar om att man utför sin undersökning på ett olämpligt sätt. Ett problem är emellertid att metodfel i värsta fall inte går att komma åt – helt enkelt därför att man inte förstått felkällans natur.

Fyra möjliga generella förklaringar kan finnas bakom ett samband man hittar i en studie:

1/ Slumpspratt 2/ Bias 3/ Confounding samt 4/ Ett sant orsakssamband ("A medför B" – sambandet bör uppfylla Hills kriterier). Till viss del kan forskaren hantera slumpspratt, bias och confounding – nedan ges endast en enklare översikt av problemens karaktär.

Några vanliga fel man kan råka ut för inom vetenskapen är hypotesgenerering, selektionsbias, recall bias samt observationsbias. Bias handlar om ett systematiskt fel som införs av forskaren eller eventuellt deltagande personer. Bias kan vara så pass allvarligt att det fullständigt döljer ett *orsakssamband*. Mer vanligt är nog emellertid att bias inte är uppfattas tydligt nog och därför leder till samband som felaktigt tolkas som kausala – dvs orsakssamband. Till viss del kan forskaren hantera sådana problem men om man inte ens känner till vari problemet består kan man naturligtvis inte korrigera för det.

6.1 Hypotesgenerering

Antag att en person har en viss vana eller miljö – t ex odlar ringblommor. Så avlider en dag vederbörande i Parkinsons sjukdom. Man kan då iakttä ett samband mellan odling av ringblommor och Parkinsons sjukdom. Sambandet kan sägas vara 100 %-igt – man har ju just gjort observationen. Kan man då dra slutsatsen att ringblommeodling *förorsakar* Parkinsons sjukdom? Nej, naturligtvis inte. Däremot kanske man ska se om Ringblommeodlarnas Förenings medlemmar mer generellt avlider i Parkinsons sjukdom. Skulle det visa sig vara så har det första fallet (av samband med ringblommor) man iakttag varit en befogad larmsignal.

6.2 Skevt urval – selektionsbias

Selektionsbias handlar om att man i en studie genom ett skevt urval inför ett fel. Ett sådant exempel handlade om ett stressförsök med råttor¹⁰ där fråge-

¹⁰ Taget ur minnet såsom det 1975 berättades av professorn i strålningsbiologi, Lars Ehrenberg, vid Stockholms Universitet.

ställningen rörde en biokemisk effekt. En forskargrupp A hade fått ett resultat som emellertid andra forskare inte kunde upprepa. Till sist gjorde några forskare ett studiebesök hos den första forskargruppen för att se hur de utförde sitt experiment. Metoden var att plocka ut 50 råttor ur buren i fråga för experimentets genomförande. De 50 råttor som blev kvar användes som jämförande kontroller. På så vis kom forskargruppen A att införa ett urvalsfel – de 50 råttor som blev kontroller var i genomsnitt råttor som var mer aktiva och sprang iväg när forskarna skulle göra sitt urval av försöksråttor som alltså kom att bestå av de mer tröga råttorna. Hade råttorna istället från början nummerats och man slumpat ut försöks- respektive kontrollråttor hade problemet aldrig uppstått.

Ett färskare exempel där man verkligen kunde följa det skeva urvalet gavs nyligen när en av våra sensationstidningar dagen efter Valborgsmässoafton gjorde en Internetenkät där frågan var "Hur mår Du idag?". Tre möjliga svar gavs och var ungefär: a/ Pigg och i kanonform b/ Sådär c/ Har aldrig mått sämre. Vid sjutiden på morgonen var svaret "a" och i viss mån "b" helt dominerande. Allteftersom dagen fortskred – fram till 21-tiden ökade emellertid andelen av svaren "b" och "c". De som svarat "pigg och i kanonform" klockan sju på morgonen var naturligtvis mest sådana som inte varit uppe sent efter midnatt och levvt alltför onyttigt.

Över huvud taget måste Internetbaserade undersökningar ofta tolkas med stor försiktighet. Dels är inte Internetanvändandet jämnt fördelat över olika åldrar, dels har olika grupper olika benägenhet att besöka olika platser på Internet. Den som t ex aktivt söker sig till en webbplats som rör elektromagnetiska fält har nog oftast ett visst intresse av frågan. Exempelvis återfinns på www.kvicksilver.org ned till höger en fråga om det bör skapas frizoner för elöverkänsliga. Att jäsaren dominerar är kanske inte så förvånande eftersom det handlar om ett forum för sådana som uppger att de lider av oral galvanism eller elöverkänslighet.

Ett särskilt selektionsproblem som rör enkäter handlar om själva benägenheten att svara på enkäter. Under tecknad har vid ett flertal tillfällen gjort enkätare enkäter som tydligt visat hur svårt det är att få folk att svara på dem. Ett sådant exempel som gick till Internetforumet "Radsafers" omkring år 2002 (då drygt 3000 deltagare inom strålskyddsområdet). De två frågorna handlade om mobiltelefonianvändning: "Använder Du mobiltelefonen på höger eller vänster sida av huvudet eller är det jämnt fördelat?". Den andra frågan var "Om det inte är jämnt fördelat ange då med ungefärlig procentsats fördelningen". Trots att frågorna upprepades en gång och gick till över 3000 personer erhöles bara 80 svar.¹¹

Våra sensationstidningar har ofta dramatiska reportage som åtföljs av en webbaserad enkät. Modellen är att först skriva om något som kan uppfattas

¹¹ För den som är nyfiken på resultatet kan här nämnas att svaren utföll i fyra kategorier enligt följande:

a/ Vänster 30 (38 %) b/ Både höger och vänster sida 28 (36 %) c/ höger 18 (23 %) och d/ vet ej 2 (2 %).

Emellertid var, trots de ganska enkla frågorna, minst 17 av svaren av sådan art att de skapade tolkningsproblem vilket kan resultera i observationsbias.

otäckt – ungdomsvåld, håriga spindlar eller mobiltelefoner och hjärntumörer... Därefter kommer frågan: Är Du rädd för att vara ute på kvällarna, spindlar, mobiltelefoner...? På det sättet får man antagligen en upplevelsebias – en del människor har just skrämts av artikeln och svarar då därefter.

6.3 Recall bias

Recall bias handlar om att man kommer ihåg fel. En dåligt genomförd intervju skulle kanske låta ungefär så här: "Hur var det nu med Din mobiltelefonanvändning (till en person som nyligen fått diagnosen hörselnervstumör) – hade Du mobiltelefonen på högra eller vänstra sidan av huvudet för fem år sedan?" Det finns flera möjliga felkällor till en sådan fråga. Den tillfrågade kommer kanske ihåg fel pga att han/hon gör en omedveten koppling "mobiltelefon-hörselnervstumör". Detta kan ha förstärkts av att vederbörande genom åren, pga successivt nedsatt hörsel, blivit mer medveten om det "nuvarande telefonörat". I själva verket är det nog så att många människor över huvud taget inte minns särskilt väl hur de använde telefonen för 5 eller 10 år sedan. Ännu svårare kan det vara att någorlunda korrekt minnas hur mycket man använt mobiltelefonen för 5-10 år sedan.

6.4 Observationsbias

Om man ställer en fråga som den ovan nämnda (avsnitt 6.3) om mobiltelefonanvändning på båda sidorna av huvudet ("Ange en procentsats") visar det sig att många människor inte svarar som man har tänkt sig utan istället erhålls svar som "det är nog mer på höger sida än vänster" eller "det är nog mest höger sida". Observatören/forskaren ställs då inför ett problem som handlar om att han/hon medvetet eller omedvetet kan införa ett fel pga olämplig klassificering – vederbörande vet ju oftast hur ett visst svar kommer att slå i slutresultatet. Vill forskaren då driva en viss linje om hur något ligger till kan han/hon välja att klassificera alla oklara svar så det passar en viss agenda eller vissa förväntningar¹². Lämpligen bör man innan man börjar läsa av sådana här oklara svar ha en klar policy kring hur de ska hanteras – ett alternativ kan vara att över huvud taget inte ta med de oklara svaren i underlaget.

6.5 Confounding

Om man vill studera det eventuella sambandet mellan radon och lungcancer har man ett problem genom att rökning redan visats vara en stor orsak till lungcancer. Faktorn rökning blir då en *confounder* i studien om radon och lungcancer. En *confounder* är alltså en faktor som stör det man egentligen avser att studera. Det statistiska problem en forskare har är att han/hon kanske inte känner till vilka *confounders* som kan vara av relevans på ett sätt så att de faktiskt leder till felaktiga slutsatser. Känner man inte till dessa andra faktorer kan man ju inte ta hänsyn till dem i sina statistiska beräkningar.

¹² Sir Karl R. Popper uttryckte detta i sin bok *The Open Society and its Enemies* (1962) på följande sätt: "Science is a collection of data which is to be assembled in accordance with the collector's interests and points of views."

Ett par orsakskomplex av sådant slag rör dels kvinnlig bröstcancer respektive den vanligaste formen av barnleukemi (akut lymfoblastisk leukemi, ALL). För bröstcancer har man funnit ett flertal samband som rör amning, barnafödande, kost mm. Ändå är orsakssammanhanget till stor del fortfarande ganska oklart – den enda gemensamma faktorn som kommer igen i studierna förefaller vara östrogen. För ALL har förutom kraftledningarna många andra tänkbara orsaker diskuterats inklusive naturlig (joniserande) bakgrundsstrålning,¹³ arv, socioekonomiska sammanhang såsom kost, mer eller uteblir amning, befolkningsblandning och tillhörande infektioner, folsyra- och järnintag under graviditeten, föräldrarnas rökvanor, lokal trafikintensitet mm. Särskilt vissa virusinfektioner kan eventuellt ha potential att representera en viktig confounder.¹⁴

¹³ R. Wakeford *et al.*, The proportion of childhood leukaemia incidence in Great Britain that may be caused by natural background ionizing radiation, *Leukemia*, Vol. 23, 2009:770-776.

¹⁴ Följande tre arbeten ger en god introduktion till frågan om infektioner liksom andra relevanta sammanhang:

1. M. Greaves, Infection, immune responses and the aetiology of childhood leukemia, *Nature Reviews: Cancer*, Vol. 6, 2006:193-203. 2. A. Shah and M.P. Coleman, Increasing incidence of childhood leukemia: a controversy re-examined, *Br. J. Cancer*, Vol. 97, 2007:1009-1012. 3. J.S. Chang *et al.*, Allergies and childhood leukemia, *Blood Cells, Molecules and Diseases*, Vol. 42, 2009:99-104.

7 Hills kriterier

Ofta diskuteras i samhället huruvida exponering för en kemisk eller en fysikalisk faktor är orsak till en viss effekt (t ex en sjukdom). Yrkesmedicinaren Sir Austin Bradford Hill föreslog 1958 nio kriterier som bör uppfyllas för att ett orsakssamband ska kunna hävdas och vara vetenskapligt förankrat.¹⁵ För att förklara dessa kriterier närmare exemplifieras de nedan med kommentarer.¹⁶ Kriterierna gäller alltså och kan rubriceras:

1. Styrka
2. Konsistens/enhetlighet
3. Specificitet
4. Tidskorrelation
5. Koherens
6. Biologisk gradient
7. Möjlighet
8. Experiment
9. Analogi

Först ska emellertid påpekas att Hill själv varnade för ett okritiskt tillämpande av en sådan här lista¹⁷. Hill menade bl a att statistisk signifikans i experimentella eller epidemiologiska data kan leda till fel slutsatser om metoden för insamling av data har brister som leder till systematiska fel. Mer eller mindre systematiska metodfel kan i värsta fall helt dominera studiens resultat. Hills kriterier kan nog främst ses som ett systematiskt sätt att resonera kring huruvida ett orsakssamband ska anses vara bekräftat eller ej. Som exempel på metodfel i samband med epidemiologiska studier kan nämnas *recall bias* och *observationsbias* (se ovan). En annan typ av bias är *publikationsbias* vilket brukar syfta på att benägenheten är större att publicera resultat som tyder på "samband" (snarare än "ingen korrelation") och ofta dessutom kan tänkas ge rubriker i massmedier.

1. Styrkan beskrivs ofta som relativ risk (RR). Om man inte ser någon relativ riskförändring är $RR=1,0$. Ett exempel är cigarettökning där RR för lungcancer är

¹⁵ Sir Bradford Austin Hill diskuterade dessa kriterier i ett flertal artiklar fram till början av 1960-talet och det är omvärlden som kristalliserat ut kriterierna som nio. Hill själv var ganska återhållsam i sitt sätt att framföra kriterierna som en i alla avseenden sanningsbärande checklista. Särskilt varnade Hill för att metodfel ofta kunde bli så stora i en vetenskaplig studie att de helt dominerade över variationer i de fenomen och tänkbara förklaringar som studien ifråga egentligen avsåg att belysa.

¹⁶ Väsentligen följer denna tillämpande skiss av Hills kriterier en analys som gjordes av 13 amerikanska professorer inom fysik, kemi och medicin (varav sex nobelpristagare). Bakgrunden var ett rättsfall som handlade om huruvida en specifik tumör berodde på en närliggande kraftledning som tillhörde San Diego Gas & Electricity: Brief of *amicus curiae*, Adair, Bloembergen, Bodansky, Cormack, Gilbert, Glashow, Hafemeister, Merritt, Moulder, Park, Pound, Seaborg, Yalow and Wilson, in M. Covalt *et al.* vs. San Diego Gas and Light before Supreme Court of California, 1995:1-31.

¹⁷ C.V. Phillips and K.J. Goodman, The missed lessons of Sir Austin Bradford Hill, *Epidemiologic Perspectives & Innovations*, Vol. 1(3), 2004:1-5.

högre än 10. Ändå dröjde det flera decennier innan forskarna var övertygade om att det rörde sig om ett orsakssamband. En del av de studier som rör magnetiska fält och cancer ger RR på ca 1,5. Den s k Coloradostudien¹⁸ av Wertheimer och Leeper (1979) av kraftledningarna och barnleukemier hade ett RR=2,28. Denna studie var dock hypotesgenererande: Man gjorde först iakttagelsen (så man visste svaret), därefter ställde man upp hypotesen. Dessutom byggde studien inte på uppmätta data för fältstyrkor utan istället s k "wire codes" som har att göra med ledningsdragnings, storlek på ledningarna och liknande. Det finns inga övertygande publicerade molekylärbiologiska studier där någon nivå eller situation visat att magnetiska fält ger upphov till cancer vare sig genom s k initiering¹⁹, eller genom s k promotion.²⁰

2. Kriterium nummer 2 frågar om samma resultat upprepat observerats av olika personer, på olika platser och i övrigt likartade förhållanden samt vid olika tidpunkter. Om detta kan sägas att observationen med extra antal leukemifall i närheten av kraftledningarna upprepat hittats vid några tillfällen. Vidare förefaller det finnas ett enhetligt (eng. "consistency") samband med *närheten* till kraftledningarna men inte till det mätta magnetfältet självt. Enhetlighet hänger också nära samman med nästa attribut: Specificitet.

3. Kriteriet specificitet innebär bl a att om en studie exempelvis visar att ett tumörsamband hittas med magnetfält förväntar man sig att samma tumörform ska hittas som överrisk i andra liknande studier. Det man finner är emellertid att studier av olika cancerformer och eventuella samband med magnetiska fält inte bekräftar varandra. Exempelvis kan den svenska studien (av boende intill kraftledningarna och barnens leukemiincidens), åren 1992-1994) eventuellt tolkas som att man fann en ökning av antalet fall akut lymfocytisk leukemi (ALL, den dominerande formen av barnleukemi) men inte i kronisk lymfocytisk leukemi (KLL, för barn är denna leukemiform mycket sällsynt i Sverige), under det att studien av Floderus och medarbetare fann en ökning av KLL men inte av ALL (arbeten från 1994 och bakåt). I en senare studie²¹ fann man ingen förhöjd risk för leukemi, men däremot en svag relativ ökning av antalet hjärntumörer. Vidare hävdas i boendestudierna endast effekter på barn men inte på vuxna. Dessa studier bekräftar alltså inte varandra.

I senare sammanfattningar och s k metaanalyser har forskare kommit fram till ett samband mellan barnleukemier och lågfrekvent EMF. Ett märkligt förhållande i sammanhanget är att sambandet gäller exponeringar över 0,4 mikrotesla samt att denna magnetfältsnivå inte svarar mot vare sig experimentella fynd eller teo-

¹⁸ N. Wertheimer and E. Leeper, Electrical wiring configurations and childhood cancer, *Am. J. Epidemiol.*, Vol. 109, 1979:273-284.

¹⁹ Med initiering åsyftas i allmänhet en första DNA-skada i det händelseförlopp som så småningom leder till en fullvärdig tumör. De studier som gjorts för att belysa eventuell genotoxisk verkan på cellnivå har ofta haft bristen att man pga de experimentella förhållandena nästan garanterat kan räkna med att laboratoriemiljön varit förorenad med ferromagnetiska material. Resultat av sådana studier kan inte tolkas på ett meningsfullt sätt.

²⁰ Promotion syftar på mekanismer som spär på den initiala skadan (se föregående fotnot) så att tumörcellen utvecklas vidare. Dessa mekanismer behöver inte innebära att DNA skadas ytterligare utan det kan handla om andra händelser.

²¹ D.A. Savitz and D.P. Loomis, *Am. J. Epidemiology*, Vol. 141, 1995:123-134.

retiska överväganden. Se även avsnittet nedan om epidemiologiska undersökningar.

Kriterium nummer 3 betonar att "om sambandet är begränsat till specifika arbetare och till speciella platser samt typer av sjukdomar, samt att det inte finns några andra samband mellan (den föreslagna) orsaken och andra sätt att avlida på, då finns ett starkt skäl att misstänka att ett orsakssamband föreligger.

Man bör här notera en viktig skillnad om man t ex resonerar kring kemikalier eller kring magnetiska fält. För kemikalier får oftast väldefinierade delar av kroppen större andel av kemikaliedosen än andra, under det att magnetiska fält kan antas nå samtliga kroppens delar (jämför joniserande strålning). Om magnetiska fält gav upphov till flera olika typer av cancer i en grupp människor, skulle de ge upphov till samma cancertyper i likartade proportioner i alla andra grupper som exponerats på ett likartat sätt.

4. Tidskorrelationen åsyftar en logisk ordning mellan händelser. För magnetiska fält saknas i allmänhet möjlighet att få data som belyser situationen längre bakåt i tiden. Därför måste sådana fält antingen antas, eller i bästa fall beräknas. Ett exempel från TMI-olyckan (Harrisburg, 1979) kan illustrera: Där framkom t ex cancerfall i den efterföljande statistiken där några tumörer diagnosticerats före olyckan (och det fanns också cancerfall bland folk som flyttat in i Harrisburg-området efter olyckan).

5. Koherenskriteriet handlar om att exponering och effekt måste följas åt på ett rimligt sätt i tid och rum. Detta krav uppfylls t ex för sambandet mellan rökning och lungcancer, och gäller dessutom för varje kön för sig: Svenska mäns minskande rökning åtföljdes av nedgång i männens lungcancerincidens/frekvens. Samtidigt följdes kvinnors fortsatt ökande rökning med kvinnors ökande lungcancerincidens.

6. I de flesta riskmodeller (kemikalier, strålning mm) antar man att "mer är värre". Det innebär att ökande kemikaliedos eller högre grad av exponering för magnetiska fält skulle leda till fler tumörer, eller allvarligare grad av symtom. För magnetiska fält finns inga klara samband av detta slag. Det finns inga accepterade medicinska effekter av en förorening eller annat skadligt agens där effekten inte ökar med dosen. Effekten av magnetiska fält kan förväntas, på basis av generella symmetrieffekter, variera med kvadraten på fältet vid låga fältnivåer. Detta beroende hänger samman med att det magnetiska fältet uppstår från rörelsen av elektriska laddningar snarare än från laddningarna själva - det är knappast förenligt med tanken på att cancerrisken skulle ändras (från plus till minus) allteftersom magnetiska fältet byter tecken.

Kraftledningar ger upphov till ett magnetfält på 0,3 mikrottesla eller mindre i närliggande byggnader. En norsk studie av järnvägsarbetare med ca 3 mikrottesla visade ingen effekt.²² Elektriska filter gav förr ännu högre fält (30 mikrottesla) innan de gjordes med parvisa trådar, men äldre typer av elektriska filter har inte visats ha någon stor verkan på människor, trots att man kan anta att dessa filter

²² T. Tynes *et al.*, Leukemia and brain tumors in Norwegian railway workers, a nested case-control study, *Am. J. Epidemiology*, Vol. 137, 1994:645-653.

skulle ge en effekt som var 10 000 gånger större än den för boende som exponerats för 0,3 mikrotlesa. En första studie visade en liten effekt men senare studier med förbättrad metodologi visade ingen effekt alls. Höga fält är också kända från laboratorier men inga sjukdomsframkallande effekter är kända. En del forskare har också avsiktligt utsatt sig själva för flera tesla (!) utan några uppenbara skadliga effekter av de slag som diskuteras.

10 sekunders arbete i ett sådant fält skulle motsvara livstids exponering för 0,3 mikrotlesa. De enda effekter man kan märka är smak av fyllningar i tänderna samt små ljusblixtar i näthinnan om huvudet rör sig i fältet.

Sammanfattningsvis finns det ingen känd exponeringsnivå för magnetiska fält där man klart visat att de kan förorsaka cancer. Det finns därför ingen anledning att tro att magnetiska fält av något logiskt skäl skulle utgöra ett undantag från den vanliga regeln att "mer är värre".

Mer generellt bör betonas att det finns två slags värden invävda i upprättande av ett "dos-responssamband". Det första är att belysa att ett samband av något slag faktiskt föreligger. Det andra handlar om risken per dosenheter som tas ur sambandets riktningskoefficient. I det senare sammanhanget måste man emellertid vara medveten om att den statistiska säkerheten sjunker allteftersom dosen minskas. Detta innebär att någonstans i en (oftast linjär) extrapolation ned i lågdosområdet och mot dosen noll kommer man till ett område där man helt enkelt inte vet hur sambandet ser ut. Om man drar en sådan rät linje ned mot noll måste man därför förstå att det handlar om ett arbetsredskap i brist på vetande – i lågdosområdet är det ju möjligt att de relativa riskerna är större eller mindre – både med avseende på individuella risker och med avseende på skattningar som rör populationers genomsnittliga risker.

7. De effekter som hävdas måste vara biologiskt möjliga. Detta kriterium kan inte alltid uppfyllas genom att "vad som är biologiskt möjligt" beror på dagens kunskapsläge. Detta innebär att föreslagna mekanismer inte utan vidare får hävdas om de bryter mot tidigare etablerad kunskap. För magnetiska fält har ingen mekanism hittats som stöder att magnetiska fält skulle kunna förorsaka cancer.

8. Två kriterier som gäller experiment är:

8.1 De måste kunna upprepas av oberoende forskargrupper.

8.2 Det måste vara relevant för den effekt (t ex sjukdom) som diskuteras.

Till detta kommer ibland andra förhållanden som gör att man måste ställa sig tveksam till experimentella data. Till exempel redovisade Blackman och medarbetare (1994) experiment där man studerat hämning av nervtrådars tillväxt som följd av ett svagt pålagt magnetfält. Detta mättes med en ja/nej-bedömning. Statistiskt är resultaten alltför bra för att kunna härröra från de mätningar man säger sig ha gjort.

9. Analogier kan nyttjas för att dra slutsats om huruvida en viss effekt kan tänkas existera. Vissa av våra sinnesorgan har sin optimala detektionsnivå mycket nära de fysikaliska gränserna (det naturliga bruset), men ändå behövs ingen "ny" fysik för att förstå hur sinnesorganen fungerar. Ögats näthinna är t ex känsligt för enstaka fotoner. Analogitänkandet inte bara fallerar

(magnetiska fält) i sin förmåga att peka på att en effekt kan finnas, utan antyder också att en effekt är osannolik.

8 Epidemiologiska undersökningar

Epidemiologi handlar om fördelning av sjukdomar hos befolkningar och vilka faktorer som är eller kan tänkas vara orsaken till sjukdomarna ifråga. Epidemiologiska undersökningar kan alltså vara av stort värde för att peka på eventuella risker i samhället. De kan också ge vägledning kring hur man kan gå vidare för att se om man kan "bekräfta" eventuella samband genom exempelvis välgjorda experiment på försöksdjur eller med celler i odling. Därför vore det bra om, inte minst inom EMF-området, epidemiologer, experimentellt inriktade forskare samt teoretiker inom ämnen som fysik och kemi, i större utsträckning än hittills, lånade varandras glasögon och samarbetade praktiskt.

Behovet av sådant samarbete har ökat under senare decennier vilket bland annat beror på att mer komplex kunskap tillkommit för sådant som rör näringsintag, kroppens immunförsvar, ärftliga faktorer mm. Inte minst gäller detta den omfattande information som gäller genetiska "markörer", specifika kromosomskador mm som tillkommit sedan 1980-talet²³. En viktig aspekt på en mutation är att den inte enkelt kan ses som "bra eller dålig" vare sig på individ- eller populationsnivå. "Bra eller dålig" beror inte bara på den yttre miljön, vad vi äter osv utan också på den genetiska miljön. En muterad gen måste alltså ses i sitt sammanhang med den övriga genetiska miljön.²⁴

Ett särskilt problem som rör epidemiologiska studier uppstår när man hittar samband med sällsynta sjukdomar. Om man undersöker eventuella samband mellan EMF i någon bemärkelse och många olika *sällsynta sjukdomar* bör man av rena slumpskäl inte förvånas över om man åtminstone får några samband som kan anses vara statistiskt signifikanta (dvs i matematisk bemärkelse). Sådana samband bör rimligen uppfattas som hypotesgenererade men med en neutral metodik där man lyfter fram en sådan sällsynt sjukdom från början och för olika miljöer bör man kunna sortera bort ev. slumpspratt och tillhörande felaktiga slutsatser. Se även kravet på specificitet (Se även ovan punkt 3 för Hills kriterier).

En aspekt som är unik för en epidemiologisk undersökning är att den representerar en slags "engångsexperiment". Man kan aldrig upprepa samma undersökning exempelvis 5-10 år senare pga att en mängd förhållanden ändras under tiden. Individerna är alltid olika och var och en har en unik arvs massa. En följd av detta är att en epidemiologisk undersökning inte kan utsättas för upprepningsförsök av oberoende forskargrupper – däremot kan andra forskargrupper utföra liknande undersökningar med samma hypoteser och syften. Sammantaget innebär detta att epidemiologer dels bör beakta detta i händelsen hur de formulerar sina hypoteser, dels hur de kommunicerar sina resul-

²³ För en översikt av exempelvis kromosomskador, se M. Greaves and J. Wiemels, Origins of chromosome translocations in childhood leukaemia, *Nature Rev., Cancer*, Vol. 3, 2003:1-11.

²⁴ T. Dobzhansky, *Genetics and the Origin of Species*, 1st ed., 1937, Columbia University Press.

tat. För komplexa vetenskap-liga utmaningar som den som rör orsakerna till att vissa barn drabbas av leukemi är det därför viktigt att epidemiologerna inför hypotesuppställningen förstår karaktären hos centrala underliggande mekanismer.

Det närmaste man annars kan komma epidemiologi i laboratoriet är välplane-rade djurförsök som dessutom har fördelen att de kan upprepas. Människor gör alla möjliga saker under sin levnad och det är omöjligt att hålla reda på allt och dessutom glömmer människor med åren bort hur det var med sådant som kan vara relevant (t ex när en f d rökare slutade röka). Försöksdjur där- emot kan man kontrollera i en helt annan bemärkelse och däri ligger det stora värdet – inte minst om djuren ifråga liknar människor så mycket som möjligt. Som bekant är råttan en sådan modell men det är inte självklart att exempelvis ett nattaktivt djur alltid är en bra modell för människa.

8.1 Relativa risker

Relativ risk uttrycks på flera olika sätt beroende på hur data insamlats och beroende på vad det är man vill framhålla. Man kan exempelvis följa två grupper av från början friska människor men som har olika levnadsvanor eller exponeringsförhållanden och sedan följa i vilken grad dessa drabbas av olika sjukdomar senare i livet (s k kohortstudie). En kohortstudie handlar ofta om uppföljning under flera decennier eller livslång uppföljning (t ex den som rör exponerade och oexponerade överlevande efter atombombarna i Japan 1945 och deras insjuknande i cancer). Ett annat sätt att studera risker är att följa upp sådana som blivit sjuka och sedan jämföra med personer som inte blivit sjuka och man försöker sedan reda ut i efterhand i vilken grad dessa båda grupper exponerats för vad det nu handlar om. Det senare kallas fall-kontrollstudie.

Här ska i all korthet nämnas *risk ratio*, RR samt *odds ratio*, OR.²⁵ Dessa risk-begrepp är matematiskt olika definierade men vid låg normalförekomst (dvs för oexponerade om vi avser exempelvis EMF, en kemikalie eller något biolo-giskt agens) av exempelvis en sjukdom man studerar är i praktiken ofta OR en god approximation av RR. Syftet med dessa rader är inte att här närmare definiera begreppen – de behandlas i den epidemiologiska litteraturen – det viktiga är att läsaren är uppmärksam på att OR och RR inte är samma sak och kanske framför allt att OR ibland kraftigt kan avvika från RR. För att skatta RR respektive OR på basis av epidemiologiska data använder man ganska avan-cerade datorprogram där hänsyn kan tas till undersökningsmaterialets karak-tär och korrigeringar kan göras för sådant som åldersstruktur, kön, rökvanor och annat.

²⁵ Odds ratio betyder som begreppet antyder att man har att göra med kvoten mellan två kvoter: Ofta handlar det om andelen sjukdomsfall bland exponerade (för agens X) som dividerats med andelen sjukdomsfall bland oexponerade. S k kohortstudier där man jämför sjukdomsfall med friska kontroller är av denna art och resulterar alltid i OR. För närmare förståelse för begreppen, se J. Zhang and K.F. Yu,, What 's the Rela-tive Risk? *J. Am. Medical Association*, Nov. 18, Vol. 280(19), 1998:1690-1691 samt A.J. Viera, Odds Ratios and Risk Ratios: What's the Difference and Why Does It Mat-ter?, *Southern Medical Association*, 2008:730-734.

I sammanhanget kan nämnas begreppet *incidens* som handlar om hur många (t ex per 100 000 invånare) som insjuknar under en viss tidsperiod.

En slående sida av många epidemiologiska resultat är att de ofta endast kommuniceras som just en relativrisk. Om man vill att motsvarande statistik verkligen ska förstås bättre hjälper det om man som komplettering inte bara anger osäkerheterna utan också – och framför allt – uppgifter om sjuklighet/dödlighet etc i *absoluta* tal och, om möjligt, som tidstrender. För Sveriges del handlar exempelvis antalet bedömda extra barnleukemifall (förutsatt att kraftledningarna finns med som orsak vilket den mesta forskningsinformationen inte talar för) om storleksordningen 0,3 extra fall i landet per år.²⁶

8.2 Kraftledningar

Som nämnts ovan publicerades i slutet på 1970-talet en studie²⁷ som indikerade att barnleukemier skulle kunna bero på exponering för EMF från kraftledningar. Rapporten, som kom från Boulder i Colorado, väckte stor uppmärksamhet och kan kanske ses som en startpunkt för den nutida rädslan för elektromagnetiska fält trots att studien hade en väsentlig svaghet i att vara hypotesgenererande. Därefter har många andra studier gjorts av eventuella samband mellan kraftledningar och cancer inklusive leukemier. De epidemiologiska samband om EMF och cancer och som hittills rapporterats stöds veterligen inte i mekanistiskt hänseende på något sätt som tyder på att de skulle vara av kausal natur. För att förstå detta närmare måste man bli kända till andra faktorer som dessutom på mer teoretiskt rimliga grunder förefaller hänga samman med cancer och leukemier.²⁸

Om man går tillbaka ett drygt decennium finner man ganska många artiklar och skrivelser på temat kraftledningar. En av dessa skrivelser²⁹ rörde ett rättsfall som avhandlades i högsta domstolen i Kalifornien. Utgångspunkten i skrivelsen var Hills kriterier och det resonemang som skisserats ovan. Slutsatsen blev att inget av Hills kriterier var uppfyllt.

Debattens emotionella sida hettade ibland till. Följande uttalande kommer från redaktionell nivå vid den amerikanska läkartidskriften *New England Journal of Medicine*³⁰: "De 18 åren av forskning har producerat betydande paranoia, men liten insikt och inget förebyggande. Det är på tiden att sluta upp med att slösa med våra forskningsresurser. Vi bör istället inrikta dem på forskning som möjliggör för oss att förstå de verkliga biologiska orsakerna till de leukemikloner som hotar barnens liv."

²⁶ Totalt antal årliga barncancerfall i Sverige är ca 250 och av dessa utgörs i sin tur omkring 80 (ca en tredjedel) av leukemier och storleksordningen 28 % av hjärntumörer.

²⁷ N. Wertheimer and E. Leeper, Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer, *Am. J. Epidemiology*, Vol. 109, 1979:273-284.

²⁸ Till sådana faktorer hör funktioner bakom DNA-reparation och cellens delning, kromosomskador, mekanismer med vilka kemiska ämnen, joniserande strålning, virus mm kan ändra eller åtminstone störa funktionen hos DNA.

²⁹ R.K. Adair *et al.*, *Brief of Amici curiae*, SO45854, 1995:1-32.

³⁰ Editorial, Power Lines, Cancer, and Fear, *New England Journal of Medicine*, Vol. 337, 1997:44-46.

Som ovan också nämnts är det märkligt att man senare har belagt ett *samband* mellan exponeringar över 0,4 mikrotesla och förekomsten av barnleukemi trots att denna magnetfältsnivå inte svarar mot vare sig experimentella fynd eller teoretiska överväganden³¹. Den relativa risk som hittats handlar ungefär om en faktor 2,0 (+100 %). Ett flertal andra samband (än "EMF") med barnleukemier har visat på relativrisker (oftast OR) i intervallet 1,6-5,9 - frågeställningen är kort sagt komplicerad och ett flertal andra faktorer kan vara involverade såsom ärftliga, nutritionsmässiga, infektioner under fosterstadiet eller de första levnadsåren mm.³²

8.3 Mobiltelefoner och tänkbara risker

Forskare med en epidemiologisk infallsvinkel på frågan om mobiltelefoner som eventuell orsak till olika slags tumörer i huvudregionen har kommit fram till motstridiga resultat. Sammantaget förefaller emellertid de flesta inom forskningsområdet luta åt att mobiltelefoner inte är cancerframkallande (se även Appendix 2).

År 1999 publicerades emellertid en teoretiskt inriktad översiktsartikel med titeln "Cell phones and cancer: What is the evidence for a connection?"³³. Denna artikel är av särskilt värde eftersom den ger en systematisk överblick av fysikaliska, kemiska och cellbiologiska aspekter på frågeställningen om biologiska effekter (som inte bara gäller cancer). Slutsatsen av studien blev: "Sammantaget finner man att tecknet/"beviset" på ett kausalt samband mellan RF-strålning från mobiltelefoner och cancer är svagt eller icke-existerande." Denna teoretiska utgångspunkt är en helt annan vetenskaplig grund än den som härrör från epidemiologiska studier. Mer allmänt förväntar man sig naturligtvis att teoretiska överväganden och epidemiologiska studier ska peka i samma riktning - oavsett vad slutsatserna blir.

För resonemang om lågfrekventa fält (säg 50 Hz - 100 kHz³⁴) är "mobiltelefonfrekvenserna" väsentligen av intresse genom att de handlar om ett mycket större energiinnehåll räknat per foton. Däremot måste man observera att det är helt olika biologiska effekter som är av intresse i de olika frekvensområdena. Vid lägre frekvenser handlar måtten om magnetisk fältstyrka, elektriska fält och de strömmar som kan uppkomma i exempelvis människokroppen. Vid högre frekvenser blir sådana effekter underordnade och istället är det effekttäthet med besläktade mått som är intressanta (W/kg, W/cm² och liknande).

³¹ Se M. Feychting *et al.*, EMF and Health, *Annual Review of Public Health*, Vol. 26, 2005:165-89 samt A. Ahlbom *et al.*, A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia, *British Journal of Cancer*, Vol. 83, 2000:692-698. Relativrisken på 2,0 (95 % konfidensintervall: 1,27-3,13) vid 0,4 μT bygger på 44 leukemibarn (varav 30 från USA och Canada) och 62 friska "kontrollbarn" (varav 30 från Norge och Sverige).

³² För en översikt - se M. Greaves, Infection, immune responses and the aetiology of childhood leukaemia, *Nature Reviews: Cancer*, Vol. 6, 2006:193-203

³³ J.E. Moulder *et al.*, Cell phones and Cancer: What is the Evidence for a Connection? *Radiation Research*, Vol. 151, 1999:513-531.

³⁴ Ofta används i litteraturen begreppet ELF (extremely low-frequency) som ungefärligen täcker intervallet 1 Hz - 100 kHz.

9 Frågan om kausalitet ("vad beror på vad?")

En annan infallsvinkel, utöver den om hypotesgenerering, på studien av barnleukemier i Boulder belyses av ännu en studie men som publicerades 10 år senare³⁵: Denna senare studie, som inte alls fick lika stor uppmärksamhet som den Boulderstudie som rörde kraftledning, visade att samma barnleukemier hade ett ungefär lika starkt samband med närliggande trafik – både med avseende på avstånd och med avseende på intensitet.

Är då svaret istället att det är biltrafiken i Boulder som är orsaken till barnens leukemier? Nej, man kan inte okritiskt anta det heller. Kanske handlar det istället om familjer med dålig ekonomi som bor utmed trafikleder och kraftledningar (därför att de som har god ekonomi vill bo i områden där det ser mer attraktivt ut). Det kanske finns fler tänkbara orsaker till leukemierna – t ex lokala miljöförgiftande industrier eller avfallstippar, att man röker hemma i familjen, att man äter mat av dålig kvalitet, tidigare virusepidemier eller andra faktorer som vi endast kan spekulera kring om vi inte kritiskt undersöker dessa andra möjliga förklaringar.

Det ska, som tidigare diskuterats, att meningsfulla hypoteser måste vara falsifierbara. Man kan ställa upp hypoteser om i stort sett vad som helst men för att hypoteserna ska vara meningsfulla måste de kunna testas.

³⁵ D.A. Savitz and L Feingold, Association of childhood cancer with residential traffic density. *Scand J Work Environ Health*. **15**, 1989:360-3. Sammanhanget om trafikintensitet motsägs emellertid av flera senare studier, bl a: B. Langholz *et al.*, Traffic Density and the Risk of Childhood Leukemia in a Los Angeles Case-Control Study. *Ann. Epidemiol.*, Vol. 12, 2002:482-487.

10 Kostnads/nyttoanalys

En grundläggande del av strålskyddsfilosofin går ut på att all slags exponering också ska hänga samman med en viss nytta – liksom att kostnader ska beaktas. I sammanhanget "EMF" kan nyttan ofta vara svår att prissätta – för exempelvis användning av en tvättmaskin kan man sätta ett värde på den tid man sparar jämfört med att tvätta för hand. Emellertid har i bredare bemärkelse många elektriskt baserade uppfinningar och apparater förenklat våra liv och parallellt med detta kan vi konstatera att vi i Sverige lever längre än någonsin – mest påfallande över de senaste 25 åren är hur hjärt- och kärlsjukdomar gått ned som ledande dödsorsak och samtidigt har medellivslängden ökat med cirka 5 år³⁶. Att beskriva detta mer detaljerat i kausalitetstermer (orsak-verkan) är emellertid alltför komplext – ingen kan göra detta. Var och en kan reflektera över detta och förstår säkert att exempelvis sänkt inomhus-temperatur kan försvåra tillvaron för de som är hjärt- och kärlsjuka. Poängen med denna triviala kommentar är att "att avstå från något" kan vara en kostnad (negativ nytta) i någon bemärkelse – se även avsnittet om försiktighetsprincipen nedan. För den som vill sätta sig in närmare i frågor som rör dödsorsaker och kostnader hänvisas till Statistiska Centralbyrån, Socialstyrelsen samt analyser som görs inom försäkringsbranschen.

³⁶ Detta innebär att sannolikheten att istället drabbas av cancer ökar – något som också syns tydligt i statistiken över incidens respektive dödlighet för cancersjukdomar: Cancerincidensen ökar men i någon mån motverkas dödligheten i cancer tack vare förbättrade behandlingsmetoder.

11 Några aspekter på försiktighetsprincipen

Under senare år har det ofta framförts att man ska använda "försiktighetsprincipen" som skydd mot EMF. För närvarande (år 2009) tillämpar ett tjugotal länder i någon bemärkelse en försiktighetsprincip för EMF men sinsemellan finns ingen samstämmig tolkning av vad de lägger i begreppet. Även i den allmänna debatten åberopas försiktighetsprincipen men då också oftast i oklar bemärkelse.

Som de båda avsnitten nedan belyser måste en tillämpning av en försiktighetsprincip vara mycket väl underbyggd och kanske framför allt vara möjlig att kommunicera med omvärlden på ett meningsfullt och trovärdigt sätt.

11.1 Överdriven försiktighet kan i värsta fall medföra riskökning

I en bokrecension av Sunsteins bok, *Laws of Fear: Beyond the Precautionary Principle*, sammanfattar Nicklas Lundblad³⁷ några viktiga aspekter av begreppet "försiktighetsprincip". Kort sagt säger Lundblad att tillämpning av försiktighetsprincipen i ogenomtänkt form i själva verket kan betyda att man ökar risker. Utgångspunkten för denna ståndpunkt grundar sig till stor del på beteendevetenskapliga studier som handlar om hur folk ofta fattar beslut på basis av psykologiska tillkortakommanden och irrationella beslutsmodeller. Sunstein menar att det oftast handlar om en eller flera av fem brister: Systemblindhet (man missar att risken som diskuteras ingår i en större helhet), sannolikhetsblindhet, övertro på naturens godhet ("naturliga kemiska ämnen är mindre farliga än konstgjorda" t ex), tillgänglighetsheuristik samt en överdriven rädsla för att förlora vad vi har. Lundblad skriver "...tillgänglighetsheuristiken demonstrerar Sunstein hur försökspersoner har en tendens att övervärdera risker som fått mycket uppmärksamhet i försökspersonernas vardag eller i medierna, samtidigt som de undervärderar risker som inte får lika mycket publicitet".

11.2 Olika utgångspunkter för joniserande respektive icke-joniserande strålning

Det finns några principiella skillnader som rör det vetenskapliga underlaget för icke-joniserande respektive joniserande strålning. För icke-joniserande strålning kan man inte hitta ett enkelt (t ex linjärt) epidemiologiskt samband mellan olika tumörformer och exponeringen. För elektromagnetiska fält, en form av icke-joniserande strålning, känner man t ex inte till några fysikaliska me-

³⁷ N. Lundblad, Försiktighet till döds, Under Strecket, *Svenska Dagbladet*, 17 augusti 2005.

kanismer, utom värme, som skulle kunna förklara eventuella biologiska effekter. Detta gäller för cell- och molekylärbiologiska experiment liksom experiment med försöksdjur. Inte heller finns någon teoretisk grund att stå på för att man ska ha anledning att tro att icke-termiska effekter skulle kunna vara en förklaring.

För joniserande strålning däremot har man funnit tydliga epidemiologiska samband med grad av exponering hos olika grupper (atombombsöverlevande, vissa patientgrupper m fl). Vidare finns en betydande mekanistisk grund (såväl experimentell som teoretisk – främst rörande sambandet med DNA-skador och därpå följande mutationer, celledöd eller uppkomst av cancer) att stå på. Detta har säkert på ett starkt sätt influerat de filosofiska resonemangen bakom dagens strålskydd såsom de tagits fram av Internationella Strålskyddskommissionen, ICRP³⁸. Man har alltså anledning att tro att även en mycket låg stråldos skulle kunna bidra till canceruppkomst – även om sannolikheten för detta kan vara mycket låg. Märk väl att detta handlar om statistiska effekter till skillnad från akuta vävnadseffekter som uppstår efter höga stråldoser. Något motsvarande finns inte för icke-joniserande strålning.

Förmodligen är dessa skillnader i det vetenskapliga underlaget den väsentliga förklaringen till att ICNIRP endast håller sig till kriterier som avser att spegla "etablerade effekter".

Mot denna bakgrund förstår man att det är lättare att förklara en tillämpning av försiktighetsprincipen (ofta kallad ALARA³⁹) för joniserande strålning än för icke-joniserande strålning som "EMF".

Med utgångspunkt från Hills kriterier (ovan) är stödet svagt för att elektriska eller magnetiska fält i någon bemärkelse skulle kunna bidra till exempelvis ärftliga effekter eller canceruppkomst. Vi har alltså en situation där denna riskantingen är icke-existerande eller så låg att vi inte kan upptäcka den.

I sammanhanget kan det nog vara befogat att vara återhållsam med dåligt underbyggda gränsvärden. Dels kan sådana medföra stora samhällskostnader utan rimlig nytta (en värdering!). En annan problematik rör kommunikationen kring "gränsvärdet X" – somliga kanske tolkar "lägre än X" som ofarligt och "över X som farligt". Andra kanske tänker "jaha – det är minsann farligt under X också men bara lite".

³⁸ Se t ex ICRPs rekommendationer, publikationerna 26 (1977), 60 (1991) samt 103 (2007).

³⁹ ALARA = As Low As Reasonably Achievable (i praktiken så lågt som möjligt med hänsyn till praktiska förhållanden och samhällelig ekonomi).

12 Mänsklig oro

Mänsklig oro är naturligtvis reell oavsett vad den beror på. Som tidigare nämnts är osynligheten hos elektromagnetiska fält troligen en av de faktorer som kan bidra till oro - liksom förhoppningar i form av kvacksalveri - det senare har åtminstone för magnetism utövats i flera hundratals år. Flera författare i den vetenskapliga litteraturen har beträffande fenomenet "elöverkänslighet" påpekat att många av orosymptomen är samma eller liknande de symptom som man observerat i helt andra sammanhang (se t ex C-J. Göthe, Från skrivkramp till bildskärmssjuka, *Folkvett*, Nr. 2, 2002⁴⁰).

Göthe skriver inledningsvis att vissa vanliga besvär som exempelvis huvudvärk kan uppträda utan att man kan påvisa någon särskild kroppssjukdom. Resonemanget gäller fler symptom såsom oro, sömnsvårigheter, koncentrationssvårigheter, irritation mm. Göthes budskap är att en del av de drabbade associerar symptomen med något i omgivningen - något som de menar förorsakar symptomen. Det Göthe fokuserar på är de fall där man inte har att göra med kända agens såsom exempelvis allergiframkallande kemikalier, sporer, virusinfektioner mm - dvs där man inte har en förklaringsgrund som stämmer med grundläggande kunskap om människokroppens biokemi, fysiologi osv.

Göthe pekar på att samma symptombild förekommit i många olika sammanhang med det första dokumenterade exemplet på 1830-talet då folk blev rädda för det nya redskapet för att skriva text - man hade övergått från fjäderpenna till fjäderpenna med stålspets. Successivt tillkom oro för andra tekniker såsom telegrafinyckeln. Gemensamt för oron var att den ofta blossade upp under en viss tid i ett begränsat geografiskt område och sedan försvann. Problemen som associerades med telegrafinyckeln blev mycket utbredda i Storbritannien och år 1908 kom begreppet telegrafistkramp att hamna i listan över ersättningsberättigade yrkessjukdomar. Fyra år senare hade 60 % av brittiska telegrafister sådana besvär. På den europeiska kontinenten och i USA var emellertid motsvarande prevalens låg (4-10 %). Göthes tolkning är att dessa oroshärdar drivs på genom psykogena mekanismer - dvs att folk "smittar ned" varandra med idéer och tankar om fara.

Utöver osynligheten hos "EMF" bidrar också mer eller mindre regelbundet förekommande larmartiklar ("cancer", "du kan bli steril", "...osv) som publiceras i dagspress mm (se nedan). Oftast kan man efter närmare granskning konstatera att larmen är obefogade men det senare resulterar sällan i korrigerande eller mer nyanserad information.

⁴⁰ Artikeln finns på Folkvetts Internetsajt. Dessutom finns en motsvarande artikel av samma författare på engelska i tidskriften *Psychosomatics*, 1995 (samt en svensk variant i *Nordisk Medicin* år 1994).

Göthes resonemang ligger i linje med en undersökning av Stovner och medarbetare⁴¹ där man menar att en noceboeffekt kan utlösa huvudvärk vid exponering för radiofrekventa fält. Med nocebo åsyftas en förväntan om en negativ effekt av någon apparat/anordning eller exponering för något kemiskt eller biologiskt agens. Förväntan kan då medföra de aktuella symtomen – trots att faktisk exponering inte föreligger.

Det som avhandlats ovan i detta stycke och berör frågan om elöverkänslighet ligger i linje med den avrapportering som gjorts av Forskningsrådet för Arbetsliv och Socialvetenskap.⁴² Det finns dock ett område som denna rapport inte avhandlar men som inspirerat undertecknad till många av de deltemata som diskuterats i denna skrift – nämligen diskussionsgrupper, Internetplatser och andra aktiviteter bland de som uppger sig vara elöverkänsliga. Denna värld är ganska stor men troligen också relativt okänd för de som inte bemödat sig att leta lite. En sak som återkommer i dessa Internetsammanhang är missuppfattningen att man kan bevisa ofarlighet. Ett annat återkommande problem rör uppfattningen om vilka slags frågor forskningen kan/inte kan svara på utifrån metodologiska begränsningar. Bland andra återkommande tema- ta syns 1/ Misstroende mot industri, myndigheter m fl (se även avsnittet "Vem man kan lita på?" ovan) 2/ Krav på strålningsfria zoner 3/ Krav på tillämpning av "försiktighetsprincipen". "Världen är en teknisk dröm" är ett annat tema.

⁴¹ L.J. Stovner, G. Oftedal, A. Straume and A. Johansson, Nocebo as headache trigger: evidence from a sham-controlled provocation study with RF fields, *Acta Neurol. Scand.*, Vol. 117, 2008:67-71.

⁴² Forskning om elöverkänslighet och andra effekter av elektromagnetiska fält, *Forskningsrådet för Arbetsliv och Socialvetenskap*, Sjätte årsrapporten, 2008:1-29.

13 Pseudovetenskap och falsarier

Pseudovetenskap är en lång och komplicerad avdelning som tyvärr drabbat EMF-frågan ganska hårt. Det tar sig i uttryck på många olika sätt allt ifrån kvacksalveri (healing mm) till vetenskapliga bedrägerier som kan ha underliggande personliga eller politiska mer eller mindre grumliga syften. Ibland kan det handla om en efterlängtdad vetenskaplig karriär där denna drivkraft tagit överhanden. Exempelvis avskedades en forskare från Lawrence Livermore National (Berkeley) omkring år 1999 pga forskningsfusk som gällde kalciumläckage genom cellmembraner och elektromagnetiska fält. Kalcium är en viktig signaljon i många cellslag och därför måste kalciumnivån i celler normalt hållas på "rätt" och i allmänhet mycket låg nivå. Forskaren ifråga hade uteslutit 93 % av experimentella data som inte passade den egna uppfattningen. Två publicerade arbeten (omkring år 1992) i vetenskapliga tidskrifter drogs i sammanhanget tillbaka. För kraftindustrin i USA kom konsekvenserna av den här oseriösa forskningen att kosta över en miljard USD fram till år 1994 – det handlade om allt från omdragning av ledningar till rättsprocesser. En annan forskningsskandal (vid Medical University of Vienna) kom i dagen under 2008 – det handlade om data om DNA-skador som bedömdes vara påhittade.

Lite överraskande kan det kanske tyckas att man t o m kan hitta pseudovetenskapliga artiklar indexerade i databaser som Medline. Begrepp som kvantmedicin, harmoniska vibrationer och liknande bör ge en automatisk varningssignal och det är då ofta bra att följa upp med att kombinera forskarens namn med ord som "healing" i någon bra sökmotor. Dessutom bör man vara observant på s k "framing" (eng. frame – dvs "Inramning") som innebär att man hittar på institutionsnamn, webadresser, och titlar åt sig själv så det låter bra. Det ger då en falsk legitimitet åt verksamheten.

Ett annat exempel på ren gallimatias som inramats är "Perspectivism Foundation, Institute of Theoretical Physics and Advanced Studies for Biophysical Research" i Florida med artiklar i stil med "The intrinsic electro-gravitational mechanism of life, the basis of neoplasia, and the clinical method of repair." I detta fall ligger en intressant affärsverksamhet bakom - Jacobson Resonance Enterprises Magnetic Resonance Therapy.

För att få oseriösa och/eller dåliga artiklar publicerade kan man starta egna tidskrifter med vetenskapligt klingande namn. Exempelvis startade år 2005 "tidskriften" *European Biology and Bioelectromagnetics* (www.ebab.eu.com) där bl a kvacksalvaren och kirlianfotografen Roger Coghill förekommer som skribent (Coghill har för övrigt också fått en del positiv uppmärksamhet genom Cancer- och Allergifondens Tidning, Nr. 1, 2000, sid. 7). I praktiken finns inte EBAB-tidskriften eftersom den veterligen inte är indexerad i några medicinska forskningsdatabaser – exempelvis kunde inte Karolinska Institutets bibliotek hitta tidskriften vid en förfrågan år 2008. Dess trovärdighet rubbas även genom andra varningssignaler.

14 Några historiska återblickar

En av anledningarna till att det är svårt att informera om elektromagnetiska fält, EMF, för en vidare krets av allmänheten är att EMF är, som inledningsvis kommenterats, osynligt och därigenom av många upplevs som lite mystiskt. För att förstå detta idag kan det vara av visst intresse att förstå de föreställningar som fanns för några hundra år sedan och som lever kvar än idag men i nya skepnader. Det som är särskilt märkligt är att uppenbart kvacksalveri än idag marknadsförs för att just skydda sig mot exempelvis "strålning" (som ganska ospecificerat begrepp).

Magnetism⁴³ upptäcktes förmodligen för flera tusen år sedan (en fåraherde vid namn Magnus sägs ha undrat över vissa stenar som fastnade på spännena på hans sandaler). De enklaste principerna för magnetism och användandet av en magnetisk kompass beskrevs i detalj av italienaren P. Peregrinus år 1289.⁴⁴ Medeltida skribenter trodde bl a att magnetism både kunde förorsaka och bota melankoli och magnetiska "stenar" ansågs – med tanke på attraktionskrafterna även vara bra för kärlekslivet. På 1700-talet hade medicinkonsten avancerat till det stadium att man tog till magneter. Hade någon till exempel buksmärta rörde man ned järnfilspån i vatten som patienten sedan fick svälja. Därefter förde man en magnet av hjärtats form runt på patientens mage.

Det tvärvetenskapliga tänkandet avancerade och år 1843 fastslog prästen Jacob Baker (Massachusetts) "The nervo-vital fluid pervaded all natural objects, producing such physical forces as electricity, magnetism, and galvanism and serving as the great connecting link between mind and matter."

C. J. Thacher i Chicago (även kallad "King of the magnetic quacks") förklarade också på 1800-talet syndens sammanhang med magnetismen: "Disease resulted when the blood's natural ability to siphon magnetic power from the atmosphere was compromised by unhealthy living." Dessbättre hade C.J. Thacher botemedel mot de flesta problem: "Magnetism properly applied will cure every curable disease no matter what the cause".⁴⁵ Thacher sålde med denna utgångspunkt bl a rockor med 700 magneter i.

Till sjukdomar som man ansåg sig kunna bota med magnetism hörde utöver tidigare nämnda melankoli även astma, skallighet, bisarrt beteende, blödningar, blindhet, brist på magnetisk harmoni, brist på harmoniska vibrationer i hjärnan, bråck, cancer, diarré, inkontinens, konvulsioner, kräkning, epilepsi,

⁴³ Det som här följer nedan är delvis taget från R.M. Macklis, [Magnetic Healing, Quackery, and the Debate about the Health Effects of Electromagnetic Fields, Ann. J. Medicine, Vol. 118, 1993:376-383.](#)

⁴⁴ Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad Sygerum de Foucaucourt, Militem, De Magnete (privat publikation).

⁴⁵ C.J. Thacher, Plain road to health without the use of medicine, Chicago, Jameson and Morse, 1886.

förlamning, gikt, hysteri, neuropsykiatriska syndrom, förgiftning, reumatism, talsvårigheter samt tandvärk.

Appendix 1. Exponeringsgränser såsom de föreslås av ICNIRP

[ICNIRP](#) använder begreppen "basic restrictions" som bygger på faktiska biologiska effekter och referensnivåer som relaterar till externt uppmätta data. ICNIRP skiljer vidare på "basic limits" och referensnivåer och där en extra säkerhetsnivå lagts på jämfört med "basic limits" samt rekommenderar också olika nivåer för yrkesarbetare respektive allmänheten. Dessa rekommendationer för 50 Hz är såsom följer⁴⁶:

Basic limits	
Yrkesarbetare	10 mA/m ²
Allmänheten	2 mA/m ²
Referensnivåer för ett elektriskt fält	
Yrkesarbetare	10 kV/m
Allmänheten	5 kV/m
Referensnivåer för magnetisk flödestäthet	
Yrkesarbetare	500 µT
Allmänheten	100 µT

För radiofrekventa fält använder istället ICNIRP effekt per kilo som mått och motsvarande basic limits är för yrkesarbetare 0,4 W/kg och för allmänheten 0,08 W/kg.

För *statiska* magnetiska fält rekommenderar ICNIRP⁴⁷ följande gränsvärden:

Exponeringskaraktäristik	Magnetisk flödestäthet
Yrkesmässig ⁴⁸	
Exponering av huvud och bål	2 T
Exponering av armar och ben ⁴⁹	8 T
Allmänheten	
Exponering av hela eller delar av kroppen ⁵⁰	400 mT

⁴⁶ Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz), *Health Physics*, Vol. 74(4), 1998: 474-522.

⁴⁷ Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields, *Health Physics*, Vol. 96(4), 2009:504-514.

⁴⁸ För specifika tillämpningar anses att exponering upp till 8 T kan motiveras, förutsatt att omgivningen kontrolleras och att man har kontroll över rörelseinducerade effekter.

⁴⁹ Information om effekter bortom 8 T anses otillräcklig.

⁵⁰ Potentiella risker finns för personer med tekniska anordningar (t ex pacemakers) eller implantat inopererade i kroppen. *I vissa fall kan detta föranleda avsevärt lägre restriktionsnivåer som kan handla om nedåt 0,1 mT eller lägre.*

Appendix 2. IARCs klassificering

IARC klassificerar olika agens efter huruvida de bedöms vara cancerframkallande eller inte.

För elektriska och magnetiska fält har IARC i kortversion kommit fram till följande:

Statiska magnetiska fält: Klass⁵¹ 3, Otillräckligt underlag för att man ska kunna göra en bedömning om eventuell cancerrisk för människa.

Variierande lågfrekventa magnetiska fält: Klass 2B: Möjligen cancerframkallande hos människa.

Variierande elektriska fält: Klass 3, Otillräckligt underlag för att man ska kunna göra en bedömning om eventuell cancerrisk för människa.

Radiofrekventa fält: Den IARC-information som veterligen finns tillgänglig går tillbaka till år 1998 och pekar på Klass 3 men IARC avvaktar både den sk Interphonestudien och ställningstaganden från ICNIRP.

Kommentar: Klass 1 utgörs av ämnen där IARC dragit slutsatsen att de är cancerframkallande. Klass 4 motsvaras av de ämnen man bedömt som "troligen inte cancerframkallande".

För närmare information rörande kriterier bakom IARCs klassificering av EMF i det lågfrekventa området hänvisas till

<http://www.iarc.fr/> .

[Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency \(ELF\) Electric and Magnetic Fields. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 80 \(2002\)](#)

⁵¹ Anm. IARC använder ordet "Group" men man hör nog oftare ordet "klass" i svenskt språkbruk.