

# Mobiltelefon og helse

Rapport fra en ekspertgruppe  
opprettet etter oppdrag  
fra Helsedepartementet

**Rapport 2003:8**

April 2003

Nasjonalt folkehelseinstitutt

**Tittel:**

Mobiltelefon og helse

Rapport fra en ekspertgruppe opprettet etter oppdrag fra Helsedepartementet

**Utgiver:**

Nasjonalt folkehelseinstitutt

Pb 4404 Nydalen

0403 Oslo

Telefon: 22 04 22 00

Telefaks: 22 35 36 05

E-post: folkehelseinstituttet@fhi.no

**Foto:**

Erlend Aas/Scanpix

**Layout:**

Per Kristian Svendsen/Grete Søimer

**Trykk:**

Nordberg Aksidenstrykkeri AS

**Opplag:** 400

ISBN: 82-8082-036-1

ISSN: 1503-1403

IN: 00002059-1



<b>Kapittel 1. Sammendrag</b>	6
English summary	7
<b>Kapittel 2. Innledning</b>	8
2.1. Mandat og medlemmer	8
2.2. Rapporter som legges til grunn for utredningen	8
2.2.1. Rapportenes hovedkonklusjoner	9
2.3. Publikums bekymring	9
2.4. Rapportens oppbygning	9
<b>Kapittel 3. Mobiltelefoner og basestasjoner – bruk og virkningsmåte</b>	11
3.1. Nåværende og fremtidig bruk av mobiltelefoner	11
3.2. Elektromagnetiske felt og feltstyrker	11
3.2.1. Hvordan fungerer en samtale fra en mobiltelefon?	12
3.2.2. Felt fra mobiltelefoner, trådløse telefoner og basestasjoner	12
3.3. Absorpsjon av elektromagnetiske felt i kroppen	13
3.3.2. Eksponering fra mobiltelefoner og trådløse telefoner	14
3.3.3. Eksponering fra basestasjoner	15
<b>Kapittel 4. Metoder som benyttes til å undersøke mulige helseskader</b>	16
4.1. Befolkningsundersøkelser	16
4.2. Forsøk med mennesker	17
4.3. Dyrestudier	17
4.4. Cellestudier og molekylære studier	17
4.5. Kriterier for vurdering av effekt	17
4.6. Risikovurdering	17
<b>Kapittel 5. Helseeffekter</b>	19
5.1. Kreft	19
5.1.1. Studier av kreft i befolkningen	19
5.1.2. Studier av kreft hos dyr	21
5.2. Virkning på fruktbarhet og avkom	22
5.2.1. Resultater fra befolkningsstudier	22
5.2.2. Dyrestudier	23
5.3. Øyeskader og synseffekter	24
5.4. Effekter på hjerte, blodtrykk og sirkulasjon	25
5.5. Effekter på immunsystemet	25
5.6. Hormonelle effekter	25
5.6.1. Melatonin	25
5.6.2. Andre hormoner	26
5.7. Effekter på nervesystemet	26
5.7.1. Funksjonelle og strukturelle endringer i hjernen	26
5.7.2. Effekter på blod-hjernebarrieren	27
5.7.3. Effekter på cellemembraner	27

5.8. Helseproblemer og subjektive symptomer	28
5.8.1. Bruk av mobiltelefoner	28
5.8.2. Opphold nær basestasjoner	29
<b>Kapittel 6. Biologiske mekanismer og effekter</b>	<b>30</b>
6.1. Genetiske og cellulære effekter	30
6.2. Enzymet ODC	33
<b>Kapittel 7. Barn og mobiltelefonbruk</b>	<b>34</b>
<b>Kapittel 8. Hovedkonklusjoner</b>	<b>35</b>
8.1. Kreft	35
8.2. Fruktbarhet og avkom	35
8.3. Øyeskader og synseffekter	35
8.4. Effekter på hjerte, blodtrykk og sirkulasjon	35
8.5. Effekter på immunsystemet	35
8.6. Hormonelle effekter	35
8.7. Effekter på nervesystemet	35
8.8. Helseproblemer og subjektive symptomer	35
8.9. Biologiske effekter og mekanismer	36
8.10. Barn og mobiltelefonbruk	36
<b>Kapittel 9. Risiko og forsiktighet</b>	<b>37</b>
9.1. Risikohåndtering	37
9.2. Føre-var-strategi og forsiktighetsprinsipp	37
9.3. Risikovurdering av mobiltelefonbruk	37
<b>Kapittel 10. Nåværende forskningsaktiviteter</b>	<b>39</b>
10.1. EU	39
10.2. Norge	39
<b>Kapittel 11. Tiltak og anbefalinger</b>	<b>40</b>
11.1. Forvaltningstiltak i inn- og utland	40
11.1.1. Forvaltningsmessig praksis i Europa og USA	40
11.1.2. Forvaltningsmessig praksis Norge	40
11.2. Råd til myndigheter	40
11.3. Råd til bransjen	41
11.4. Forskning	41
<b>Referanser</b>	<b>42</b>
<b>Ordforklaringer og forkortelser</b>	<b>47</b>

Utvalget har vurdert flere større rapporter utarbeidet for nasjonale myndigheter og internasjonale organisasjoner. I tillegg har utvalget tatt for seg vitenskapelige publikasjoner som er kommet til i seinere år. Utvalget har stilt tradisjonelle krav til kvaliteten til forskningspublikasjonene. Dette innebærer blant annet at resultater må ha vært gjentatt i uavhengige studier for at de skal kunne danne grunnlag for sikre konklusjoner.

Seinere års befolkningsstudier tyder ikke på at det er forbundet med helsefare å bruke mobiltelefoner eller å oppholde seg i nærheten av basestasjoner. Dette gjelder kreft, effekter på fruktbarhet og avkom. Godt kontrollerte studier av forsøkspersoner viser ikke effekter på blodtrykk og sirkulasjonssystem, hodepine, eller diverse subjektive helseplager, og heller ikke indikasjon på at nevrologiske skader kan oppstå.

Enkelte resultater fra laboratorieeksperimenter kan tyde på at svake elektromagnetiske felt kan ha virkninger på celler og celledsystemer. Dette er biologiske effekter som ikke nødvendigvis har betydning for menneskers helse. I de fleste tilfeller har eksperimentene ikke vært reproduisert i uavhengige laboratorier. På den annen side er resultatene interessante og de kan tyde på at svake elektromagnetiske felt kan ha biologiske virkninger som man ikke fullt ut kjenner mekanismene bak.

Etter en samlet vurdering kan utvalget ikke helt utelukke at enkelte helseeffekter kan forekomme. Dette skyldes at kunnskapen på enkelte områder fortsatt er mangelfull og at mobiltelefoner først i seinere år har fått allmenn utbredelse. For enkelte sykdommer – spesielt kreft – tar det mange år fra en påvirkning finner sted til sykdom viser seg. Tross dette forbeholdet når det gjelder kreft vil utvalget samtidig presisere at det hittil er manglende eller meget usikre indikasjoner på kreftfare, vurdert ut fra virkning av stråling fra mobiltelefoner på forsøksdyr og celledsystemer.

Den tvilen som gjenstår kan begrunne en viss forsiktighet. Spesielt gjelder dette barn, som sannsynligvis vil benytte mobiltelefon gjennom et langt liv, og som ikke selv kan ta ansvar for egne valg og konsekvenser for helse. Forsiktighet kan bestå i å begrense bruken av mobiltelefon, eller å begrense det elektromagnetiske feltet på andre måter.

Utvalget gir anbefalinger til myndigheter og bransje. Dette omfatter behov for og organisering av informasjon til publikum og lokale myndigheter, vurdering av plassering av basestasjoner, og behov for å opprettholde og videreutvikle faglig kompetanse om helseeffekter og eksponeringsforhold. Det gis også råd om behov for videre forskning i Norge.

At the request from the Norwegian Ministry of Health, an expert committee has evaluated possible health problems related to the use of mobile (cellular) phones, i.e. electromagnetic radiation in the frequency range 400 – 2500 MHz.

The committee evaluated several recent reviews prepared for national authorities and international organisations. In addition, recent scientific reports (since year 2000) were evaluated. Standard criteria were used to consider the quality and strength of the results of scientific studies. This means that, e.g., the results must have been repeated in independent studies in order to allow conclusions to be drawn with respect to causation.

Population based studies from recent years do not indicate that the use of mobile phones, or being in the vicinity of antennas, is associated with hazard to health. This applies to cancer, fertility and effects on the offspring. Furthermore, well-controlled studies of volunteers do not show indications of neurological damage, effects on blood pressure and other parameters of the circulatory system, headache, or various subjective health problems.

Some results from laboratory experiments may be interpreted as indicating that weak electromagnetic fields may affect cells and cell systems. These biological effects are not necessarily relevant for human health. In most cases the experiments have not been reproduced independently in other laboratories. Even so, the results are interesting and may indicate that weak electromagnetic fields can exert biological effects via mechanisms that are not fully understood.

The committee concludes that the possibility that some health effects may occur cannot be excluded. This relates also to the fact that mobile phones have been in general public use only during recent years. For some diseases – most notably cancer – many years are needed from exposure to disease. In spite of this doubt concerning cancer, the committee emphasises that indications of an association between mobile phones and cancer are either lacking or highly inconclusive, judging from effects of mobile phone radiation on experimental animals and cell systems.

The remaining doubt could motivate a certain precautionary attitude. This particularly applies to children, since they are expected to use mobile phones during a long life without the awareness of possible implications for health. Precautionary measures may include reduced use of mobile phones or other means to reduce the electromagnetic field.

The report gives recommendations to regulatory authorities and industry. These include a requirement for information to the public and to local authorities, evaluation of the placement of antenna base stations, and a requirement to maintain and further develop scientific competence on health effects and exposure. Recommendations are also given concerning a need for further national research.

### 2.1. Mandat og medlemmer

Helsedepartementet vedtok 20. mars 2002 at det skulle nedsettes en ekspertgruppe for å gjennomgå studier knyttet til mobiltelefon og helse. Gruppen ble nedsatt av Statens strålevern og gitt følgende mandat:

Ekspertgruppen bes om å utarbeide en rapport som på bakgrunn av siste 10-års forskning knyttet til mobiltelefonbruk og helserelaterede problemstillinger i frekvensområdet 400-2500 MHz omhandler:

- eventuell helsefare på kort og lang sikt ved bruk av mobiltelefon
- usikkerhet i forskningsresultater
- råd, tiltak og behov for forvaltning for å forebygge eventuell helseskade
- behov for videre forskning i Norge
- behov for informasjon til befolkningsgrupper med privat eller yrkesmessig bruk av mobiltelefon
- omtale ulike aktørers rolle i informasjonsarbeidet

Gruppen fikk følgende sammensetning:

Seniorforsker dr.philos. Gunnar Brunborg, Nasjonalt folkehelseinstitutt, Oslo (leder)

Professor dr.philos. Rolf Bjerkvig, Institutt for anatomi og cellebiologi, Universitetet i Bergen

Seksjonssjef cand.real Merete Hannevik, Statens strålevern, Østerås

Sjefsingeniør cand.scient. Ågot Irgens, Yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland sykehus, Bergen

Overlege dr.med. Karl Otto Nakken, Spesialsykehuset for epilepsi, Bærum

Seniorforsker cand.real Tor Haldorsen, Kreftregisteret, Oslo

Førsteammanuensis dr.ing. Gunnhild Oftedal, Høgskolen i Sør-Trøndelag, Trondheim

Overlege dr.med. Tore Tynes, Statens strålevern, Østerås

Forsker cand.scient. Karl Gerhard Blaasaas, Kontor for militærmedisinsk forskning og utvikling, Forsvarets sanitet, Oslo (sekretær)

### 2.2. Rapporter som legges til grunn for utredningen

I flere land har tildels brede og tunge fagmiljøer gjennomført omfattende vurderinger av mulige helsefarer knyttet til mobiltelefoner og basestasjoner. Utvalget har lagt de nyeste og mest omfattende av disse til grunn for sitt arbeid. Disse rapportene er:

- (I). Independent expert group on mobile phones, Mobile phones and health, Sir William Stewart chairman, National Radiological Protection Board, Chilton, UK, 2000.
- (II). Den nederlandske rapporten består av to deler, en for mobiltelefoner, og en for basestasjoner: «Health Council of the Netherlands: Mobile telephones; an evaluation of health effects (Publication no. 2002/01E, NL 2002)» og «Base stations (Publication no. 2000/16E)». The Hague, Health Council of the Netherlands.
- (III). The Royal Society of Canada. A review of the potential health risks of radiofrequency fields from wireless telecommunication devices. RSC.EPR 99-1, Ottawa, Ontario, CAN.

Den kanadiske rapporten er seinere oppdatert:

- (IV). Krewski, D., Byus, C. V., Glickman, B. W., Lotz, W. G., Mandeville, R., McBride, M. L., Prato, F. S., og Weaver, D. F. Recent advances in research on radiofrequency fields and health. *J.Toxicol. Environ.Health B Crit Rev.* 4[1], 145-159. 2001.

I tillegg til de nasjonale rapportene legger vi også til grunn rapporten fra EUs vitenskapelig komite for toksikologi og økotoksikologi vedrørende potensielle helseskader knyttet til radiofrekvente (RF) felt og mikrobølger:

- (V). CSTE. Opinion on possible effects of electromagnetic fields (EMF), radio-frequency fields (RF) and microwave radiation on human health. Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTE) C2/JCD/csteop/-EMF/RFF30102001/D(01), Brüssel, Belgia.



Siden rapportene over i liten grad går i dybden innen reproduksjon og fosterskadelige effekter, har vi i tillegg valgt å legge til grunn litteraturgjennomgangen presentert i Statens arbeidsmiljøinstituttets rapport om MTB-fartøyet KNM Kvikk. Herfra omtales kun eksponeringer relevante for mobiltelefoner og basestasjoner:

(VI). Kristensen P et. al. Medfødte misdannelser blant barn med fedre som hadde tjeneste på KNM Kvikk. STAMI-rapport nr.3 2000.

Utvalget støtter seg i stor grad på vurderingene og konklusjonene i rapportene, som her kun er summarisk gjengitt. Konklusjoner og vurderinger er imidlertid diskutert mer i detalj der utvalgets egne vurderinger avviker, eller der vi finner særskilte grunner til en mer omfattende presentasjon.

De vitenskapelige artiklene som danner grunnlag for rapportene over, er bare omtalt i spesielle tilfeller. For øvrig har utvalget, i tråd med mandatet, tatt for seg nyere litteratur, i hovedsak fra perioden 2000 til mars 2003.

### 2.2.1. Rapportenes hovedkonklusjoner

Stewart-gruppen (I) konkluderte med at det foreliggende materiale ikke tydet på helseeffekter i den alminnelige befolkningen, ved eksponering for radiofrekvente felt (RF-felt) av lavere styrke enn retningslinjene til National Radiological Protection Board (NRPB) og The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Det er imidlertid holdepunkter for at biologiske effekter kan oppstå ved eksponering lavere enn disse retningslinjene. Dette betyr ikke nødvendigvis at disse effektene kan medføre sykdom eller skade.

Det nederlandske panelet (II) konkluderte med at basert på dagens kunnskapsnivå representerer ikke elektromagnetiske felt fra mobiltelefonen noen helse-risiko.

Det kanadiske ekspertpanelet (III, IV) fant ikke bevis for helseeffekter hos dyr eller mennesker ved eksponering for svake RF-felt.

CSTEE (V) konkluderer på basis av de siste ti års litteratur vedrørende mulige helseeffekter av elektromagnetiske felt i forskjellige frekvensområder. Konklusjonen for RF-felt er at det ikke er grunnlag for revisjon av EUs anbefalte retningslinjer for slik eksponering. (Disse retningslinjene sammenfaller med ICNIRPs retningslinjer.)

Kvikkrapporten (VI) konkluderte med at det ikke finnes entydig dokumentasjon for effekter på fertilitet, sædforandringer, skader i fosterutviklingen, eller direkte skadeeffekter på arvematerialet.

## 2.3. Publikums bekymring

Muligheter for helseskade etter eksponering for elektromagnetiske felt fra mobiltelefoner og basestasjoner er til tider sterkt fremme i media. Medieoppslagene kan dreie seg om resultater fra enkeltstående studier som presenteres kortfattet og uten nødvendige forbehold. De kan også omfatte resultater som ikke har vært vurdert for publisering i internasjonale vitenskapelige tidsskrifter og som dermed ikke har gjennomgått en kritisk vurdering av uavhengige fagfolk. Vitenskapelig eksakt informasjon om mulig helsefare er ofte lite egnet for å tilfredsstille publikums ønsker om informasjon. Fra publikums ståsted kan det iblant se ut som om alarmende forskningsrapporter som presenteres i media ikke blir tatt alvorlig nok. Forskere stiller strenge krav til data som skal publiseres, og tradisjonelt tolker man resultater konservativt for å unngå at funn betegnes som helseeffekter før mulige feilkilder er luket ut. Publikum er på den annen side ofte mest opptatt av at alle mulige effekter skal komme for dagen. Det er også et faktum at enkelte forskningsmiljøer – særlig i USA - har stått steilt mot hverandre når det gjelder mulige helseeffekter av mobilbruk. Innflytelse fra sterke politiske og kommersielle interesser er iblant åpenbar, og det bidrar heller ikke til å dempe publikums bekymring om mulig helsefare ved bruk av mobiltelefoner.

Man kan velge å ikke benytte mobiltelefon, men det er vanskelig å unngå å komme i nærheten av basestasjonene. Mange opplever basestasjoner som skremmende, spesielt dersom de fører til støy og forstyrrelser av elektronikken i egen leilighet. Feltet befolkningen utsettes for fra basestasjoner er klart lavere enn fra selve telefonen. Det er likevel forståelig at man stiller strengere krav til den eksponeringen man ikke kan bestemme over selv.

Den sterke økningen i mobiltelefonbruk tyder imidlertid på at publikum generelt ikke er særlig bekymret for mulige helseeffekter (I).

## 2.4. Rapportens oppbygning

Utvalget legger fram en noe mer omfattende rapport enn opprinnelig planlagt. Emnet som behandles er mangfoldig og tildels komplisert, slik at det er tatt med endel tekst av orienterende karakter for å gjøre rapporten mer leseverdige. Rapportens kapitler har følgende hovedinnhold:

Kapittel 1 gir et kortfattet sammendrag med konklusjoner som kan leses for seg.

Kapittel 2 angir utvalgets medlemmer og presiserer mandatet for utvalget.

Kapittel 3 forklarer hvordan mobilteknologien

virker og omfanget av mobiltelefonbruken. Anbefalte grenseverdier for radiofrekvente felt i Norge omtales også.

En generell omtale av metoder som benyttes for å undersøke mulige helseskader er gitt i kapittel 4.

En gjennomgang av resultater fra studier av mennesker og dyr er gitt i kapittel 5.

Biologiske mekanismer og effekter på cellenivå er omtalt i kapittel 6.

Barn og bruk av mobiltelefon er gitt egen omtale i kapittel 7.

I kapittel 8 gjengis hovedkonklusjonene fra kapittel 5 og 6 om nyere forskning.

I kapittel 9 omtales risikohåndtering og føre-var-strategier.

I kapittel 10 omtales nåværende forskningsaktiviteter i Norge og utlandet.

Tiltak og anbefalinger er gjengitt i kapittel 11.

### 3. 1. Nåværende og fremtidig bruk av mobiltelefoner

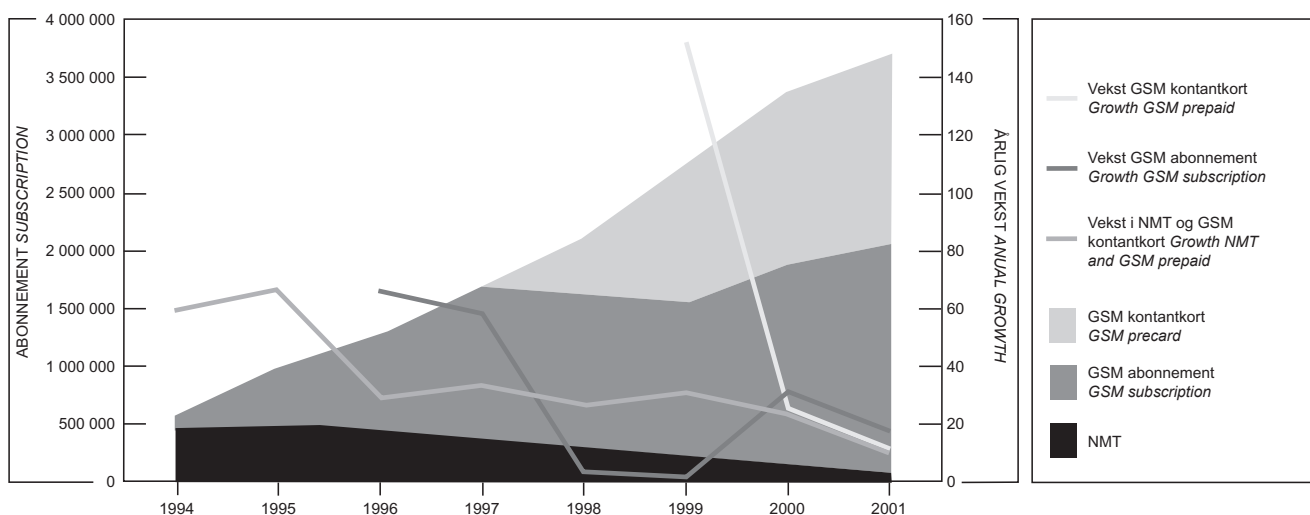
Siden håndholdte mobiltelefoner ble introdusert i Norge i første halvdel av 1990-årene, har antall mobiltelefonbrukere økt meget raskt. Det er betydelige forskjeller i bruken mellom ulike aldersgrupper med lavest bruk blant de aller yngste og de eldste. Blant de yngste er det ingen klare forskjeller mellom kjønnene, men blant 13-15-åringene har flere jenter enn gutter egen mobiltelefon (Ling og Vaage (2000)). I høyere aldersgrupper har flere menn enn kvinner mobiltelefon. Det er imidlertid mulig at dagens tenåringsjenter vil ta med sine mobilvaner når de blir eldre.

Figur 1 viser utviklingen for ulike mobiltelefon og abonnements typer. Antallet mobilabonnenter har nå passert 3,5 millioner. Dette betyr at det i gjennomsnitt er én mobiltelefon per person i Norge. Skandinavia ligger sammen med Finland på topp i Europa når det gjelder markedsandeler for mobiltelefon (I). Økningen

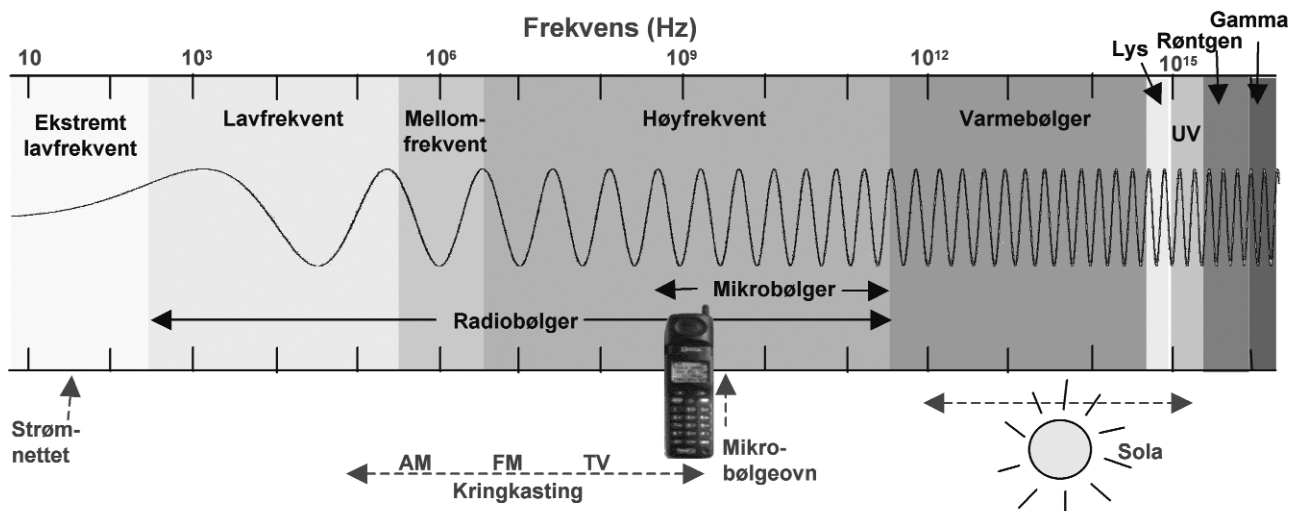
av mobiltelefonantallet er ventet å fortsette både i Norge og på verdensbasis de nærmeste årene. I 2004 regner man med ca. 750 millioner abonnenter på verdensbasis.

### 3.2. Elektromagnetiske felt og feltstyrker

Rundt alt elektrisk utstyr og alle strømførende ledninger finnes elektriske og magnetiske felt, av varierende frekvens og feltstyrke. Det er vanlig å bruke betegnelsen elektromagnetiske felt som en kortform for elektriske og magnetiske felt. Ultrafiolett stråling og synlig lys fra sola, kosmisk stråling fra verdensrommet og varme(termisk)-stråling fra nære omgivelser er også elektromagnetisk, men frekvensene er mye høyere. Figur 2 gir en oversikt over ulike frekvenser i det elektromagnetiske spekteret. Egenskapene til feltet og hvordan det påvirker oss avhenger sterkt av frekvensen.



Figur 1. Abonnement og kontantkort for mobiltelefoni, 1994-2001 (fra Telemarkedet 2001: Statistikk og analyse, Post- og Teletilsynet, Oslo).



Figur 2. Det elektromagnetiske spekteret.

### 3.2.1. Hvordan fungerer en samtale fra en mobiltelefon?

Under samtale sender mobiltelefonen ut radiobølger som fanges opp av en antenne på en basestasjon og videresendes til en mobilsentral. Samtalen sendes til det faste telenettet dersom mottageren er en fasttelefon, eller til en annen basestasjon om mottageren er en mobiltelefon. En basestasjon kan betjene et begrenset antall samtaler og har en begrenset rekkevidde.

### 3.2.2. Felt fra mobiltelefoner, trådløse telefoner og basestasjoner

Det elektromagnetiske feltet rundt en mobiltelefon kommer hovedsakelig fra antennen og elektriske elementer inne i håndsettet. Når telefonen er på, men ikke i aktiv samtale, sender den kun signaler av få sekunders varighet for å lokalisere hvilken basestasjons dekningsområde den befinner seg i. Er telefonen i ro med konstant signalstyrke, skjer dette kun hver eller hver annen time, oftere når den er i bevegelse. Tabell 1 gir en oversikt over frekvenser og effekt for de ulike systemene.

#### 3.2.2.1. NMT

Det første mobiltelefonssystemet i Norden var NMT (Nordic Mobile Telephone). Systemet opererer analogt i frekvensområdet rundt 450 MHz (NMT450). Inntil 2001 ble også frekvensområdet 900 MHz (NMT900) brukt. Maksimal sendeeffekt for NMT450-telefoner er 1,5 W og for NMT900-telefoner 1,0 W. Ved god kontakt med basestasjonen vil effekten reguleres ned til en tidel av maksimal effekt.

#### 3.2.2.2. GSM

GSM(Global System for Mobile Communications)-

telefoner opererer digitalt, i frekvensområdene rundt 900 MHz (GSM900) og 1800 MHz (GSM/DCS 1800). Maksimal tillatt sendeeffekt for GSM900-telefoner er 2,0 W. Sendeeffekt for GSM1800-telefoner er 1,0 W. GSM-telefonene sender signalet i korte pulser med en frekvens på 217 Hz. Telefonen sender signaler kun i 1/8 av tiden. Maksimal gjennomsnittlig effekt vil derfor bli 1/8 av maksimal utsendt effekt, henholdsvis 250 mW og 125 mW for de to telefontypene. I byer og tettbygde strøk, hvor basestasjonene er plassert tett, vil telefonene i tillegg kunne regulere ned effektnivået til ca. en hundredel av maksimal effekt. Telefonenes batterisparefunksjon sørger for en ytterligere reduksjon fordi sendingen slås av når man lytter. GSM-telefoner genererer også lavfrekvente magnetfelt pga. strømpulser fra batteriet. Dette feltet vil være i området 0,2-2,0  $\mu$ T 1-2 cm fra telefonen.

#### 3.2.2.3. UMTS

Den nyeste mobiltelefongenerasjonen kalles UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). Operasjonsområdet er rundt 2100 MHz. Signalet sendes kontinuerlig og er amplitudemodulert ved frekvens 100-800 eller 1500 Hz. UMTS-systemet har raskere informasjonsoverføring og vil tilby et spekter av tjenester. Systemet vil gi mulighet til å sende bilder, grafikk og andre mer avanserte tjenester. Man vil dermed i større grad holde terminalene foran seg og ikke inntil øret. Maksimal gjennomsnittlig utgangseffekt for en terminal som sender tale vil være 125 mW. For dataterminaler vil utgangseffekten være 250 mW. Nivået reguleres ned når forbindelsen til basestasjonen er god, og minimumsnivået vil være betydelig lavere enn fra en GSM-telefon. UMTS-telefonene sender også mindre når brukeren lytter slik at talepauser reduserer

gjennomsnittlig utsendt effekt. Det genereres også et lavfrekvent magnetfelt med et bredt spekter av frekvenser. Styrken varierer med sendeeffekten.

#### 3.2.2.4. TETRA

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) er et nytt digitalt radiosystem i Europa beregnet for lukkede systemer innen nødetater som brann, politi, ambulanse, og annen profesjonell bruk. For nødtelefoner benyttes frekvensbånd rundt 390 MHz og ellers rundt 400 og 900 MHz. Pulsfrekvensen er 17,6 Hz. Effekten er avhengig av om systemet er bilmontert (10 W) eller håndholdt (1 W) apparat. Telefonen sender i en fjerdedel av tiden slik at maksimal gjennomsnittseffekt blir henholdsvis 2,5W og 250 mW.

#### 3.2.2.5. Trådløse telefoner

Trådløse hjemmetelefoner er hovedsakelig av typen DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) som opererer rundt frekvensen 1900 MHz.

De er ment for bruk i og rundt hjemmet eller kontoret. Rekkevidden er inntil 300 meter. Den maksimale effekten er 250 mW. Telefonen sender signaler kun i 1/24 av tiden slik at gjennomsnittseffekten blir fast 10 mW. I motsetning til mobiltelefoner kan ikke sendeeffekten reguleres. Telefonen sender signaler under hele samtalen, også i lytteposisjon, men kun når den er i aktiv bruk.

En standard DECT-basestasjon kan betjene inntil åtte telefoner, og har en utgangseffekt på 10-125 mW. Disse basene står fast plassert, og avstand til kroppen vil være betydelig større enn for selve telefonen. Derfor vil feltstyrken man utsettes for fra disse være betraktelig lavere enn fra telefonene.

#### 3.2.2.6. Basestasjoner for mobiltelefoni

En basestasjon består av antenneelementer og en sender. Senderen er plassert i en egen utstyrshytte eller i et eget rom og er godt skjermet. Antenneelementene monteres 10-50 meter over bakken på husfasader og tak

eller i egne master. Antennene sender signaler tilnærmet horisontalt ut i en begrenset sektor med åpningsvinkler 45-65° i horisontalplanet og 6-15° i vertikalplanet. For å befinne seg i hovedstrålen må en være rett foran antennen i senderretningen i høyde med selve antenneelementet. Maksimal effekt ut fra et antenneelement er 30-50 W. Utsendt effekt avhenger av belastning på nettet og er høyere jo flere samtaler basestasjonen betjener. Inne i større bygninger kan det være små antenner i taket for å gi bedre mobildekning i selve bygget. De sender med effekt i mW-området og gir svært lave nivåer i lokalet.

### 3.3. Absorpsjon av elektromagnetiske felt i kroppen

En del av energien fra elektromagnetiske felt kan absorberes i kroppen ved at ladde molekyler eller dipoler settes i bevegelse. I frekvensområdet som er aktuelt for mobiltelefoner, er det spesielt vannmolekylene som absorberer energien og gir opphav til økt temperatur. Frekvensen er av vesentlig betydning for hvor mye av energien som absorberes og hvor langt inn i vevet feltet trenger. For frekvenser som brukes innenfor mobilområdet når bare en svært liten del av feltet lenger enn 2-3 cm fra overflaten. Siden det meste av energien absorberes i huden, er det her oppvarmingen blir størst.

Forskjellig vev har ulike elektriske egenskaper. Derfor vil absorpsjonen være større i enkelte områder, og medføre temperaturforskjeller. Blodgjennomstrømningen fører til at varme avgis til omliggende kaldere vev, og en regner med at termisk likevekt oppstår i løpet av 6 minutter. Når feltstyrken varierer, må man derfor ta gjennomsnittet av eksponeringen over perioder på 6 minutter for å få et mål som er relevant for temperaturøkningen.

Temperaturøkningen i vevet bestemmes av energien som absorberes per sekund og per kg vev. Størrelsen benevnes Spesifikk AbsorpsjonsRate (SAR) og angis i

Tabell 1. Frekvensområder og effekt for de aktuelle telefonsystemene.

Telefonsystem	Frekvens MHz	Maksimal utgangseffekt mW	Gjennomsnittlig utgangseffekt mW
NMT 450	450	1500	150-1500
NMT 900	900	1000	100-1000
GSM 900	905	2000	0,3-250
GSM 1800	1800	1000	0,2-250
UMTS	2100	125 og 250	0,00003-0,250
DECT	1900	250	10
TETRA	400, 900	1000 og 600	<250

Watt per kilo. SAR måles ikke direkte, men kan beregnes teoretisk og bestemmes ved at man for eksempel måler elektriske felt.

### 3.3.1.1. Grenseverdier

Det finnes ingen norske forskrifter for RF-eksponering. ICNIRP har gitt retningslinjer med anbefalte grenseverdier. I tillegg til oppvarming av vev, kan høy eksponering ved frekvenser under 0,1 MHz gi impulser til nerver og muskler. Eksponering for høyere frekvenser kan gi oppvarming av kroppsvev. For RF-felt har det hovedsakelig vært fokusert på varmevirkninger, men forsøk utført ved så svake felt at eksponeringen ikke fører til temperaturøkning i vevet har reist spørsmål om såkalte ikke-termiske effekter kan oppstå. Forskningsresultatene er foreløpig for ufullstendige til å trekke noen endelig konklusjon og kan ikke danne grunnlag for restriksjoner utover ICNIRPs nåværende retningslinjer.

Samlet viser studier at en temperaturøkning i kroppsvevet under 1 °C ikke medfører helseskadelige effekter. ICNIRPs anbefalte grenseverdier for SAR-verdier som inkluderer sikkerhetsmarginer (tabell 2), er basert på disse. For befolkningen generelt er denne grenseverdien ved helkroppseksponering 0,08 W/kg midlet over 6 minutter. Fordi denne størrelsen er vanskelig å måle direkte på mennesket, er det avledet referanseverdier for elektrisk (V/m) og magnetisk (A/m) feltstyrke og for effektetthet (W/m<sup>2</sup>). Når disse ikke overskrides, vil heller ikke de tilsvarende SAR-verdiene overskrides. Både SAR- og referanseverdiene er gitt i ICNIRPs retningslinjer (ICNIRP (1998)).

Ved bruk av mobiltelefoner, eksponeres kun deler av kroppen. For slike situasjoner er grenseverdiene satt for å hindre spesielt følsomme organer i å bli oppvarmet ut over det som kan aksepteres. For eksponering av hodet anbefaler ICNIRP at SAR-verdier midlet over 10 gram vev og 6 minutter ikke overskrider 2 W/kg.

## 3.3.2. Eksponering fra mobiltelefoner og trådløse telefoner

Mobiltelefoner og trådløse telefoner som brukes i dag gir ikke opphav til SAR-verdier som overskrider anbefalte grenseverdier selv når telefonene sender med full effekt. Typiske SAR-verdier for GSM-telefoner er 0,2–1,7 W/kg ved maksimal sendeeffekt, lavere enn ICNIRPs grenseverdier. Temperaturen i hjernen øker med maksimalt 0,1–0,2 °C (Van Leeuwen et al., 1999) når en mobiltelefon (GSM900) holdes inntil hodet og sender med maksimal effekt. Ved godt signal fra base-stasjon benytter telefonen lavere effekt, og SAR-verdien og temperaturøkningen blir tilsvarende lavere. GSM1800 og UMTS sender på høyere frekvenser enn GSM900, og en større andel av energien absorberes ved overflaten, inklusive den ytterste delen av hjernen. GSM1800 sender imidlertid med lavere effekt enn GSM900 og maksimal temperaturøkning i hjernen blir lavere (Bernardi et al. (2001)). Tilsvarende vil være tilfelle for UMTS-telefoner. De tidligere NMT900 telefonene hadde høyere utgangseffekt og mindre mulighet til å regulere ned effekten enn GSM og UMTS. ICNIRPs anbefalte verdi kunne da i spesielle tilfeller være overskredet.

Trådløse telefoner i fastnett har lav utgangseffekt og typiske SAR-verdier er 0,05 - 0,1 W/kg.

Hvor mye energi kroppen absorberer fra en telefon, avhenger også av antenntype og telefonens utforming. Det kan derfor være store forskjeller i SAR-verdi mellom to modeller. En uttrukket antenne gir som regel lavere SAR enn en som ikke er uttrukket. I tillegg er det av betydning hvordan telefonen holdes (antennen nær eller langt fra hodet) siden feltet avtar raskt med avstand fra antennen.

Ved å bruke «hands-free»-utstyr vil eksponeringen av hodet reduseres. Ved en vitenskapelig konferanse presenterte en gruppe ved et av Motorolas forskningsla-

Tabell 2. ICNIRPs anbefalte grenseverdier for den generelle befolkningen i frekvensområder aktuelle for mobiltelefoni

Frekvens	SAR, hele kroppen	SAR, lokalt for hode og kropp	Elektrisk feltstyrke	Magnetisk feltstyrke	Effektetthet
MHz	W/kg	W/kg	V/m	A/m	W/m <sup>2</sup>
400-2000	0,08	2,0	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	$f/200$
2000-10 000	0,08	2,0	61	0,16	10
900	0,08	2,0	41	0,11	4,5
1800	0,08	2,0	58	0,155	9

*f* er frekvensen angitt i MHz



boratorier resultater som viste reduksjoner av SAR med mer enn 90% (Chou et al. (2001)). Andre laboratorier har vist det samme. Det har vært sådd tvil om SAR virkelig reduseres ved å bruke «hands-free». Et engelsk laboratorium konkluderte med at bruk av «hands-free» i noen tilfeller økte eksponeringen av hodet. Det har ikke vært mulig å finne noen forhåndsvurdert artikkel som omhandler dette, og ingen andre har rapportert slike resultater. Dersom telefonen bæres i lomma eller beltet, vil andre deler av kroppen bli høyere eksponert. Kang og Gandhi (2002) har beregnet at maksimal SAR-verdi i brystregionen blir høyere dersom telefonen bæres inn mot kroppen i en brystlomme sammenlignet med SAR i hodet når telefonen holdes inntil øret. Forskjellen skyldes at øret sørger for at telefonen kommer lenger unna hodet.

Når mobiltelefonen brukes i bilen, vil en del av RF-feltene bli reflektert fra metallet i veggene, men i forhold til eksponeringen direkte fra mobiltelefonen er ekstrabidraget neglisjerbart. Det er også gjort beregninger av gjennomsnittlig SAR i kroppen ved eksponering for felt fra flere mobiltelefoner samtidig i biler, togkupèer etc.. Toropainen (2003) fant at anbefalte grenseverdier ikke ville overskrides. Brukes telefonen i en bil med ekstern antenne, vil eksponeringen bli vesentlig redusert.

### 3.3.3. Eksponering fra basestasjoner

I en undersøkelse av Statens strålevern (Hannevik (2000)) ble elektrisk feltstyrke rundt antenner for base-

stasjoner målt. Feltstyrken i antennens hovedstråleretning kan innenfor ca. 5 meters avstand overskride internasjonale anbefalte normer for befolkningen generelt, men antennenes plassering gjør at det sjelden er anledning til å befinne seg der.

Inntil fronten av takmonterte antenner målte man elektriske feltstyrker over 50-100 V/m, men feltet var halvert to meter unna. Bak antennene vil feltstyrken være ca. en tiendedel av feltet foran. I leiligheter rett under takmonterte antenner var feltet maksimalt 0,5 V/m. Ved fasademonterte antenner fant man elektrisk feltstyrke opp til 3 V/m rett bak antennen, og opptil 1 V/m i rommet bak antennen. Antenner plassert slik at de sender rett mot en naboblokk 40-50 meter unna, ga elektrisk feltstyrke på inntil 4 V/m i toppetasjen på naboblokken. For de laveste mastemonterte antennene vil feltstyrken ved bakkenivå kunne være opp mot 1,5 V/m. Alle disse målingene ble utført med høy belastning på nettet slik at antennene sendte med nær maksimal effekt. Resultatene var sammenfallende med tilsvarende målinger gjort i andre land. Til sammenligning er ICNIRPs anbefalte grenseverdier for befolkningen generelt mellom 30 og 61 V/m i det aktuelle frekvensområdet. For GSM900 er aktuell grenseverdi ca. 40 V/m.

I hodehøyde rett under små innendørsantenner kan feltstyrken være 1-2 V/m og opptil 0,4 V/m i lokalet ellers.

For å behandle helseskader og forebygge dem må man kjenne til deres opprinnelse og deres forekomst. Slik kunnskap får man ved å studere sykdom hos enkeltpersoner og i befolkningsgrupper. Testing og utprøving av nye stoffer og produkter benytter derfor metoder som er basert på forsøksdyr og celler. Et stort antall forskjellige tester og eksperimentelle systemer er utviklet, og de benyttes for å undersøke mulige helse- eller miljøskadelige effekter fra industrikjemikalier og kjemikalier i forbrukerprodukter, næringsmidler, plantevernmidler eller legemidler. Mange av testene er standardisert og skal gjennomføres etter detaljerte protokoller. Faget toksikologi omfatter bruk av disse testene, evaluering av resultatene, vurdering av mulighet for helsefare, og beregning av helserisiko for befolkningen. Effekter av eksponering over lang tid, i lave nivåer, utgjør en spesiell utfordring.

Eksperimentelle studier har stor betydning også for å avdekke *mekanismen* bak helseskade. Kunnskap om mekanisme er oftest helt nødvendig for vurdering av helserisiko. Virkninger på integrerte funksjoner i hele organismer eller organsystemer lar seg best studere på hele dyr. Virkninger på celle- eller organellenivå, som mutasjoner, genregulering, enzymaktiviteter, hormon/reseptor-vekselvirkninger og membranegenskaper, studeres på molekylært nivå, i enkeltceller eller i cellekulturer. Kompliserte prosesser som utvikling av kreft kan best undersøkes ved en kombinasjon av organisme- molekylære- og celledstudier.

Godt gjennomførte forsøk skal i regelen gjennomføres uten at den som observerer kjenner til hvorvidt et objekt har vært eksponert eller ikke (blindt/dobbeltblind). Dette er særlig viktig der effekten er vanskelig å kvantifisere og er gjenstand for skjønn. Det kan ansees som en mangel ved forsøket dersom slike forhold ikke er viet spesiell omtanke.

Helseskadelige effekter av RF-felt undersøkes tildels med de samme metodene som man benytter ved testing av kjemikalier.

### 4.1. Befolkningsundersøkelser

Befolkningsundersøkelser (epidemiologiske studier) er undersøkelser i grupper av mennesker for å finne ut i hvilken grad ulike faktorer påvirker forekomst av sykdom. Studiene er som regel observasjonsstudier hvor en

nøyer seg med å observere en gruppe personer uten å påvirke forsøksbetingelsene. Muligheten for å påvise lett forhøyet risiko er begrenset, og det går ofte lang tid fra eksponering til skade. Et negativt resultat (dvs. ingen effekt) i en befolkningsstudie gir ikke full sikkerhet mot mulig helseskade.

Hovedtypene av befolkningsundersøkelser er kohort- og kasus-kontrollundersøkelser. I kohortstudier defineres en gruppe personer, det fastslås i hvilken grad disse er eksponert for sykdomsfaktoren en undersøker, og kohorten følges over tid for å se hvem som blir syke. I kasus-kontrollstudier etableres en gruppe pasienter med sykdommen. I tillegg etableres en kontrollgruppe av personer uten sykdommen. De to gruppene sammenlignes med hensyn til hva de har vært utsatt for før sykdommen. For begge studietyper samles opplysninger om flere faktorer som kan ha betydning for sykdommen, for å kunne gjennomføre en korrekt analyse av effekten til den aktuelle eksponering.

Fordelen med kohortstudier er at opplysninger om eksponering foreligger forut for opplysninger om sykdom. Videre gir de mulighet for å undersøke mange ulike sykdommer. Ulempen er at et system må etableres for oppfølging av personene, og at disse ofte må følges i lang tid for å få et nødvendig antall sykdomstilfeller. Kohortstudier kan også gjennomføres retrospektivt. Kasus-kontrollstudier kan ofte gjennomføres raskere og rimeligere enn kohortstudier. Mange opplysninger kan samles inn om personene i studien. En har også bedre kontroll over antall syke som kommer med i studien. En ulempe er at det ved utvelgelse av gruppene, spesielt kontrollgruppen, kan opptre en seleksjon som gjør at en får "skjeve" resultater. Videre kan det være skjevheter i informasjonstilgangen fra kasus og kontroller, bl.a. fordi det kan være forskjeller i hvilken grad gruppene rapporterer tidligere hendelser.

Generelt er ikke den ene studietypen bedre enn den andre. Påliteligheten vil avhenge av hvordan studiene er gjennomført, men en foretrekker at resultater funnet i kasus-kontrollstudier er bekreftet i en kohortstudie.

Når gjentatte befolkningsundersøkelser viser sammenheng mellom sykdom og eksponering, vil man kunne konkludere med at det eksisterer en sammenheng selv om den biologiske mekanismen *ikke* er kjent. Et eksempel på en slik situasjon er elektromagnetiske felt fra kraftlinjer (Ahlbom et al. (2000)).



## 4.2. Forsøk med mennesker

Forsøk med mennesker er bare forsvarlig i noen tilfeller. Forsøkspersoner kan utsettes for påvirkning for å registrere mindre alvorlige og forbigående effekter som for eksempel hodepine, endret puls, eller virkninger på ytelse.

For at resultater fra slike forsøk skal være pålitelige er det viktig at verken forsøksperson eller de som er i kontakt med forsøkspersonen under forsøket skal vite om påvirkningen (RF-felt-feltet) er til stede eller ikke.

Under slike forhold har man god kontroll over eksponeringssituasjonen og andre forhold som kan påvirke forsøkspersonenes respons.

## 4.3. Dyrestudier

Forsøksdyr (vanligvis rotter eller mus) representerer en komplett organisme med reguleringsmekanismer som ikke kan gjenskapes i cellekulturer. Det er imidlertid alltid betydelig usikkerhet forbundet med å trekke direkte slutninger fra dyr til mennesker.

Grupper av dyr eksponeres med RF-felt. Andre grupper behandles helt likt bortsett fra at de ikke utsettes for felt. Det kan være vanskelig å oppnå dette, siden eksponeringen i seg selv kan føre til at dyr blir stresset (og da blir det i realiteten dette stresset man studerer effekten av, og ikke det elektromagnetiske feltet).

Eksperimenter med dyr kan klargjøre hvilke egenskaper ved en eksponering som er av betydning for at den skal frembringe en viss effekt. Ved å variere eksponeringen kan vi studere hvordan tilstanden utvikler seg med eksponeringens styrke og karakter. Derved kan vi bli i stand til å definere et mål på eksponeringens effektive styrke i form av et dose-begrep og eventuelt finne en dose/respons-sammenheng.

## 4.4. Cellestudier og molekylære studier

Forsøk med dyr suppleres og erstattes i økende grad av forsøk med celler og med subcellulære strukturer (organeller, enzymer, molekyler etc.). De er ofte billigere enn dyreforsøk, og det er sjelden etiske problemer forbundet med bruken av dem. Den viktigste fordel er imidlertid at man har mye bedre muligheter for å studere den enkelte prosess eller virkningsmekanisme.

Cellestudier og molekylære studier er egnet til å klarlegge om en gitt påvirkning, som f.eks. RF-felt, har en biokjemisk eller biologisk virkning, hva slags virkning, og i tilfelle hvilke fysiske, kjemiske og biologiske mekanismer som er involvert. Dette kan gi en snarvei

til å forstå hvordan en påvirkning kan frembringe en bestemt tilstand og bidra til å avklare et dose-begrep.

## 4.5. Kriterier for vurdering av effekt

Ved vurdering av forskningspublikasjonene som er gjennomgått har ekspertgruppen stilt allment aksepterte krav til vitenskapelig holdbarhet. Dette betyr at en rekke objektive kriterier må være oppfylt for at en effekt skal omtales vitenskapelig som "vist" eller «demonstrert»:

- Resultatene må være publisert internasjonalt i vitenskapelige tidsskrifter eller bøker av akseptabel kvalitet som benytter et system for uavhengig kvalitetsvurdering (referee-ordning).

- Forskingen skal være gjennomført i samsvar med gjeldende vitenskapelige standarder.

- Resultatene skal være reproducerbare ved laboratoriestudier og konsistente ved befolkningsundersøkelser.

- Resultatene skal være vurdert med hensyn til statistisk utsagnskraft. I befolkningsstudier vil en sammenheng være styrket dersom sammenhengen mellom eksponering og sykdom er sterk.

- Effektens styrke skal stå i sammenheng med påvirkningens styrke. Dette vil si at det skal finnes en dose-respons-sammenheng, men denne behøver ikke nødvendigvis være lineær.

Dette betyr likevel ikke at ekspertgruppen helt har sett bort fra enkeltstående resultater som ikke oppfyller alle kriteriene ovenfor. På flere områder omtales studier som viser interessante og viktige resultater. De kan danne utgangspunkt for gjentatte forsøk, eller andre typer forsøk, og de kan ha gitt nyttig informasjon og antydninger om biologiske sammenhenger og mekanismer.

## 4.6. Risikovurdering

Risikovurdering innebærer generelt å avdekke mulige negative konsekvenser av en påvirkning samt å beregne sannsynligheten for at slike konsekvenser skal inntreffe. Konsekvensene kan være helsemessige, miljømessige eller økonomiske, men her vil vi fokusere på helse.

En prosess for risikovurdering av helsefare består tradisjonelt av flere trinn:

- Identifikasjon av helsefare (*kan stoffet utløse den skadelige effekten?*)

- Vurdering av dose-responssammenheng (*hva er sammenhengen mellom dose og skade?*)

- Vurdering av eksponering (*hvilken eksponering kan foreligge?*)

– Karakterisering av risiko (*hva er sannsynligheten for skade i den aktuelle befolknings-gruppen?*)

De er selvsagt stor usikkerhet forbundet med alle trinn i denne prosessen. Det første trinnet – *identifikasjon av fare* – kan være svært godt dokumentert, samtidig som eksponeringen kan være usikker. *Dose-responssammenhengen* kan være usikker, f.eks. dersom man ekstrapolerer data fra dyreforsøk til menneske. (I toksikologisk risikovurdering legger man vanligvis inn en sikkerhetsfaktor på 10 for å ta vare på forskjeller i responsen til dyr og mennesker, og man legger inn en ytterligere sikkerhetsfaktor på 10 for å ta vare på individuelle forskjeller mellom mennesker.) *Dose-responssammenhengen* kan følge forskjellige forløp (lineær, terskel etc.), og kunnskap om mekanismen bak en helseeffekt har stor betydning for å kunne anslå dose-

respons. Vurdering av *eksponering* kan være vanskelig spesielt når man ikke har et presist mål for hvilken egenskap ved påvirkningen som er mest relevant (maksimalverdier/-gjennomsnitt/integrert). For RF-felt blir dette spesielt komplisert, fordi elektromagnetiske felt kan ha forskjellig fysiske egenskaper (pulset/kontinuerlig/forskjellig frekvens).

En risikovurdering bør omfatte en syntese av all tilgjengelig informasjon. Det samlede risikoestimatet vil kunne være mer eller mindre usikkert. Ved helsefarer knyttet til f.eks. ioniserende stråling kan man beregne risiko med en rimelig grad av presisjon, fordi man har god kunnskap om både mekanismer og om eksponering. På den annen side er helsefarer knyttet til mange kjemikalier brukt i industrien langt mindre kjent.

Eksponering for elektromagnetiske felt fra mobiltelefoner, trådløse telefoner og basestasjonsantennener vil vanligvis være godt under anbefalte grenseverdier, dvs. at helseskadelig oppvarming av eksponerte deler av kroppen ikke skal forekomme. Det stilles likevel spørsmål om hvorvidt eksponering kan påvirke oss *selv om* den er under grensen der helseskadelig oppvarming kan inntreffe. For at elektromagnetiske felt skal gi en helseskade må en rekke forhold være oppfylt. De elektriske og/eller magnetiske feltene må være i stand til å påvirke strukturer, molekyler eller deler av molekyler i organismen. Denne påvirkningen må så kunne gi opphav til reaksjoner og prosesser som igjen resulterer i endringer i enkeltceller, grupper av celler, organer eller i hele organismen. Slike biologiske endringer kan skje uten at det innebærer noen helserisiko (og de skjer kontinuerlig ved ulike former for påvirkning som for eksempel lyd, varme, fysisk aktivitet og i form av normale biologiske prosesser i kroppen). Spørsmålet blir dermed om de biologiske endringene som eventuelt oppstår kan gi helseskader.

Felt som er under anbefalte grenseverdier, og som ikke gir oppvarming, omtales ofte som *ikke-termiske* og virkningene av feltet betegnes *ikke-termiske effekter*. Begrepene er imidlertid ikke klart definerte og de brukes i forskningslitteraturen noe forskjellig. I denne rapporten benyttes de først og fremst i samsvar med de refererte publikasjonenes egne formuleringer.

Det er fremsatt flere hypoteser for hvordan svake (dvs. ikke-termiske) elektromagnetiske felt kan påvirke celler og organer (se f.eks. Panagopoulos et al. (2002); Panagopoulos et al. (2000); Blank og Goodman (1999)). Det er på den annen side også publisert teoretiske begrunnelser for at svake felt *ikke* kan ha effekt (Adair (2003)). Spørsmålet om ikke-termiske effekter er derfor fortsatt uavklart, men det er gruppens mening at eksistensen av dem ikke kan utelukkes.

### 5.1. Kreft

Kreft oppstår som resultat av permanente endringer i cellers arvestoff slik at deres biologiske egenskaper blir endret. Dette gjelder blant annet cellenes evne til å dele seg og å kontrollere sin egen død, deres samvirke med andre celler og infiltrasjon av omkringliggende vev,

evne til å flytte seg til andre organer (metastasere), og indusere dannelse av ny blodforsyning slik at en svulst kan vokse. Dette er kompliserte prosesser og endringer som opptrer i flere trinn, via flere endringer i DNA. Ikke bare den første mutasjonen har betydning; men også de seinere stadier i prosessen er svært viktige. Enkelte kreftfremkallende stoff har tilsynelatende evne til å påvirke alle stadiene, mens andre stoffer vil måtte opptre i kombinasjon for å kunne gi opphav til kreft.

Man benytter ofte begrepene initiator, tumorpromotor og kokarsinogen for å beskrive hvordan forskjellige stoffer kan ha forskjellig rolle i utviklingen av kreft. Mens en initiator kan starte prosessen (ved en mutasjon i et sentralt gen), vil en promotor eller et kokarsinogen være stoffer som påvirker svulstutviklingen (alkohol er ett eksempel på en påvirkning som har kokarsinogen effekt). Dersom seinere trinn i prosessen går litt raskere, vil en svulst vise seg tidligere eller vokse raskere. Flere miljøpåvirkninger kan virke gjennom disse seinere trinnene i prosessen. Det er lite som taler for at RF kan lage mutasjoner i DNA direkte, slik at oppmerksomheten spesielt har vært rettet mot muligheten for en såkalt kokarsinogen effekt.

I dyrestudier kan man gjennomføre presist definerte behandlinger, og det er mulig å studere kokarsinogenitet ved å behandle med flere stoffer i kombinasjon (se nedenfor). I befolkningsstudier er det i praksis umulig å bestemme annet enn RF-feltet (og selv dette eksponeringsmålet er meget usikkert), slik at kokarsinogen virkning ikke kan oppdages.

#### 5.1.1. Studier av kreft i befolkningen

Når man vurderer resultater fra studier av mobiltelefon og eventuell sammenheng med økt risiko for kreft er det spesielle forhold som tas i betraktning. De fleste kreftsykdommer har lang latenstid (minst 10 år). Det betyr at man per i dag har begrenset mulighet til å avsløre effekter av miljøpåvirkninger som først opptrådte på 1980 og 1990-tallet. Videre er det ikke kjent hvilket aspekt ved bruken av mobiltelefon som eventuelt fører til økt risiko for kreft. Det betyr at man i undersøkelsene ikke er sikker på om man bruker riktig eksponeringsmål. Så langt har man vært nødt til å benytte variable som mobilbruker (ja/nei) eller graden av mobilbruk i analysen.

Når en leter etter mulige effekter av mobilbruk vil første trinn være å undersøke om mobilbrukere har en større risiko enn ikke-brukere. Neste trinn vil være å undersøke om risikoen stiger med graden av mobiltelefonbruk.

Usikkerheten i hva en leter etter gjør at resultater ofte beregnes for undergrupper med hensyn til mobiltype og at ulike mål for eksponering brukes. Kreftforekomst deles ofte i undergrupper etter type hjernesvulst. Mange av undergrupperesultatene er svært usikre og når antallet undergrupper øker, øker muligheten for at et resultat feilaktig utlegges som «funn». På det nåværende tidspunkt er det grunn til å være skeptisk til "funn" i enkeltstudier som ikke er replisert i andre undersøkelser.

Den britiske rapporten (I) konkluderte med at det ikke foreligger overbevisende holdepunkter for at kreft kan oppstå hos mennesker som følge av eksponering for RF-felt generelt eller mobiltelefonbruk i den grad slik eksponering har vært undersøkt. Den kanadiske rapporten (III) slo fast at foreliggende data ikke var tilstrekkelige for en omfattende risikovurdering, og at publiserte studier så langt ikke ga støtte til hypotesen om en sammenheng. Oppdateringen i 2001 (IV) endret ikke konklusjonen. Den nederlandske rapporten (II) fant heller ikke holdepunkter for en sammenheng mellom mobilbruk og hjernesvulst eller andre former for kreft, og CSTEES rapport til EU i 2001 (V) konkluderte med at de samlede befolkningsdata ikke ga holdepunkter for at eksponering for RF-felt og mikrobølger gir økt risiko for kreft (V). Samlet sett kan man således ikke foreta en sikker evaluering av kreftrisiko. Resultatene har så langt ikke gitt støtte til hypotesen om sammenheng mellom bruk av mobiltelefon og kreft.

Det er f.o.m. 2000 publisert resultater fra seks studier om hjernesvulst og bruk av mobiltelefon. Det foreligger i tillegg to studier av malignt melanom i øyet og to studier om eksponering for RF-felt i yrket.

Hardell og medarbeidere (Hardell et al. (2001); Hardell et al. (2000); Hardell et al. (1999)) rapporterer fra en kasus-kontrollstudie fra Uppsala-Örebro (1994-96) og Stockholm (1995-96). Kontrollene var populasjonsbaserte. Opplysninger ble innhentet med spørreskjema delvis supplert med telefonintervju. Resultatene baseres på svar fra 209 kasus og 425 kontroller. Studien omfattet både NMT- og GSM-brukere, de siste eksponert i kort tid. Med en latensperiode på minst ett år blir oddsratio (OR) for mobilbruk 0,98 med et 95 % konfidensintervall (KI) fra 0,69 til 1,41. Det er en omvendt sammenheng mellom graden av bruk og risiko. Fra studien er det presentert mange delresultater. Forfatterne vektlegger en ikke-signifikant økt risiko for en undergruppe svulster som ligger nær den siden av hodet hvor en holder mobiltelefonen ved bruk. En svakhet ved studien er at den baseres på pasienter som er i live en viss

tid etter diagnosen. Det innfører en seleksjon det er vanskelig å vurdere betydningen av, og gjør studien mindre informativ.

Muscat et al. (2000) utførte en kasus-kontrollstudie i USA i perioden 1994-98. Kasus og kontroller er hospitalbaserte. Opplysningene er innhentet ved intervju. Resultatene er basert på 469 kasus og 422 kontroller. Svulster hadde en tendens til å opptre på den siden av hodet en holdt mobiltelefonen, men det gjaldt ikke for den undergruppen av svulster som opptre nærmest øret. Samlet sett fant man derfor ingen effekt av mobilbruk (OR = 0,85; 95 % KI 0,6-1,2). I en seinere publisering (Muscat et al. (2002)) er resultatene for undergruppen akustikus nevrinom presentert. Det var 90 kasus og 86 kontroller. OR for mobilbruk var 0,9. Det var ingen sammenheng mellom graden av bruk og risiko for sykdommen.

Inskip et al. (2001) utførte en kasus-kontrollstudie i USA. Den ble gjennomført 1994-98. Kasus og kontroller var hospitalbaserte. Opplysninger ble innhentet ved intervju. Resultatene er basert på 782 kasus og 799 kontroller. OR for mobilbruk var 0,9 (95 % KI 0,7-1,1). Det ble heller ikke funnet sammenheng mellom risiko og fem nivåer for graden av bruk. Det samme gjaldt tre hovedgrupper av svulster (gliomer, meningiomer og akustikus nevrinom). Det var ingen sammenheng mellom hvilken side man holdt telefonen og plasseringen av svulsten.

En retrospektiv kohortstudie fra Danmark (Johansen et al. (2001)) omfattet mobiltelefonabonnenter i perioden 1982-95. Resultatene er basert på 420 095 privatbrukere som ble fulgt fra start av abonnementet og ut 1996. Det ble observert 3 391 tilfeller av kreft derav 154 i sentralnervesystemet og 7 i spyttkjertlene. Relativ risiko (RR) for svulst i sentralnervesystemet var 0,95 (95 % KI 0,81-1,12) og for kreft i spyttkjertlene 0,72 (95 % KI 0,29-1,49). En fant ingen sammenheng mellom graden av mobilbruk og kreftrisikoen. En svakhet ved studien er at varighet av abonnement og tid siden første abonnement er de eneste målene for grad av bruk.

Auvinen et al. (2002) rapporterte fra en kasus-kontrollstudie. Kasus var tilfeller av hjernesvulst og kreft i spyttkjertlene i det finske krefregisteret i 1996, henholdsvis 398 og 34 tilfeller. Fem kontroller per kasus ble trukket i det finske befolkningsregisteret. Privatabonnement for mobiltelefon ble funnet ved kobling til registre over slike. OR for mobilbruk var 1,3 (95% KI 0,9-1,8) for hjernesvulst og 1,3 (95% KI 0,4-4,7) for spyttkjertelsvulst. For gliomer var det en viss sammenheng mellom risiko og varighet av abonnement for analog telefon. En svakhet ved studien er at varighet av abonnement er eneste mål på graden av bruk og at bruk av firmamobiler ikke er medregnet.

Hardell og medarbeidere (Hardell et al. (2002a);

Hardell et al. (2002b)) rapporterte fra kasus-kontrollstudier av hjernesvulst i Uppsala-Örebro, Stockholm, Linköping og Göteborg ble gjennomført i perioden 1997-2000. Opplysninger ble samlet med et spørreskjema supplert med telefonintervju i enkelte tilfeller. Resultatene er basert på 1 303 kasus-kontrollpar. Resultater presenteres separat for ulike telefontyper. Med ett års latenstid har bruk av analog telefon (NMT) telefon en OR på 1,3 (95 % KI 1,02-1,6), bruk av digital telefon (GSM) en OR på 1,0 (95 % KI 0,8-1,2) og bruk av trådløs telefon en OR på 1,0 (95 % KI 0,8-1,2). For ingen av typene fant man sammenheng mellom risiko og graden av bruk. Forfatterne vektlegger to resultater; en forhøyet risiko ved bruk av analog telefon for en undergruppe svulster som ligger nær den siden man holder telefonen og en forhøyet risiko for akustisk nevrinom ved bruk av analog telefon. Også her baserer Hardell et al. seg på pasienter som er i live en viss tid etter diagnosen.

Stang et al. (2001) vurderte resultatene for malignt melanom i øyet i to tyske kasus-kontrollstudier om yrkesmessige riskofaktorer for åtte sjeldne kreftformer. I originalstudiene hadde en spurt om eksponering for RF-felt fra radiosett, mobiltelefon eller lignende innretninger. Artikkelforfatterne laget i ettertid en vurdering ut fra andre innhentede opplysninger, om denne eksponeringen kunne stamme fra en mobiltelefon. Den ene studien var populasjonsbasert med kontroller trukket fra et boligregister, den andre var hospitalbasert med kontroller fra sykehuset der kasus var rekruttert. Samlet omfatter studien 118 kasus og 475 kontroller. Informasjon ble innhentet ved intervju. OR for sannsynlig/sikker eksponering for mobiltelefon var 4,2 (95 % KI 1,2-14,5). Det synes ikke å være noen variasjon i risikoen med varigheten av arbeidsforholdet som ga eksponeringen. En svakhet ved analysen var at studiene ikke inneholdt spørsmål som gikk direkte på bruken av mobiltelefon. Kvaliteten på eksponeringsmålet blir meget svak, og det er vanskelig å vurdere gyldigheten av studien. Johansen et al. (2002) så på danske tall for forekomsten av malignt melanom i øyet i perioden 1943-96 basert på tall fra det danske krefregisteret. Over tid er hyppigheten av sykdommen tilnærmet konstant, i skarp kontrast til utviklingen av antall mobiltelefonabonnenter. Artikkelen gir ikke støtte til Stang et al. (2001) om sammenheng mellom sykdommen og bruk av mobiltelefon.

En retrospektiv kohortstudie av dødelighet blant ansatte ved Motorola (Morgan et al. (2000)) er basert på 195 775 ansatte som er fulgt fra ansettelse til utgangen av 1996. Eksponering for RF-felt ble indirekte anslått ut fra karriereopplysninger. Det var 53 dødsfall av svulst i sentralnervesystemet (standardisert mortalitetsratio (SMR) = 0,60, 95 % KI 0,45-0,78) og 193 dødsfall av lymfom/leukemi (SMR = 0,77, 95 % KI

0,67-0,89). Tallene reflekterer delvis en "Healthy worker effect", men sammenligning internt mellom eksponerte og ikke-eksponerte viser ingen relativ overhyppighet blant de eksponerte. For nevnte kreftformer finner en ikke noen sammenheng mellom risiko og eksponeringsgrad.

En retrospektiv kohortstudie (Groves et al. (2002)) fulgte 40 581 veteraner fra Koreakrigen med hensyn på dødelighet ut 1997. Kohorten besto av marinepersonell som kunne ha vært utsatt for stråling fra ulike typer radar. Eksponeringen ble indirekte anslått ut fra militær yrkestittel. Ingen overdødelighet av hjernesvulst (SMR = 0,86, 95 % KI 0,70-1,06), lymfom/myelomatose (SMR = 0,91, 95 % KI 0,79-1,06) eller leukemi (SMR = 0,96, 95 % KI 0,80-1,16) ble funnet i totalmaterialet. Når kohorten ble delt i to etter antatt radareksponering, hadde de høyest eksponerte høyere dødelighet av leukemi, (RR = 1,48, 95 % KI 1,01-2,17) men ikke av hjernesvulst (RR = 0,65, 95 % KI 0,43-1,01) eller lymfom/myelomatose (RR = 0,91 95 % KI 0,68-1,22). Spesielt for undersøkelsen er at eksponeringskarakteriseringen er nokså grov.

*Sammenfatning: De seinere års undersøkelser gir støtte til konklusjonene i tidligere utredninger om at det ikke er sammenheng mellom bruk av mobiltelefon og kreft. På grunn av lang latenstid for mange kreftsykdommer, kan en imidlertid fortsatt ikke foreta en sikker evaluering av kreftrisiko.*

### 5.1.2. Studier av kreft hos dyr

I forsøk med dyr studerer man antall svulster, deres fordeling og utvikling. Man kan studere RF-eksponering alene, eller sammen med annen påvirkning dvs. som et kokarsinogen. Mulig kokarsinogen effekt har stått sentralt. Eventuelle endringer i nivået av melatonin (se kap. 5.6) er bakgrunn for hypoteser om kokarsinogenitet, siden melatonin sannsynligvis har betydning for utvikling av brystkreft. I flere av dyrestudiene som er omtalt nedenfor foregår derfor behandlingen med flere stoffer i kombinasjon.

Fem nyere studier har undersøkt betydningen av RF-felt for initiering og vekst av svulster i mus uten å finne effekt. Heikkinen et al. (2001) rapporterte fra en undersøkelse av 200 mus hvor kreft ble initiert av røntgenstråling. To grupper ble deretter eksponert for henholdsvis et GSM900-felt (0,35 W/kg) og et NMT-felt (1,5 W/kg) 1,5 timer pr.dag, 5 dager i uken i 78 uker. Disse gruppene utviklet ikke kreft i større grad enn kontrollgruppen. Jauchem et al. (2001) brukte pulset stråling i form av et bredbåndsfelt som inkluderte RF-området. Ett hundre mus som spontant danner brystsvulster, ble eksponert ukentlig i to minutter 12 ganger. Ingen forskjeller ble registrert med hensyn til svulster i bryst eller andre undersøkte organer,



latenstid, veksthastighet eller overlevelse. Bartsch et al. (2002) studerte effekten av GSM900-felt på kjemisk induisert brystkreft, med en gjennomsnittlig SAR til hele kroppen på 0,018 – 0,070 W/kg. Det strengt kontrollerte forsøket varte i tre år. En forsinket utvikling av svulster ble påvist i ett delforsøk. Forfatterne foreslo at hormonelle forhold kunne være av betydning. Effekten av et 1,5 GHz felt på kjemisk induisert hudkreft ble undersøkt av Imaida et al. (2001). SAR i hud og hele kroppen var henholdsvis 2,0 og 0,08 W/kg. Eksponeringen varte i 9 minutter 5 dager i uken, i 19 uker. Mason et al. (2001) studerte effekten av et 94 GHz felt på kjemisk induerte hudpapillomer. Effekttettheten var 10 000 W/m<sup>2</sup> gitt i 10 sekunder (en gang), eller 3 330 W/m<sup>2</sup> gitt i 10 sekunder 2 ganger per uke i 12 uker. Selv ved disse ekstremt sterke eksponeringene fant man ingen effekt av RF-felt på dannelse av papillomer.

Repacholi (Repacholi et al. (1997)) eksponerte 101 mus (E mu-Pim) for GSM900-felt i to halvtimesperioder daglig i inntil 18 måneder (SAR 0,008-4,2 W/kg, gjennomsnitt 0,13-1,4 W/kg) og sammenlignet med svulstforekomst med 100 kontroller. Forekomsten av lymphomer var høyere blant de eksponerte. Studien er kritisert for at eksponeringen var dårlig kontrollert og kan ha overskredet anbefalte grenseverdier. Musestammen som ble benyttet utvikler hyppig lymfomer. Mus som var i live ved forsøkets slutt ble ikke undersøkt. Bruken av bare ett dosenivå ga heller ikke mulighet for vurdering av eventuelle dose-respons-sammenhenger.

Resultatene til Repacholi ble ikke reproduert av Utteridge et al. (2002) som eksponerte grupper på 120 mus for GSM900-felt (SAR 0,25, 1,0, 2,0 og 4,0 W/kg), 1 time pr dag, 5 dager i uka. I denne studien brukte man et bedre kontrollert eksponeringssystem. Studien benyttet både lymfomdannende og normale mus, fire eksponeringsnivåer ble evaluert og mus i live ved studiens slutt ble undersøkt. Det har også vært reist innvendinger mot denne studien (Lerchl (2003); Goldstein et al. (2003); Kundi (2003)).

*Sammenfatning: Kreftstudier med forsøksdyr kan ofte være vanskelige å sammenligne, fordi resultatet påvirkes av bruk av ulike linjer av forsøksdyr, ulike fôr- og kjemikalieleverandører, ulike miljøforhold i laboratorier og ulike eksponeringsprotokoller (Anderson et al. (2000)). Repacholis resultater ble ikke gjentatt i den uavhengige studien til Utteridge og medarbeidere. Dette gjør at man nå legger mindre vekt på Repacholis opprinnelige funn. Samlet sett har seinere års dyreforsøk ikke styrket hypotesen om at RF, alene eller i kombinasjon med andre stoffer, kan føre til eller påvirke utviklingen av kreft.*

## 5.2. Virkning på fruktbarhet og avkom

Fruktbarhet og avkom kan påvirkes gjennom foreldrenes kjønnsceller, eller ved innvirkning på prosesser knyttet til utvikling av fosteret. Både mor og far studeres derfor for å undersøke mulige virkninger av RF-felt, og eksponering både lenge før unnfangelsen og under svangerskapet kan ha betydning.

### 5.2.1. Resultater fra befolkningsstudier

Den britiske rapporten (I) omtaler fire reproduksjonsstudier knyttet til yrkeseksponering hos fysioterapeuter og ansatte som arbeider med kortbølgediatermi, og konkluderer med at befolkningsstudier så langt ikke gir grunn til engstelse, men på grunn av mange begrensninger i de tidligere studiene, kan man generelt ikke utelukke at det kan foreligge en risiko.

Den kanadiske rapporten (II) omfatter flere studier av fysioterapeuter og kvinner som arbeider med diatermi, enn den britiske rapporten (I). Utfallene omfatter aborter, misdannelser og perinatal død. I tillegg omtales en studie som analyserte sædkvalitet hos menn som gjennomsnittlig var eksponert for mikrobølger i åtte år, og en studie om barn med Down syndrom hvor far var eksponert for felt fra radar. Ingen signifikante forskjeller ble påvist verken fra intervju- eller registerbaserte analyser. Rapporten konkluderer med at den epidemiologiske kunnskapsstatus i dag er utilstrekkelig for en evaluering av risiko, og den støtter ikke en hypotese om sammenheng mellom mikrobølgeeksponering og reproduksjonsproblemer eller medfødte misdannelser. Rapporten avslutter med at det er behov for nye, godt planlagte studier.

Kvikkrapporten (VI) omtaler flere studier som er relevante i forhold til eksponeringen fra mobiltelefoner og basestasjoner. Kvikkrapporten konkluderer med at det ikke er holdbar dokumentasjon for effekter på fertilitet, sædforandringer, skader i fosterutviklingen, eller direkte skadeeffekter på arvematerialet. Kvikkrapporten påpeker også at det finnes enkelte indikasjoner på at ikke-termiske doser av RF-felt kan påvirke hvordan gener uttrykkes.

I en systematisk gjennomgang av studier av fars yrkeseksponering og reproduksjonsskader, konkluderer Tas og medarbeidere (Tas et al. (1996)) med at vi med dagens kunnskapsnivå ikke kan trekke konklusjoner angående RF-eksponering. I de fleste studier er kategoriene med potensielt RF-eksponerte slått sammen med eksponerte i andre frekvensområder. I én kasus-kontrollstudie (Schnitzer et al. (1995)) kan klassifiseringen av potensielt RF-eksponerte yrker muligens være mer brukbar. Sammenhengen mellom 28 grupper

alvorlige medfødte misdannelser (3943 tilfeller) og fedrenes yrke (24 kategorier) ble undersøkt i en populasjonsbasert studie i Atlanta, USA. Det ble funnet sammenhenger mellom flere kategorier av misdannelser og fars yrke som operatør av elektronisk utstyr i tiden rundt befruktningen. Operatører av elektronisk utstyr var en samlekategori for nyhetsopplesere, flygeledere, og operatører av kringkastingsutstyr, datamaskiner og telefoner. Eksponeringen er også tvilsom, og ingen av assosiasjonene for disse yrkeskategoriene var basert på forhåndshypoteser. Den sterkeste assosiasjonen ble funnet for reduksjonsdefekter i overekstremitetene (4 eksponerte tilfeller, OR = 4,2).

I en nederlandsk kasus-kontrollstudie ble sammenhengen mellom mental retardasjon hos barn og foreldres yrkeseksponering studert (Roeleveld et al. (1993)). Det ble funnet en moderat ikke-signifikant sammenheng mellom mental retardasjon og intervjuinformasjon om fars RF-eksponering før konsepsjonen.

Sigler et al. (1965) gjennomførte en sykehusbasert kasus-kontrollstudie for å undersøke assosiasjonen mellom ioniserende stråling og Down syndrom. Kasus utgjorde 216 barn med Down syndrom født 1946-62. Foreldrene ble intervjuet om eksponeringer. Noe uventet ble det funnet at 18 (8,7 %) av kasusfedrene og 7 (3,3 %) av kontrollfedrene var teknikere og radaroperatører. Denne undersøkelsen ble seinere utvidet med ytterligere 128 personer med Down syndrom og tilsvarende antall kontroller, samt mer detaljerte opplysninger om RF-eksponering (Cohen et al. (1977)). I oppfølgingen ble det ikke funnet noen sammenheng med fedres arbeid med radar.

Peacock og medarbeidere (Peacock et al. (1971)) publiserte en deskriptiv studie av medfødte misdannelser i Alabama i 1969-1970. Det ble sett økt forekomst i et område nær en stor treningsbase for helikopterpiloter. Videreføring av undersøkelsen ble ikke tillatt av militære myndigheter med begrunnelse at prosjektplanene var av for dårlig kvalitet. Det amerikanske miljøverndepartementet utarbeidet en påfølgende rapport hvor fødselsmeldingene i ulike deler av Alabama ble gjennomgått på nytt (Burdshaw og Schaffer (1977)). Rapporten fant ikke holdepunkter for økt forekomst av medfødte misdannelser.

I vurderingene av befolkningsstudier som omhandler gravide kvinners RF-eksponering konkluderes det med at dokumentasjonen på sammenheng med skader i fosterutviklingen ikke er tilstrekkelig til å trekke noen konklusjoner (WHO (1993)).

## 5.2.2. Dyrestudier

I flere studier, særlig med gnagere, har en undersøkt flere ulike reproduksjonsutfall etter eksponering med RF-felt. I de tidlige studiene forårsaket eksponeringen

ofte en temperaturøkning som kunne forklare utfallet. I de nyere studiene har en i større grad prøvd å kontrollere temperaturen.

Den britiske rapporten (I) konkluderer med at eksponering av gnagere for RF-felt, tilsvarende felt fra mobiltelefon, ikke gir økt risiko for fosterskade eller redusert fertilitet. På grunn av dårlig studiedesign, velger forfatterne å ikke vektlegge en gresk studie som viste redusert fertilitet hos hunddyr, men påpeker at det er viktig å gjenta studien under mer kontrollerte forhold.

Den kanadiske rapporten (II) refererer flere studier med ulike utfall. Eksponering av hannmus for 2450 MHz ikke-pulset 50 W/m<sup>2</sup> felt 4 timer per dag, fra dag 6 etter befruktning til de var 90 dager gamle, førte ikke til spermimutasjoner observert ved reproduksjonseffektivitet (dominant letalitet) etter parring. Det gjorde heller ikke eksponering 5 timer om dagen i 5 dager eller 4 timer om dagen, 5 dager i uken i fire uker fra dag 90 etter fødselen ved 100 W/m<sup>2</sup>. Her observerte man imidlertid en forbigående sterilitet. Hos hannmus eksponert for et 2450 MHz, ikke-pulset 100 W/m<sup>2</sup> felt (SAR 4 W/kg) 6 timer per dag i 8 uker, ble det ikke funnet kromosomavvik, dominant letalitet eller redusert antall spermier. En studie fant dominant letale mutasjoner og unormale spermier ved eksponering av mus for 2450 MHz ikke-pulset 1700 W/m<sup>2</sup> felt i 70 sekunder. En annen fant induserte dominant letale mutasjoner ved eksponering for 1700 MHz (SAR 50 W/kg) i 30 minutter. Det refereres også to studier med sprikende resultater når det gjelder andel unormale spermier hos mus. Den ene studien (2450 MHz, ikke-pulset, 360 W/m<sup>2</sup>, 16 timer i 30 dager) viste normale resultater, mens den andre fant økt forekomst av unormale spermier etter eksponering for samme frekvens, men i 30 minutter om dagen, 6 dager i uken i 2 uker med SAR 0,05-20 W/kg. Rapporten oppsummerer med at det er foretatt et stort antall laboratoriestudier, og at de fleste av disse ikke har kunnet påvise gentoksisk effekt etter eksponering for RF-felt.

Kvikkrapporten (VI) refererer flere dyreforsøk enn de foregående rapportene. Forsøk med RF-eksponering av rotte- og musehanner har vist at høy temperatur skader kjønnscellene, gir redusert antall spermier, økt antall unormale spermier og nedsatt fertilitet (WHO (1993)). Skadegraden avhenger av eksponeringens intensitet og varighet, men ulike studieprotokoller gjør det vanskelig å vurdere hvilke doser som er tilstrekkelige. Saunders og medarbeidere (Saunders et al. (1988)) eksponerte mus med 2450 MHz ikke-pulset felt i 120 timer over 8 uker (SAR 5 W/kg) uten at dette medførte redusert fertilitet.

Lebovitz & Johnson (Lebovitz og Johnson (1983)) og Johnson og medarbeidere (Johnson et al. (1984)) fant reduksjon av spermatocytter etter 1300 MHz pulset

felt i 6 timer daglig over 8 dager (SAR 6,3 W/kg), men seinere fant den samme forskergruppen ingen effekt av 1300 MHz ikke-pulset felt i 8 timer (SAR 9 W/kg). Dasdag og medarbeidere (Dasdag et al. (1999)) delte 18 hannrotter i to eksponeringsgrupper og en kontrollgruppe. Mobiltelefoner ble plassert 0,5 cm under buret. Den ene eksponerte gruppen hadde telefonen i «standbyposisjon» i to timer og den andre i taleposisjon 3 ganger med ett minutt varighet i løpet av 2 timer (SAR 0,141 W/kg). Dette eksponeringsoppsettet ble gjennomført i en måned. Man fant ingen forskjell i totalantall eller forhold mellom normale og unormale spermier i gruppene. Tubulardiameter i testiklene var signifikant lavere og endetarmstemperaturen signifikant høyere i gruppen som hadde telefon i taleposisjon. Vevs- og celleforandringer ble også hovedsakelig sett i denne gruppen.

(WHO (1993)) konkluderer med at RF-eksponering kan være gentoksisk for kjønnsceller, men bare i det termiske området.

Effekt av eksponering i fosterstadiet er best undersøkt i rotter, mus og hamster. Studiene viser at eksponering for høye, termiske nivåer forårsaker død, veksthemming og misdannelser. De høyeste dosene vil føre til død, mens mer moderate nivåer gir misdannelser. Misdannelse kan opptre i flere organsystemer, men sentralnervesystemet antas å være mest sensitivt. Nivåer som ikke gir økt kroppstemperatur vil ikke føre til fosterskader. Skadelig eksponering er en kombinasjon av intensitet og varighet (WHO (1993)).

Dasdag og medarbeidere (Dasdag et al. (2000)) delte 36 rotter i to grupper. En kontrollgruppe og en gruppe som ble eksponert for mikrobølger fra mobiltelefon (SAR 0,155 W/kg). Hver gruppe bestod av 12 hunner og 6 hanner. Ingen forskjeller i rektaltemperatur ble observert. Av variablene som ble undersøkt i forhold til neste generasjon fant man bare lavere fødselsvekt blant avkommet til de eksponerte ( $p < 0,001$ ). Studien er imidlertid liten og bør gjentas med større grupper.

Masley og medarbeidere (Masley et al. (1999)) tar i en oversiktsartikkel for seg dyrestudier og konkluderer med at det ikke er noe vitenskapelig belegg for at RF-felt fra mobiltelefoner og basestasjoner fører til misdannelser eller aborter.

*Sammenfatning: I de fleste vurderingene av publiserte befolkningsstudier som omhandler menns RF-eksponering, konkluderes det med at dokumentasjonen er utilstrekkelig til å utelukke at eksponeringen kan ha skadelige virkninger. Ingen av disse studiene omhandler imidlertid så svake felt som de som kommer fra mobiltelefoner. Det er lite sannsynlig at RF-eksponering fra mobiltelefoner og basestasjoner kan påvirke spermieproduksjon og det ufødte barn. Enkelte biologiske effekter er observert, men noen helsefare kan ikke*

*identifiseres fordi vi ikke kjenner virkningsmekanismene. Dyrestudiene er hovedsakelig knyttet til fruktbarhet og viser gjennomgående ingen effekt når eksponeringen er ikke-termisk.*

### 5.3. Øyeskader og synseffekter

Øynene er ikke beskyttet av hodeskallen, og de er relativt nær mobiltelefonen når den holdes opp mot øret. Absorbert energi fører til høyere oppvarming i øyet enn i annet vev. Den britiske rapporten (I) oppgir terskelen for grå stær til omkring 100 W/kg, - altså langt over anbefalte grenseverdier.

Den britiske og kanadiske rapporten (I og III) viser også til en forskningsgruppe som blant annet observerte hornhinneskader og endringer i regnbuehinnen hos aper etter pulset og kontinuerlig eksponering ved 2450 MHz. SAR-verdier som resulterte i skader var ca. 2 W/kg for pulset eksponering og noe høyere for kontinuerlig eksponering. Dersom apene først ble behandlet med øyedråper som brukes mot grønn stær, oppsto skader ved SAR-verdier ned til 0,26 W/kg. To andre forskningsgrupper som henholdsvis brukte kontinuerlig og pulset eksponering klarte ikke å reproducere resultatene (IV).

Eksponering kan resultere i endringer av elektriske signaler i netthinnen, i tillegg til eller uten at synlige endringer kan observeres på celler og vev. Den britiske rapporten (I) refererer flere undersøkelser av elektriske signaler fra netthinnen hos aper som ble stimulert med lys. Et par forskningsgrupper har sett forbigående endringer i den elektriske aktiviteten etter pulset eksponering for 1250 og 2700 MHz-felt med SAR-verdier omkring anbefalte grenseverdier. En tredje forskningsgruppe fant ingen endringer. (I) påpeker at pulsene i forsøkene hvor det ble observert effekter var spesielt intense (siden pulsene var kortvarige og det var få pulser per sekund, ble likevel midlere SAR-verdi lav). Rapporten bemerker også at i forsøk der det ble observert skader eller endringer i elektrisk aktivitet, var pulsene vesentlig mer kortvarige og intense enn pulsene fra mobiltelefoner.

Ye og medarbeidere (Ye et al. (2001); Ye et al. (2002)) eksponerte kaniner for 2450 MHz RF-felt med effektetthet på 50 eller 100 W/m<sup>2</sup>. Et øye ble eksponert og det andre skjermet og tjente som kontroll. Begge eksponeringsnivåene gav permanente skader på linseepitelet. Skadene var mest omfattende ved det høyeste nivået. Forfatterne mente at de observerte skadene kan føre til grå stær. Tilsvarende funn er ikke publisert av andre.

*Sammenfatning: Forskjellene i resultatene fra studiene av øyeeffektene kan skyldes ulike eksponeringsbetingelser. Det kan også ha betydning om dyrene var*



anestesert eller ikke. Det gjenstår å undersøke hvorvidt eksponeringsbetingelser som ligner eksponeringen fra mobiltelefoner kan gi hornhinneskader eller funksjonelle endringer av samme type som ble referert i (I). Bortsett fra studiene til Ye og medarbeidere tyder resultatene ikke på at linseskader som grå stær kan opptre ved så lave eksponeringsnivåer som er aktuelle ved bruk av mobiltelefon.

## 5.4. Effekter på hjerte, blodtrykk og sirkulasjon

De britiske og nederlandske rapportene (I, II) konkluderte med at det ikke fantes holdepunkter for at mobiltelefonbruk kan påvirke hjerte eller blodsirkulasjon.

I 1998 rapporterte Braune og medarbeidere (Braune et al. (1998)) en økning i blodtrykket på 10 til 20 millimeter kvikksølv hos syv frivillige utsatt for et GSM900-lignende felt, men i 2002 rapporterte de samme forfatterne at funnet i den opprinnelige studien var feilaktig (Braune et al. (2002)). Eksponeringen hadde heller ingen effekt på hjerterytmen hos personer eksponert for et GSM900-lignende signal.

Paredi og medarbeidere (Paredi et al. (2001)) undersøkte hudforandringer og lokal blodåreutvidelse under tale i mobiltelefon. 11 personer ble eksponert for en GSM900 mobiltelefon i 30 minutter. Deretter ble hudtemperatur, nitrogenmonoksid (NO) i nesen og «luftstrømsarealet i nesen («nasal minimal cross-sectional area», MCA) målt. Hudtemperaturen økte både i bakhode og nese på samme side som telefonen ble holdt. En tendens til høyere NO-nivå ble observert og MCA var signifikant redusert. Slike forandringer ble ikke funnet hvis man benyttet et ørestykke for å unngå direkte hudkontakt. På motsatt side av hodet fant man ingen temperaturforandring eller endring i NO-konsentrasjon, men MCA var signifikant redusert. Det ble konkludert med at mobilbruk kan øke hudtemperaturen og derfor forårsake utvidelse av blodårer og redusere MCA. Funnene gjort av Paredi (Paredi et al. (2001)) er enkeltstående, og undersøkelsen har metodologiske svakheter. Studien var ikke randomisert og forsøkspersonene viste om telefonen var av eller på.

*Sammenfatning: Det er ikke dokumentert akutte eller kroniske effekter på hjerte, blodtrykk og sirkulasjon som følge av mobiltelefonbruk.*

## 5.5. Effekter på immunsystemet

Økte nivåer av neopterin er satt i sammenheng med aktivering av det cellulære immunsystem og blir derfor brukt som en markør på cellulær immunaktivering. Reduserte nivåer av immunoglobulin A (IgA) i slim-

hinner og sekreter har vært assosiert med luftveisinfeksjoner og kroniske infeksjoner i tarmen. Radon og medarbeidere (Radon et al. (2001)) fant ingen effekt av GSM900-lignende felt på 1 W/m<sup>2</sup> på nivået av neopterin eller IgA i spytt.

*Sammenfatning: Man har ingen holdepunkter for at mobiltelefonbruk påvirker immunsystemet.*

## 5.6. Hormonelle effekter

De britiske, nederlandske og kanadiske rapportene (I, II, III) konkluderte alle med at de få studiene som til da var publisert ikke ga holdepunkt for at RF-eksponering kan påvirke hormonnivåer hos mennesker.

### 5.6.1. Melatonin

Melatonin kontrollerer døgnrytmen og skilles ut i corpus pineale (konglelegemet). Det har vært rapportert at ekstremt lavfrekvente (ELF) elektromagnetiske felt kan påvirke utskillelsen av melatonin, men dataene er inkonsistente (I). Det har vært foreslått en forbindelse mellom ELF-eksponering og kreft (Stevens (1997)). Det spekuleres også i om eksponering for RF-felt kan påvirke corpus pineale.

I 1999 rapporterte de Seze og medarbeidere (de Seze et al. (1999)) et forsøk der 19 personer ble eksponert for felt fra mobiltelefon. I det første forsøket ble de eksponert for en GSM900 og en GSM1800. Forfatterne konkluderte med at eksponeringen ikke påvirket utskillelsen av melatonin. Radon (Radon et al. (2001)) rapporterte tilsvarende etter eksponering av åtte frivillige for et GSM900-lignende felt på 1 W/m<sup>2</sup>.

Bortkiewicz (Bortkiewicz et al. (2002)) eksponerte ni menn i alderen 10-29 år for felt fra en GSM900 mobiltelefon med SAR 1,23 W/kg. De ble eksponert for telefonen i to omganger fra kl. 18-19, henholdsvis med felt på og felt av uten å vite når. Eksponeringen gav ingen effekt på utskillelsen av melatoninmetabolitt (6-OHMS) i urinen.

Burch (Burch et al. (2002)) rapporterte en studie av utskillelsen av 6-OHMS i urinen blant to grupper av mobiltelefonbrukere i amerikanske kraftselskap. I den første gruppen fant man ingen effekt av mobiltelefon. I den andre gruppen ble det målt redusert utskillelse blant de som brukte telefonen mer enn 25 minutter per dag med en fallende trend med økende mobilbruk. Det ble også vist en kombinert effekt av eksponering for mobiltelefon og 60 Hz magnetfelt. Forfatterne konkluderte med at langvarig bruk av mobiltelefon reduserer utskillelsen av 6-OHMS og at 60 Hz magnetfelt forsterker denne effekten. Funnene til Burch (Burch et al. (2002)) er ikke bekreftet av andre.

## 5.6.2. Andre hormoner

De Seze et al (de Seze et al. (1998)) undersøkte serumkonsentrasjonen av adreno-kortikotropin, thyreoideastimulerende hormon (TSH), veksthormon, prolaktin, luteiniserende hormon og folikkelstimulerende hormon hos 20 menn i alderen 19 til 40 år som brukte GSM900 mobiltelefon 2 timer pr dag, fem dager i uken i en måned. Hormonnivåene ble fulgt under eksponering og sammenlignet med nivåene før eksponering. Det ble tatt ni ukentlige prøver fra tre uker før til to uker etter eksponering. Alle målinger lå i det normale fysiologiske området. For TSH ble det målt en 21 % reduksjon i nivået i den syvende prøven. Basert på at nivået var normalisert i siste prøve (prøve 9, to uker etter endt eksponering), konkluderte forfatterne med at en måneds oppstykket eksponering for felt fra GSM900-telefoner ikke gir vedvarende eller kumulativ effekt på utskillelsen av de studerte hormonene.

Braune og medarbeidere (Braune et al. (2002)) fant heller ikke noen effekt på serumnivåene av noradrenalin, adrenalin, cortisol eller endotelin ved bruk av mobiltelefon hos forsøkspersoner eksponert for et GSM-lignende signal (900 MHz, pulset med 217 Hz, 2 W).

Mausset (Mausset et al. (2001)) rapporterte at  $\gamma$ -aminosmørsyre (GABA)-innholdet i lillehjernen hos rotter var nedsatt ved eksponering for et 900 MHz pulset felt med SAR-verdi 4 W/kg og ved et kontinuerlig felt med SAR 32 W/kg.

*Sammenfatning: Publiserte studier gir ingen holdpunkter for at RF-eksponering kan påvirke melatonin eller andre hormoner hos mennesker.*

## 5.7. Effekter på nervesystemet

I de seinere år er det publisert en rekke studier av mulige strukturelle og funksjonelle endringer i hjernen som følge av mobilbruk. Det dreier seg om in vitro-studier, en rekke dyreeksperimentelle studier, humane studier av nevrofysiologisk og nevropsykologisk karakter, befolkningsstudier, og enkelte kasuistikker. Resultatene er imidlertid sprikende og delvis selvmotsigende. Den britiske rapporten (I) konkluderte med at effektene som ble vist i dyre- og eksperimentelle studier, ved eksponering for nivåer som ikke gir temperaturstigning, i realiteten er inkonsistente og ikke overbevisende. Rapporten diskuterer også forsøk med mennesker der det ble registrert forbigående akutteffekter på kognitive funksjoner ved eksponering lavere enn grenseverdier. Det bemerkes at mekanismene for dette er ukjent, men kan innebære en lokal oppvarming av vev. Den kanadiske rapporten (III) pekte på at effekter på hjernen er vist, men på grunn av manglende gjentakelse, motstridende resultater og metodologiske svakhe-

ter ble det reist tvil om resultatene. Den nederlandske rapporten (II) konkluderte at det ikke kan utelukkes at elektromagnetiske felt fra mobiltelefonen kan ha visse effekter på hjernefunksjonen, men at de viste forandringer er ubetydelige, forbigående og ikke vist å ha helsemessig betydning.

### 5.7.1. Funksjonelle og strukturelle endringer i hjernen

#### 5.7.1.1. Forsøk med mennesker

Forsøk med mennesker er gjort for å undersøke virkninger på ytelse, og på elektrisk aktivitet i hjernen som måles ved elektroencefalografi (EEG).

Lebedeva et al. (2001) og Croft et al. (2002) fant EEG-endringer etter mobiltelefonbruk. Endringene besto av frekvensøkninger innenfor alfarytmen (8-13 Hz) og frekvensreduksjoner innenfor deltaområdet (1-3 Hz). I søvn-EEG ble det funnet frekvensøkninger av søvnspindlene innenfor fase 2- søvn. Hietanen et al. (2000) og Wagner et al. (2000) fant ikke slike forandringer etter bruk av henholdsvis mobiltelefon og GSM-lignende eksponering.

Små avvik av svarpotensialer fra hjernen etter sansestimulering ble funnet av Jech (Jech et al. (2001a)), men ikke av Freude (Freude et al. (1998)) og Urban (Urban et al. (1998)). I alle forsøkene ble forsøkspersonene eksponert for GSM-telefoner. Jech brukte i tillegg forsøkspersoner med narkolepsi.

I en nylig publisert studie (Huber et al. (2002)) er det i tillegg til EEG-forandringer også observert økt blodgjennomstrømmingen i panneområdet nærmest mobiltelefonen etter GSM-eksponering. Eksponering for tilsvarende RF-felt uten pulsmulering gav ingen effekt. EEG-endringene etter GSM-lignende eksponering er i samsvar med nevropsykologiske tester hvor det er funnet endringer i blant annet utholdenhet, oppmerksomhet, konsentrasjon og hukommelse som man antar er styrt fra disse områdene av hjernen (Jech et al. (2001b), Koivisto et al. (2000)).

Hocking (Hocking og Westerman (2002)) har publisert en kasuistikk hvor en 34 år gammel journalist etter langvarig mobiltelefonbruk utviklet føleforstyrrelser rundt det eksponerte øret, og hvor det ble funnet en påvirkning av myeliniserte nerver i det aktuelle området.

#### 5.7.1.2. Dyrestudier

I dyrestudier har man undersøkt EEG-forandringer, temperaturregulering, hørselsfunksjoner, læring og hukommelse. Flere studier gjort på gnagere har pekt på at læreevne kan være påvirket av elektromagnetiske felt, men ingen av disse studiene har simulert GSM mobilbruk. En ny studie har derimot brukt et eksponeringssystem som gir GSM900-felt (1 og 3.5 W/kg) til dyrets hode. I denne studien fant man ingen effekt på

læreevnen (Dubreuil et al. (2002)) hos rotter.

*Sammenfatning: Data er for usikre til å trekke sikre konklusjoner vedrørende bruk av mobiltelefon og risiko for nevrologisk skade. Funnene som er gjort er beskjedne, tolkningen vanskelig og den funksjonelle og kliniske betydning er usikker.*

### 5.7.2. Effekter på blod-hjernebarrieren

Sentralnervesystemet er isolert fra blodet av et barriere-system som opprettholder et stabilt miljø for cellene. Blod-hjernebarrieren sørger for stabil tilførsel av glukose og metabolitter til hjernecellene, opprettholder ionebalansen og forhindrer opptak av giftige forbindelser og uheldige signalstoffer.

Både de britiske og nederlandske rapportene (**I** og **II**) konkluderer med at RF-felt ikke har effekt på blod-hjernebarrieren. I studiene av virkninger av mikrobølger på blod-hjernebarrieren har SAR-verdiene ligget i området 0,002-240 W/kg (Salford et al 2003, Lin og Lin 1982). I disse studiene er det observert forbigående lekkasjer. Slike permeabilitets-forandringer kan skyldes temperaturforandringer som ofte opptrer ved høye SAR-verdier (Goldman et al. (1984), Williams et al. (1984), Moriyama et al. (1991)) eller ulike molekylære mekanismer som induksjon av ornitindekarboksylase-aktivitet (Byus et al. (1988), Byus et al. (1987); Mullins et al. (1999)).

SAR-verdiene i de fleste studier til nå har ligget høyere enn hva som er relevant ved mobilbruk, og gjør det vanskelig å trekke konklusjoner. Observerte molekylære forandringer kan skyldes varmeinduserte cellulære stressforandringer. Siden hjernen har høy blodgjennomstrømning og dermed rask temperaturutjevning er det lite sannsynlig at SAR-verdier ved mobilbruk kan føre til disse forandringene.

Den kanadiske rapporten (**III**) la vekt på to studier av Salford et al. (Persson et al. (1992), Salford et al. (1994)) som observerte økt permeabilitet for albumin ved SAR-verdier helt med mot 0,016 W/kg hos rotter eksponert for 915 MHz felt. Det ble foreslått at effekten kan være knyttet til pulsing av RF med svært lav frekvens. Den kanadiske oppdaterte rapporten (**IV**) viser i tillegg til Schirmacher (Schirmacher et al. (2000)) som i et in vitro-system med rotteastrocytter og kapillære endotelceller fra grisehjerne, registrerte en økt lekkasje av sukrose ved eksponering for GSM 1800-felt med gjennomsnittlig SAR-verdi 0,3 W/kg. Videre omtales Tsurita (Tsurita et al. (2000)) som ikke fant noen effekt på blod-hjernebarrieren når rotter ble eksponert med standard GSM-felt (1439 MHz, 2W/kg).

To studier av Finnie og medarbeidere (Finnie et al. (2002), Finnie et al. (2001)) fant ikke effekter på BHB i mus utsatt for 900 MHz felt (opptil 104 uker, 5 dager i uka, 0-4 W/kg helkroppseksponering, fjernfelt). Helt

nylig har Salford og medarbeidere (2003) publisert en studie av celleskader i rottehjerne 50 dager etter helkroppseksponering for GSM 900-felt med SAR-verdier på henholdsvis 0,2, 0,02 og 0,002 W/kg. Det ble vist en dose-responsammenheng, og resultatene var signifikante fra 0,02 W/kg. Dette funnet er ikke reproduisert av andre, og resultatene er basert på få dyr. De patologiske forandringene i hjernen er heller ikke beskrevet systematisk. Det er uklart om temperaturen ble godt kontrollert i dette forsøket. Publikasjonens medarbeidere mangler informasjon om forsøkene var utført dobbelt blindt, og metoden er svært følsom for ulike miljøpåvirkninger og er derfor uegnet til å avklare eksponeringens betydning. RF-feltets relative inntrengningsdybde i hjernen vil være større i rotte enn i menneske. Forfatterne nevner ikke studier som har brukt lenger og mer intense eksponeringer uten å finne effekter (Tsurita et al. (2000); Finnie et al. (2002); Finnie et al. (2001)). Hjernen har en vel utviklet evne til å reparere slike permeabilitetsendringer; det er derfor vanskelig å trekke slutninger vedrørende betydning av slike skader på lenger sikt.

*Sammenfatning: Det er ikke holdepunkter for at mobiltelefonbruk kan føre til permanente skader på hjernen. Enkelte eksperimenter har vist forbigående effekter ved SAR-verdier av samme størrelsesorden som ved mobiltelefonbruk, men de må gjentas av uavhengige forskningsgrupper.*

### 5.7.3. Effekter på celledemembraner

Enkelte studier har observert økt kalsiumutsøndring fra hjernevev, også ved eksponering som ikke gir temperaturøkning, men alt i alt er resultatene motstridende (**I**). Det er holdepunkter for at effektene kun påvises ved amplitudemodulerte felt, og det konkluderes med at man ved fremtidig signalplanlegging bør unngå amplitudemodulering rundt 16 Hz hvor endringen er sterkest. Den kanadiske rapporten (**III**) oppsummerte med at endring i kalsiumstrømmen vil kunne skje ved frekvensmodulerte felt svakere enn anbefalte grenseverdier. Det er ikke avklart om RF-felt fra mobiltelefon kan påvirke kalsiumreguleringen i hjernen, eller om slike effekter kan ha noen helsekonsekvenser.

Membranene som omgir celler og indre organeller er viktige for normal celledemembranfunksjon. Den britiske rapporten (**I**) konkluderte med at RF-felt kan påvirke membranproteiner og endre ionetransport over membranen også ved temperaturer lavere enn normal kroppstemperatur og ved eksponering lavere enn anbefalte grenseverdier. Det ble imidlertid understreket at betydningen av slike effekter er uvisst og at funnene ikke er replisert av andre.

*Sammenfatning: Det er ikke publisert nyere litteratur på dette området som er relevant i forhold til mobiltelefonbruk.*



## 5.8. Helseproblemer og subjektive symptomer

Enkelte personer rapporterer om blant annet hodepine, trøtthet, konsentrasjonsproblemer, varmfølelse, prikking i ansiktet, ørhet og ubehagsfølelse i forbindelse med bruk av mobiltelefon og eksponering fra basestasjonsantenner. Med ett unntak er undersøkelser for å beskrive disse symptomene, publisert i 2000 eller senere og er ikke fullstendig dekket i de nasjonale rapportene eller i EU-rapporten. Den britiske rapporten konkluderte med at symptomer rapportert av mobilbrukere ikke nødvendigvis kan tilskrives RF-felt, og at mer forskning med forbedret studiedesign er nødvendig. Den nederlandske rapporten konkluderte at studier av generelle helseplager og symptomer ikke ga grunnlag for konklusjoner vedrørende eventuell sammenheng med mobiltelefonbruk. Den kanadiske og CSTEERapporten omtaler i liten grad dette tema.

### 5.8.1. Bruk av mobiltelefoner

Hocking (1998) telefonintervjuet 40 personer som svarte på en annonse der det ble søkt etter personer som opplevde symptomer ved bruk av mobiltelefon. Symptomene var hovedsakelig lokalisert til hodet, ofte på samme side som telefonen ble holdt. De ble beskrevet som en smerte, forskjellig fra vanlig hodepine, eller som ubehagelig varme. For de fleste oppsto symptomene i løpet av samtalen og gikk over i løpet av dagen. Personer som gikk over til "hands-free" ble kvitt symptomene. Ingen av intervjuobjektene regnet seg som spesielt følsomme for elektromagnetiske felt, og alle vurderte egen helse som god.

En norsk-svensk undersøkelse ble gjennomført av nesten 12 000 personer som brukte mobiltelefon i jobb-sammenheng (Oftedal et al. (2000), Sandstrom et al. (2001)). I Norge rapporterte 22% og i Sverige 7,4% at de hadde opplevd symptomer ved bruk av mobiltelefon. Forfatterne understreker at det kan være flere årsaker til symptomene, selv om personene relaterer dem til mobiltelefonbruk. Hodepine var blant de symptomene som ble oftest rapportert. De fleste opplevde symptomene på samme side som mobiltelefonen ble holdt, og ved å bruke «hands-free»utstyr eller gjøre andre tiltak som reduserte eksponeringen ble symptomene redusert eller borte. Tidsforløpet til symptomene var som bekreftet av Hocking (1998), og personene med mobiltelefonrelaterte symptomer var oftest ikke «eloverfølsomme». Respondentene med symptomer hadde heller ikke dårligere helse enn de andre. Andelen som hadde hodepine generelt (dvs. ikke bare relatert til mobiltelefonbruk) økte med bruken av mobiltelefon. I analysen ble det tatt hensyn til ulike faktorer som kan påvir-

ke symptomene, men allikevel påpeker forfatterne at det kan være mange årsaker til de statistiske sammenhengene.

Chia og medarbeidere (Chia et al. (2000)) gjennomførte en befolkningsundersøkelse blant 808 personer i Singapore. De ble intervjuet om ulike helseplager uten at det ble knyttet til mobiltelefonbruk. Hodepine forekom oftest. En sammenheng mellom samtaletid og hodepinefrekvens ble observert. Antall samtaler per dag var uten betydning. Hodepine forekom 20% oftere blant dem som ikke brukte "hands-free". En styrke ved studien var at deltakerne ikke kjente hensikten med undersøkelsen, og at spørsmål om helse ble stilt før spørsmål om bruk av mobiltelefon. Det kan allikevel være andre forklaringer på de observerte resultatene, og forfatterne konkluderer med at studien ikke er egnet til å påvise årsakssammenhenger.

Ved en skole i Frankrike deltok 161 studenter og ansatte i en spørreskjemaundersøkelse (Santini et al. (2001)). Forekomsten av ubehag, varmfølelse og prikkende følelse på øret økte med antall mobiltelefonsamtaler og samtaletid per dag. Resultatene er usikre på grunn av få deltakere og manglende justering for andre faktorer enn kjønn.

Koivisto (Koivisto et al. (2001)) gjennomførte to blindforsøk med eksponering for RF-felt fra GSM900-telefoner i 30 og 60 minutter. De samme 48 forsøkspersonene deltok i begge forsøkene. De merket ingen forskjell på ulike symptomer når telefonen var på eller av. Forsøkspersonene hadde aldri opplevd hodepine eller andre symptomer som de relaterte til mobiltelefon. Studien er ikke egnet til å trekke konklusjoner angående personer som opplever slike symptomer.

Hietanen (Hietanen et al. (2002)) gjorde et dobbelt blindforsøk med 20 personer som hadde opplevd symptomer ved mobilbruk. Forsøkspersonene rapporterte flere symptomer som følge av forsøket, men gruppen med mobileksponering (NMT900, GSM900 og 1800) oppga ikke flere symptomer enn gruppen med telefonen slått av. Ti av forsøkspersonene hadde diagnoser på kroniske sykdommer som fibromyalgi og nevrologiske lidelser. Forskerne mener dette kan forklare noen av symptomene. Noen forsøkspersoner mente at de også reagerte på andre kilder til elektromagnetiske felt og/eller mobiltelefoner som ble brukt av andre i nærheten. Provokasjonsforsøket gir ikke støtte for en årsakssammenheng. Så langt er det imidlertid ikke publisert provokasjonsforsøk med personer som ikke er «eloverfølsomme» og ikke har andre lidelser som kan forklare symptomene.

*Sammenfatning: Symptomer som enkelte mobiltelefonbrukere rapporterer er uspesifikke og kan ha flere årsaker. De publiserte befolkningsstudiene gir ikke grunnlag for å trekke konklusjoner om betydningen av RF-eksponeringen. Resultater fra forsøk med mennesker gir ikke støtte til at feltene er årsak til helseproblemene.*

### 5.8.2. Opphold nær basestasjoner

Santini et al. (Santini et al. (2002)) undersøkte forekomst av ulike symptomer i forhold til boligens avstand fra basestasjoner. 530 personer svarte på spørreskjema. De som bodde mer enn 300 meter unna ble definert som kontrollgruppe. Trøtthet forekom oftere blant dem som bodde nærmere enn 300 meter. Hodepine, søvnforstyrrelse og uvelhet forekom oftere blant dem som bodde nærmere enn 200 meter. Flere symptomer forekom ved bosted med enda kortere avstander til basestasjonen. Det ble ikke kontrollert for mulige effekter av

andre faktorer som kan ha betydning for symptomene. Avstanden til en basestasjon gir ingen god indikasjon på feltstyrken fordi forhold som skjerming av hus og beliggenhet i forhold til antenneens retningskarakteristikk har stor betydning for feltstyrken.

*Sammenfatning: Metodiske svakheter ved den ene studien som er publisert gjør at det ikke er mulig å trekke konklusjoner med hensyn til helsevirkninger av RF-eksponering ved opphold nær basestasjoner.*

I mangel av en kjent mekanisme for biologisk effekt av RF-felt får eksperimentelle studier en spesielt viktig rolle. Slike studier er derfor diskutert og gjengitt i noe mer detalj i denne rapporten.

Kreft og celledød står sentralt når det gjelder mulige effekter av RF. Eksperimentelle studier undersøker oftest de tidligste stadiene i cellers omdannelse til kreftceller. Man måler bl.a. endringer i DNA, i kromosomstruktur, cellesyklus, genmutasjoner, endret genetisk rekombinasjon, endret genregulering og endringer i celledød. Seinere stadier i kreftutvikling kan tildels studeres i forsøk med dyr, eksponert for RF-felt (alene eller i kombinasjon med et kreftfremkallende stoff). Man registrerer en rekke forskjellige biokjemiske og genetiske endringer i kreftceller og omkringliggende vev.

Det publiseres hvert år et stort antall eksperimentelle studier som tar for seg mulige effekter av RF-eksponering på disse parametrene. Nedenfor har vi tatt for oss de viktigste studiene fra seinere år, i tillegg til at vi har gjengitt hovedkonklusjonene i **I-VI**.

### 6.1. Genetiske og cellulære effekter

DNA er kjemisk stabilt, men kan også endres spontant og på grunn av ytre påvirkning. Utvikling av kreft starter med endringer i DNA. Celler har en rekke mekanismer som beskytter mot og reparerer slike endringer. Genotoksiske effekter studeres derfor som endringer i DNA, og endringer i genomets funksjon.

Når det gjelder eksperimentelle studier bemerker det britiske panelet (**I**) en slående mangel konsistens og relevans i det som er publisert. Panelet finner at undersøkelser som er gjennomført vedrørende mutasjoner i somatiske celler eller kjønnsceller samlet sett tyder på at ikke-termiske RF-felt ikke har noen effekt. Det er publisert studier som viser DNA-skader induisert i mus. Disse studiene bør følges opp, men de støttes ikke av andre studier *in vivo* og *in vitro*. Andre markører for genotoksisitet – som kromosomaberrasjoner og søsterkromatideutbytninger – viser i enkelte tilfeller respons, men igjen er studiene enten ikke reproduert i andre laboratorier, eller eksperimentene er mangelfullt gjennomført eller rapportert. Panelet legger noe vekt på

funn av mikrokjerner, men presiserer at studiene er vanskelig å tolke og at deres relevans for helseskade er usikker.

Det kanadiske panelet konkluderte på grunnlag av det samme forskningsmaterialet svært likt (**I**). Den kanadiske oppdaterte rapporten (**IV**) referer en nyere studie av enkelttrådbrudd i humane lymfocytter hvor man ikke observerte noen effekter (Vijayalaxmi et al. (2000)).

Det nederlandske panelet diskuterer i liten grad effekter av RF-felt på genotoksisitet, men konsentrerer seg om effekter på kreft i forsøksdyr (se kap. 5.1.2). EUs ekspertgruppe konkluderer som de andre panelene med at enkeltfunn er kontroversielle og de er ikke bekreftet i uavhengige studier.

De eksperimentelle studiene benyttes først og fremst for å klarlegge mulige mekanismer, mens de ikke kan benyttes direkte til å trekke konklusjoner om helseeffekter for mennesker. Siden nettopp mangel på plausibel mekanisme for biologisk effekt av ikke-termiske RF-felt har vært et hovedproblem, er de eksperimentelle studiene viktige. Derfor har vi også tatt for oss enkelte resultater som viser biologisk effekt av ekstremt lavfrekvent magnetfelt (ELF). Disse studiene omfattes ikke av mandatet, men de er tatt med fordi de gir verdifull informasjon om mulige mekanismer. De kan også være av en viss relevans for mobiltelefoner, fordi GSM-felt inneholder lavere frekvenser.

Sykes og medarbeidere (Sykes et al. (2001)), rapporterte nylig effekter av 900 MHz pulset RF på **genetisk rekombinasjon** i mus. Rekombinasjon er en normal genetisk prosess, men når den øker kan det være et tegn på en genetisk belastning.

*Transgene mus ble utsatt for pulset 900 MHz (30 minutters behandling, i 1, 5 eller 25 dager). Miltvev ble tatt ut 3 dager etter siste behandling og undersøkt mht genetisk intrakromosomal rekombinasjon. Mens det ikke var noen endring i mus eksponert i 1 eller 5 dager, ble det observert en signifikant reduksjon i det spontane nivået av inversjoner i gruppen eksponert i 25 dager. Dette kan bety en forstyrret rekombinasjon som har betydning for DNA-reparasjon. Imidlertid bemerker forfatterne selv at antall dyr per gruppe var liten (10 og 20), slik at observasjonene må eventuelt bekreftes i større studier.*

En noe eldre studie (Mailhes et al. (1997)) fant effekter av elektromagnetiske felt på kjemikalieindusert aneuploidi (som betyr at celledeling har ført til tap eller

gevinst av ekstra kromosom hvilket betyr en alvorlig genetisk skade for cellen).

*Endret hyperploidi i metafase II i oocytter i mus ble registrert. Mus ble utsatt for vinblastin, som i seg selv gir aneuploidi, alene eller sammen med EMF-felt. En signifikant økning av EMF-felt på induert aneuploidi ble funnet.*

*Konklusjon: EMF-felt kan føre til økt forekomst av aneuploidi, via en mekanisme som forfatterne knytter til effekter på det endokrine hormonelle systemet.*

**DNA-skader** dannes av en rekke forskjellige mutagene og kreftfremkallende stoff. Dersom de ikke repareres kan de føre til mutasjoner. McNamee et al. (2002a) studerte slike skader i hvite blodceller behandlet med RF, men registrerte ingen effekt.

*Blodkulturer (fra mennesker) ble eksponert med 1900 MHz pulsmodulert RF i 2 timer, med SAR 0 – 10 W/kg, temperatur 37.0 +/- 0.5 °C. Verken DNA trådbrudd eller mikrokjerner var økt i eksponerte prøver. I en lik studie benyttet forfatterne konstant RF-felt, fortsatt med fravær av effekt (McNamee et al. (2002b)).*

Tice et al. (2002) fant heller ingen DNA-skader, men de høyeste feltnivåene gitt over lengre tid ga kromosomforandringer i hvite blodceller in vitro.

*Blod fra mennesker ble undersøkt etter in vitro-eksponering med RF-felt (modulert på forskjellig vis, ca. 800 og ca. 1900 MHz, forskjellige feltstyrker). Celler ble bestrålt med EMF (SAR 1-10 W/kg) i 3 eller 24 timer. DNA-skader (DNA enkelttrådbrudd og alkali-labile lesjoner) ble målt i leukocytter med kometmetoden, mens mikrokjerner ble målt i mitotiske lymfocyttkulturer. Ingen effekt av eksponering ble observert på nivået av DNA-skader. Derimot ble det observert økt antall mikrokjerner ved eksponering i 24 timer med 5 og 10 W/kg av de forskjellige feltypene, uavhengig av modulering.*

Studiene til Singh og medarbeidere har fått betydelig oppmerksomhet og omtales her selv om de ikke er helt nye. DNA-trådbrudd ble funnet i hjerneceller i RF-eksponerte rotter. Eksperimentene er imidlertid ikke blitt bekreftet ved gjentatte forsøk i andre laboratorier. DNA trådbrudd kan skyldes forskjellige forhold – bl.a. endret metabolisme eller stressreaksjoner. Relativt beskjedne effekter ble registrert, som ikke er direkte relevant for helseskade.

*Disse forfatterne undersøkte induksjon av DNA-skader. Lai og Singh (1996) eksponerte rotter for 2450 MHz RF, pulset og kontinuerlig, i 2 timer, gjennomsnittlig helkroppss-SAR=1,2 W/kg. Ved begge eksponeringsforhold ble det registrert økt nivå av DNA-trådbrudd (enkelt- og dobbelt-) i hjerneceller. Lai og Singh (1997a) fant lignende effekter ved bruk av lavfrekvente (60 Hz) felt. Samme forfattere (Lai og Singh (1997b)) fant at forbehandling av rotter med melatonin eller en annen forbindelse (begge med evne til såkalt radical scavenging) hindret dannelse av DNA-trådbrudd.*

En annen eldre (ikke omtalt i rapportene I – V) studie (Cantoni et al. (1996)) undersøkte om lavfrekvente felt (50 Hz) kunne påvirke **DNA-reparasjon** i celler i kul-

tur, behandlet med kjemiske mutagener eller UV-lys. Elektriske og magnetiske felt hadde ingen virkning på DNA-reparasjon.

Mikrokjerner er kromosomfragmenter som finnes igjen i røde blodceller (som normalt ikke har kromosomer). Det ble observert mikrokjerner i celler fra rotte behandlet i flere dager med RF-felt. Forfatterne angir at dette tyder på en adaptiv respons i bloddannende organer.

*Trosic et al. (2002) eksponerte rotter i 2 timer om dagen, 7 dager i uka, for kontinuerlig 2450 MHz RF-felt, 50-100 W/m<sup>2</sup>. Polykromatiske erytrocytter ble undersøkt mhp dannelse av mikrokjerner. Det ble observert signifikante forskjeller blant de behandlede dyrene etter 2, 8 og 15 dagers behandling. Økt tilstrømming av umodne erytrocytter i blodbanen viste at deling og modning av bloddannende celler ble påvirket av EMF-eksponeringen. Økt forekomst av mikrokjerner ble observert i erytrocytter fra dyr utsatt for 8 eksponeringer.*

**Mutagenitet og ko-mutagenitet.** Ansari og Hei (2000) eksponerte pattedyrceller i kultur for et lavfrekvent felt. Feltet ga ikke noen økning av den mutagene effekten av MNNU (eksperimentelt mutagen).

*Celler ble behandlet med 100 µT 60 Hz felt, i 24 timer per dag i 7 dager, alene eller sammen med ioniserende stråling eller et eksperimentelt karsinogen (MNNG). ELF alene hadde ingen celledøds virkning. Cytoksisitet og mutasjoner induert av stråling eller MNNG ble ikke økt av ELF.*

Maes og medarbeidere (Maes et al. (2000a); Maes et al. (1996)) rapporterte komutagene effekter ved ELF- og RF-felt. Studien fra 2000 fant økt mutagen effekt av ioniserende stråling i kombinasjon med 88 – 2500 µT 50 Hz ELF-felt. Studien fra 1996 fant søsterkromatideutbytninger induert av 954 MHz RF-felt fra en basestasjon. I seinere studier (Maes et al. (2000b); Maes et al. (2001)) fant de imidlertid ingen mutagen eller komutagen effekt.

#### **Effekter på apoptose (programmert celledød).**

Tian et al. (2002) fant effekter av ELF sammen med ioniserende stråling.

*Forfatterne undersøkte uttrykk av apoptose-relaterte gener i celler (to cellelinjer, hvorav en er sensitiv overfor ioniserende stråling), eksponert med røntgenstråler alene, eller sammen med ELF. Celleoverlevelse, cellyklus og ekspresjon av proteiner ble ikke påvirket av ELF alene. Det ble derimot observert at ELF endret effekter på cellyklus som røntgenstråling normalt førte til, og ELF ga endret ekspresjon av apoptose-relaterte proteiner. Disse effektene ble imidlertid ikke observert i cellelinjen som hadde normal strålefølsomhet. ELF kan dermed endre cellyklusfordeling og apoptose, i celler som er skadd med ioniserende stråling.*

Takahashi et al. (2002) fant ingen mutagen effekt av RF-felt i transgene mus. Dette er en grundig studie, publisert i et meget anerkjent tidsskrift.

*Mus ble eksponert med 1,5 GHz felt. Hjernevev ble isolert*



etter eksponering med SAR 0, 0,67 eller 2 W/kg, i 90 minutter per dag, 5 dager i uka, i 4 uker. Ingen patologiske endringer ble påvist, heller ingen tegn til apoptose. Det ble ikke observert endret mutasjonsmønster i vev fra eksponerte dyr. En viss ikke-signifikant økning i antall delejonsmutasjoner ble derimot påvist, både ved høyeste og laveste eksponering. Forfatterne konkluderer med at 1,5 GHz felt ikke er mutagent i hjerneceller i mus og ser derfor ikke ut til å medføre noen økt fare for utvikling av kreft i hjernen.

**Effekter på cellyklus.** Higashikubo et al. (2001) behandlet to typer pattedyrceller (musefibroblaster og humane gliomceller) i kultur med frekvensmodulert RF-felt (ca. 800 MHz), men fant ingen effekt på cellyklus.

*Feltstyrken tilsvarte SAR 0,6 W/kg. Cellyklus (overgang mellom forskjellige faser) og celledeling ble undersøkt straks etter start av bestråling og etter 100 timer. En viss endring ble observert kun for fibroblastene, i form av seinere avflating av cellevekst, etter bestråling i lang tid; imidlertid ble ingen andre endringer registrert.*

**Effekter på celledifferensiering.** Chen et al. (2000) fant effekter av ELF-felt (1-1000  $\mu$ T, dvs. tildels meget sterke felt) på induert differensiering av en cellelinje.

*Det ble observert dose-avhengig redusert differensiering av 2,5  $\mu$ T og høyere felt. Ved delvis blokkert differensiering forble en større andel av en cellepopulasjon i udifferensiert prolifererende tilstand. Dette tolkes i forhold til mulig effekt av ELF som tumorpromotor.*

**Genekspresjon og transkripsjon.** Yomori et al. (2002) observert ikke effekt av et meget sterkt ELF-felt på proteiner som er knyttet til karsinogenese.

*Forfatterne undersøkte ekspresjon av protoonkogener i celler eksponert med ELF (500  $\mu$ T), på både transkripsjons- og translasjonsnivå. Det ble ikke funnet noen signifikant effekt, og forfatterne konkluderer med at lineær eller sirkulærpolarisert ELF ikke inducerer kreft via endret ekspresjon av proteiner som er knyttet til karsinogenese.*

Shallom et al. (2002) fant ca. 30% økt ekspresjon av heat shock protein 70 (Hsp70) i kyllingembryoer 3,5 – 4 time etter eksponering. Dette skyldes antakelig termiske effekter.

*Kyllingembryoer ble eksponert med 915 MHz (kontinuerlig stråling, SAR 1,75 og 2,5 W/kg). Det ble funnet ca. 30% økt ekspresjon av Hsp70 3,5 – 4 time etter eksponering. Fostrene viste også økt resistens overfor et hypoksisk stress som varte i 2-3 timer. Temperaturøkning ved høyeste eksponering er angitt til 1,5 °C. Det er sannsynlig at observasjonene skyldes termiske effekter.*

Transgen *Drosophila melanogaster* (bananfluer) og *Caenorhabditis elegans* (liten nematode) ble benyttet til å studere mulige effekter på genekspresjon av (relativt sterkt) ELF-felt. ELF sammen med et mildt varmesjokk førte til syngergistiske biologiske effekter (Gutzeit (2001)). I *C.Elegans* ble heat shock proteins (hsp) indu-

sert, mens i *Drosophila* observert man utviklingsforstyrrelser. Lignende og understøttende observasjoner er tidligere rapportert av samme gruppe (Junkersdorf et al. (2000); Michel og Gutzeit (1999)).

**Blank, Goodman og medarbeidere** har publisert en rekke studier av effekt av elektromagnetiske felt (først og fremst lavfrekvente felt, i seinere år også noe RF) på ekspresjon av heat-shock-proteiner. Denne gruppen har nylig også publisert en oversiktsartikkel og biologiske effekter av ELF-felt (Blank og Goodman (2000)). De har foreslått en mekanisme for hvordan elektromagnetiske felt kan virke på DNA (Blank og Goodman (2001)). Gruppen har stått relativt alene med sine funn. De er lite diskutert i rapportene I - V, og derfor går vi noe grundigere inn på dem her.

Eksperimentene er i liten grad blitt reproduert i andre laboratorier. Det har tildels vært reist innvendinger mot gjennomføring og tolkning, men vi kan vanskelig se at innvendingene er av en slik karakter at Blank og Goodmans resultater blir uten betydning.

*I et av sine nyeste arbeider (Lin et al. (2001)) rapporterer forfatterne at en spesiell 900 basepar promotorsekvens fungerer som et responsivt element for ELF-felt (60 Hz), og at fjerning av denne sekvensen samtidig fjerner ELF's effekter på transkripsjon. Introduksjon av den samme frekvensen foran andre gen fører til at deres transkripsjon blir påvirket av ELF-felt. Konklusjon: En definert gensekvens ser ut til å fungere som et responsivt element overfor ELF.*

Andre, tildels eldre, arbeider av samme gruppe er:

*Jin et al. (2000). Fosforylering av proteiner involvert i stressrespons ble målt som resultat av eksponering med ELF-felt (60 Hz), i forskjellige celletyper. Det ble benyttet både lave og relativt høye feltstyrker.*

*Lin et al. (1999), Lin et al. (1998a). Forfatterne studerte i disse to studiene regulatoriske elementer som har betydning for ELF's virkning på uttrykk av heat shock proteinet HSP-70. De rapporterer at ELF-mediert induksjon av HSP70 er knyttet til økt transkripsjon, ved at protoonkogen binder seg til spesifikke DNA-sekvenser i promotoren for HSP70.*

*Lin et al. (1998b). En modell for genekspresjon in vitro ble benyttet til å studere effekt av et 60Hz felt (8  $\mu$ T). Celler viste c-myc-avhengig økt ekspresjon via interaksjon med en promotorregion som regulerer bl.a. heat shock proteinet HSP-70, og dette foregår via interaksjon med c-myc. Dette foreslås som mekanisme for økt dannelse av HSP-70 ved eksponering med lavfrekvente felt.*

Harvey og French (2000) observert økt ekspresjon av flere gener i celler eksponert med RF-felt.

*Humane celler i kultur ble behandlet i 20 minutter i 7 dager, med kontinuerlig 864 MHz, SAR=7W/kg. Effekter på ekspresjon av gener og på protein kinase ble studert. En rekke gener ble sterkere uttrykt i RF-eksponerte celler, deriblant et protoonkogen og en transkripsjonsfaktor, og gener involvert i stressrespons.*

Leszczynski et al. (2002) fant endringer i fosforyle-



ringsmønster i RF-eksponerte celler.

*Celler ble eksponert med 900 MHz GSM-felt, SAR=2 W/kg. Fosforlyeringsmønster ble undersøkt, og det viste seg endringer i en rekke proteiner involvert i cellers stressrespons. Forfatterne argumenterer for at dette kan forklare RF-assosiert hjernekreft og redusert blod-hjerne-barriere, og de postulerer at RF-eksponering over lengre tid kan føre til helseeffekter. Dette er en interessant studie som viser effekt av relativt lave RF-felt på celler på fosforlyering. Imidlertid tolker forfatterne sine data svært langt når det gjelder mekanisme for helseskade hos mennesker.*

Daniells et al. (1998) fant effekter av RF-felt på genekspresjon i nematoder. Dette er interessante studier av en hel organismes respons på RF-felt. De er ikke direkte relevant for mennesker, men antyder viktige biologiske mekanismer.

*Det ble benyttet transgene nematoder som inneholder et reporter-gen som gjør det lett å registrere induksjon av stressrespons. Effekter av 300 og 750 MHz ble målt, i et bestrålingsoppsett som er vanskelig å vurdere med hensyn til feltstyrke. I en annen rapport (de Pomerai et al. (2000)) ble det funnet en klar effekt av RF (750 MHz, kontinuerlig) på respons overfor varme, ved at stressrespons-protein økte ved lavere temperatur i RF-eksponerte enn i ikke-eksponerte nematoder.*

Wu et al. (2000) foretok en molekylær analyse av genprodukter som ble oppregulert av ELF.

*En genskvens ble identifisert som viste seg å representere et protein (ceramide glycosyltransferase) som spiller en rolle ved cellevekst og differensiering. Dette viser at transkripsjon av det tilhørende genet blir påvirket av ELF. Dette er en overbevisende studie som støtter andre observasjoner av effekter på transkripsjon.*

*Sammenfatning: Det er mangelfull, dårlig reproduert eller inkonsistent dokumentasjon av genotoksiske effekter (virkning på DNA, kromosomer etc.), effekter på celledyklus, celledifferensiering og celledød, og komutagen effekt. Når det gjelder ekspresjon av gener knyttet til stressrespons viser flere studier effekt av RF-felt. Man ser lignende biologiske effekter av ELF-felt. Disse effektene betydning for helse er usikker, og eksperimentenes verdi ligger i at de antyder biologisk effekt av elektromagnetiske felt selv om mekanismen ikke er forstått.*

## 6.2. Enzymet ODC

Ornitin dekarboksylase (ODC) er et enzym som er assosiert med kreftutvikling. ODC inngår i syntese av polyaminer. Det er allment kjent at polyaminer – deriblant putrescine, spermidin og spermin – er viktige for cellevekst og differensiering. I kreftceller er ODC ofte kraftig oppregulert. Betydelig økt mengde ODC finnes også i mange typer premaligne svulster. Flere onkogener påvirker ODC på transkripsjonsnivå.

Studier tyder på at ODC-nivet påvirkes av ELF-felt, mens det i seinere år også er vist effekter av RF-felt modulert i ELF-frekvensområdet. Umodulert RF-felt er ikke vist å ha effekt. Det har vært diskutert hvorvidt oppregulering av ODC kunne være en mekanisme for at RF-felt gir kreft.

ODC-mekanismen er omtalt inngående i rapportene (III) og (IV), mens (I) og (II) vier ODC mindre oppmerksomhet. RF-indusert økning av ODC er relativt beskjeden, mens den som opptrer i transformerte celler og etter behandling med kjente mutagener kan være veldig mye større; dette er ett argument mot at RF-felt kan føre til kreft via oppregulering av ODC. Den kanadiske rapporten (III) vurderer de eksperimentelle studiene som viktige, men fortsatt usikre, og panelet anbefaler mer forskning på området.

Byus (2001) studerte ODC og andre stressrelaterte parametre i rotter eksponert med 1600 MHz GSM, SAR 0,16; 1,6 og 5 W/kg (til hjerne). Det ble registrert betydelige effekter av at rottene ble holdt fastspente under eksponering, mens RF-feltet i seg selv ikke hadde noen effekt. Denne studien taler mot at ODC og andre stressrelaterte funksjoner påvirkes av RF-felt, og den illustrerer at forsøksdyr under stress viser fysiologiske endringer.

Boorman et al. (2000) gjennomførte en studie av forskjellige faktorer som tidligere var rapportert å være påvirket av RF-felt, bl.a. genekspresjon, intracellulært kalsium, cellevekst og ODC. Dette var del av et forskningsprogram i regi av bl.a. NIEHS (amerikanske miljøforskningsinstitutt). Forsøket ble lagt opp for å forsøke å gjenta tidligere studier som fant effekt av RF-felt. I omtrent alle eksperimentene som ble gjennomført ble det ikke funnet noen effekt av RF-felt. Rapporten påpeker hvordan små forskjeller i eksperimentelt opplegg kan påvirke *in vitro*-effektene som studeres.

*Sammenfatning: Nyere forskning støtter ikke tidligere indikasjoner på at ODC oppreguleres av RF-felt og at dette kunne være en mekanisme for RF-indusert kreft.*

Den kanadiske rapporten (II) beskriver barn, gravide og eldre som spesielt mottagelige for ulike miljøfaktorer. Spesielt mottagelige undergrupper er lite studert i forhold til RF-eksponering. Enkelte publiserte studier har også metodologiske svakheter. Rapporten fra Storbritannia (I) framsatte hypotesen om at barn kan være mer sårbare både fordi nervesystemet er under utvikling, de absorberer mer energi i hodet, og de har et langt liv foran seg. I tråd med varsomhetsprinsippet anbefalte forfatterne at barn oppmuntres til å begrense bruken. Mobilindustrien ble anbefalt å ikke markedsføre bruk av mobiltelefon blant barn. Den nederlandske rapporten (II) pekte på enkelte fysiske forskjeller som kan ha betydning. I tillegg til mindre hodestørrelse har barn tynnere hodeskalle og tynnere og mer elastiske ører (telefonen kommer nærmere hodet). Rapporten konkluderte imidlertid med at det ikke er sannsynlig at større endringer finner sted i hjernens følsomhet for elektromagnetiske felt etter andre leveår. Komiteen så ingen grunn til å anbefale begrensninger i barns mobiltelefonbruk. WHO's informasjonsbrosjyre om mobiltelefon (<http://www.who.int/peh-emf/en/>) konkluderer med at aktuell vitenskapelig informasjon ikke indikerer behov for spesielle forsiktighetsregler ved bruk av mobiltele-

fon, men dersom man er bekymret kan man redusere egen og barns eksponering ved å begrense samtalelengde eller bruke «hands-free».

Beregninger av absorbert energi i barns hoder i forhold til voksne, basert på anatomiske modeller, gir varierende resultater. Kang og Gandhi (2002) fant høyere absorpsjon for små hoder enn for store, mens Schonborn et al. (1998) ikke fant noen signifikant forskjell. Det er også forskjeller i elektriske egenskaper til vevet hos barn og voksne, men betydningen av dette er foreløpig ikke undersøkt.

Et annet spørsmål som reises er etiske aspekter ved barns bruk av mobiltelefon. Barn har ikke selv muligheten for å avgjøre om bruken representerer en helsefare, og foreldre eller andre foresatte må derfor foreta valg på vegne av barna.

*Sammenfatning: Det er uklart hvorvidt barns anatomi og fysiologi gjør dem mer utsatt for mulige helseskader fra mobiltelefonbruk enn voksne. Etiske aspekter, og det at barn har et langt liv foran seg, kan være begrunnelse for en forsiktighetsstrategi. Dette tar også hensyn til at foreldre ofte er bekymret for sine barns helse.*

### 8.1. Kreft

De seinere års undersøkelser gir støtte til konklusjonene i tidligere utredninger om at det ikke er sammenheng mellom bruk av mobiltelefon og kreft. På grunn av lang latenstid for mange kreftsykdommer, kan en imidlertid fortsatt ikke foreta en sikker evaluering av kreftrisiko.

Kreftstudier med forsøksdyr kan ofte være vanskelige å sammenligne, fordi resultatet påvirkes av bruk av ulike linjer av forsøksdyr, ulike fôr- og kjemikalieleverandører, ulike miljøforhold i laboratorier og ulike eksponeringsprotokoller (Anderson et al. (2000)). Samlet sett har seinere års dyreforsøk ikke styrket hypotesen om at RF-felt, alene eller i kombinasjon med andre stoffer, kan føre til eller påvirke utviklingen av kreft.

### 8.2. Fruktbarhet og avkom

I de fleste vurderingene av publiserte befolkningsstudier som omhandler menns RF-eksponering, konkluderes det med at dokumentasjonen er utilstrekkelig til å utelukke at eksponeringen kan ha skadelige virkninger. Ingen av disse studiene omhandler imidlertid så svake felt som de som kommer fra mobiltelefoner. Det er lite sannsynlig at RF-eksponering fra mobiltelefoner og basestasjoner kan påvirke spermieproduksjon og det utfødte barn. Enkelte biologiske effekter er observert, men noen helsefare kan ikke identifiseres fordi vi ikke kjenner virkningsmekanismene. Dyrestudiene er hovedsakelig knyttet til fruktbarhet og viser gjennomgående ingen effekt når eksponeringen er ikke-termisk.

### 8.3. Øyeskader og synseffekter

Forskjellene i resultatene fra studiene av øyeeffekter kan skyldes ulike eksponerings-betingelser. Det kan også ha betydning om forsøksdyr var anestesert eller ikke. Det gjenstår å undersøke hvorvidt eksponerings-betingelser som ligner eksponeringen fra mobiltelefoner kan gi hornhinneskader eller funksjonelle endringer av samme type som ble referert i den britiske rapporten (I). Bortsett fra en studie tyder resultatene ikke på at linseskader som grå stær kan opptre ved så lave eksponeringsnivåer som er aktuelle ved bruk av mobiltelefon.

### 8.4. Effekter på hjerte, blodtrykk og sirkulasjon

Det er ikke dokumentert akutte eller kroniske effekter på hjerte, blodtrykk og sirkulasjon som følge av mobiltelefonbruk.

### 8.5. Effekter på immunsystemet

Man har ingen holdepunkter for at mobiltelefonbruk påvirker immunsystemet.

### 8.6. Hormonelle effekter

Publiserte studier gir ingen holdepunkter for at RF-eksponering kan påvirke melatonin eller andre hormoner hos mennesker.

### 8.7. Effekter på nervesystemet

Data er for usikre til å trekke sikre konklusjoner vedrørende bruk av mobiltelefon og risiko for neurologisk skade. Funnene som er gjort er beskjedne, tolkningen vanskelig og den funksjonelle og kliniske betydning er usikker.

Det er ikke holdepunkter for at mobiltelefonbruk kan føre til permanente skader på hjernen. Enkelte eksperimenter har vist forbigående effekter ved SAR-verdier av samme størrelsesorden som ved mobiltelefonbruk, men de må gjentas av uavhengige forskningsgrupper.

### 8.8. Helseproblemer og subjektive symptomer

Relevant litteratur på dette området er i hovedsak publisert i 2000 og senere.

Symptomer som enkelte mobiltelefonbrukere rapporterer er uspesifikke og kan ha flere årsaker. Publiserte befolkningsstudier gir ikke grunnlag for å trekke konklusjoner om betydningen av RF-eksponeringen. Resultater fra forsøk med mennesker gir ikke

støtte til at feltene er årsak til helseproblemene.

Metodiske svakheter ved en studie som er publisert vedrørende opphold nær basestasjoner gjør at det ikke er mulig å trekke konklusjoner med hensyn til helsevirkninger av RF-eksponering.

## 8.9. Biologiske effekter og mekanismer

Dokumentasjon av genotoksiske effekter (virkning på DNA, kromosomer etc.), effekter på celledødsprosess, celledifferensiering og celledød, og komutagen effekt er mangelfull, dårlig reproduert eller inkonsistent. Når det gjelder ekspresjon av gener knyttet til stressrespons viser flere studier effekt av RF-felt. Man ser lignende biologiske effekter av ELF-felt. Disse effektene betyd-

ning for helse er usikker, og eksperimentenes verdi ligger i at de antyder biologisk effekt av elektromagnetiske felt selv om mekanismen ikke er forstått.

Nyere forskning støtter ikke tidligere indikasjoner på at enzymet ODC oppreguleres av RF-felt og at dette kunne være en mekanisme for RF-indusert kreft.

## 8.10. Barn og mobiltelefonbruk

Det er uklart hvorvidt barns anatomi og fysiologi gjør dem mer utsatt for mulige helseskader fra mobiltelefonbruk enn voksne. Ethiske aspekter, og det at barn har et langt liv foran seg, kan være begrunnelse for en forsiktighetsstrategi. Dette tar også hensyn til at foreldre ofte er bekymret for sine barns helse.

### 9.1. Risikohåndtering

Når en helserisiko er blitt estimert, kan man foreta en avveining mellom ulemper og fordeler og så foreta konkrete valg; dette er innholdet i en risikohåndtering. Fordelene kan være faktiske eller sannsynlige, de kan være direkte (f.eks. bedret helse p.g.a. et nytt legemiddel) eller indirekte (f.eks. gjøre en industri mer konkurransedyktig og derved fremme arbeidsplasser). I avveiningen mellom ulempe og fordeler må det tas hensyn til usikkerhet i risikoestimatene og alvorlighetsgraden av mulige uheldige effekter. Vurdering av hva som er en alvorlig ulempe påvirkes av *holdning*: Hvordan veier man f.eks. hodepine hos et stort antall personer opp mot et meget lite antall tilfeller av kreft?

Risikohåndtering er et minefelt også fordi ulempene ofte ikke kan måles i samme enhet som fordelene. Videre er det slik at de som har mest fordeler av ny utvikling ikke nødvendigvis er de samme som utsettes for den største risikoen. De etiske problemene burde være åpenbare.

### 9.2. Føre-var-strategi og forsiktighetsprinsipp

Når vitenskapelige resultater er for ufullstendige, inkonklusive eller usikre til å danne grunnlag for å beregne skade på natur, dyr og mennesker, og det foreligger foreløpige vitenskapelige resultater for potensielt skadelige effekter, kan man vurdere å benytte et forsiktighetsprinsipp. Føre-var-prinsippet betyr at tiltak overfor et mulig problem ikke skal utsettes med den begrunnelse at man ikke har vitenskapelig innsikt. Spesielt har dette prinsippet kommet til anvendelse i situasjoner der konsekvensene av en påvirkning er vanskelig å overskue, kvantifisere eller fastsette økonomisk. Det er derimot ikke meningen at slike tiltak skal tre i kraft på grunnlag av usikkerhet som er beheftet med ethvert vitenskapelig resultat. – Dersom man har bestemt størrelsen av en helseeffekt, riktignok i et visst intervall, skal tiltaket og kostnadene tilpasses usikkerheten.

Miljøvernmyndighetene har i flere sammenhenger gjennomført tiltak begrunnet med føre-var-prinsippet, som også lenge har spilt en viktig rolle i internasjonal

miljøpolitikk (Precautionary principle). Mange miljøproblemer kan ha konsekvenser som man ikke har full oversikt over, og problemene er ofte av regional og global karakter. Man kjenner for eksempel ikke de fulle konsekvensene av langtransport av forurensning, av å endre det biologiske mangfoldet i naturen, av at stammen av vill-laks forsvinner til fordel for rømt oppdrettslaks, etc. Helsemyndighetene har vært mer tilbakeholdne ved innføring av føre-var-tiltak. I helsesektoren har man bedre muligheter og sterkere tradisjon for å vurdere og tallfeste mulig helsefare for individer og befolkningsgrupper, og slik fare kan også til dels tallfestes økonomisk. Føre-var-prinsippet får nå etter hvert en større betydning også i helsesektoren. Det ble vedtatt av EU i Maastrichtavtalen i 1992 og kom til uttrykk i avgjørelsen til Europadomstolen da den opprettholdt Europakommisjonens bestemmelse om forbud mot import av oksekjøtt fra Storbritannia p.g.a. av tilfeller av kugalskap. Retningslinjer for bruken av dette prinsippet ble gitt videre i en EU kommentar i februar 2000 (EC (2000)).

WHO har gjort rede for en forsiktighetsstrategi i forhold til elektromagnetiske felt, «Electromagnetic Fields and Public Health: Cautionary Policies» (WHO (2000)). WHO har nylig diskutert «Precautionary principle, Prudent avoidance eller ALARA (As low as reasonable achievable)» i tilknytning til EMF på en konferanse i Luxembourg. Prinsippene kan være vanskelig å implementere p.g.a. at EMF varierer i nivå og frekvens, samt mangel på klare bevis for at eksponering under de anbefalte grenseverdier er skadelige. WHO anbefaler derfor at en forsiktighetsstrategi bare anvendes med den største varsomhet. Anbefalinger som ikke er knyttet til forsiktighetsprinsippet kan være et alternativ – f.eks. å vise befolkningen hva de selv kan gjøre for å redusere eksponeringen dersom de er bekymret. WHO arbeider nå videre med å utvikle en mer offensiv strategi på dette området.

### 9.3. Risikovurdering av mobiltelefonbruk

En formell risikovurdering av mobiltelefonbruk kan ikke slutføres, siden helsefare ikke kan identifiseres og noen dose-respons-sammenheng er dermed heller ikke

mulig å klargjøre. Resultater fra befolkningsstudier, fra forsøk med mennesker, med dyr og med celler og celledsystemer er ikke entydige. Som det er redegjort for i denne rapporten, foreligger det enkeltstudier som viser biologiske effekter, samtidig som andre studier ikke viser effekt.

Betyr dette at vi ikke kan si noen ting om risiko? Slett ikke! Til tross for det store antall studier som er gjennomført, har det ikke vært mulig å påvise klare helseeffekter. Dette må tolkes som fravær av effekt. Om ikke muligheten for helseskade er null, så er den etter hva vi vet i dag meget liten sammenlignet med andre farer som vi utsetter oss for.

Når ekspertgruppen likevel ikke helt vil utelukke helseeffekter av mobiltelefoner, skyldes det tre forhold: 1) enkelte laboratorieforsøk antyder at svake RF-felt kan gi biologiske effekter og 2) befolkningsundersøkelser er utført på grupper som har benyttet mobiltelefoner i forholdsvis kort tid og 3) fordi kunnskapen om mulige mekanismer fortsatt er mangelfull.

Den lille tvilen som dermed fortsatt er tilstede er etter ekspertgruppens vurdering tilstrekkelig til at fagfeltet fortsatt bør holdes under oppsikt.



### 10.1. EU

EU støtter flere forskningsprosjekter vedrørende mulige helseeffekter av RF-felt. Verdens helseorganisasjons International Agency for Research on Cancer (IARC) gjennomfører et stort prosjekt vedrørende mobiltelefon- og kreftforekomst (INTERPHONE) som er finansiert av EU og mobilbransjen. Flere nasjoner (Australia, Canada, Danmark, Finland, Frankrike, Tyskland, Israel, Italia, Japan, New Zealand, Norge, Sverige og Storbritannia) deltar i studien som vil omfatte 6000 hjernesvulstpasienter, ca. 1000 pasienter med svulster på hørenerven og ca. 500 med svulster i ørespyttkjertelen. Resultater fra undersøkelsen vil foreligge i 2004.

Et annet EU-finansiert prosjekt er «Risk evaluation of potential environmental hazards from low-energy electromagnetic field (EMF) exposure using sensitive in vitro methods» (Reflex-prosjektet). Prosjektets målsetting er å undersøke om eksponeringsnivåer lavere enn ICNIRPs retningslinjer kan gi skade på arvestoffet via indirekte metabolske endringer. Prosjektet skal undersøke effekter av RF-felt på hjernecellelinjer fra dyr, genuttrykk, proteiner og immunsystemet, samt på stadier i kreftutvikling og programmert celledød (apoptose).

Et tredje EU-finansiert prosjekt er «Combined effects of electromagnetic fields with environmental carcinogens» (Cmfec-prosjektet). Det tas her sikte på å undersøke om RF-felt kan forsterke effekten av kjente kreftfremkallende stoffer. I en rottestudie vil et kjent kreftfremkallende stoff bli gitt i drikkevann i kombina-

sjon med RF-eksponering. Det tas også sikte på å studere markører assosiert med kreftutvikling i en cellelinje fra mus.

### 10.2. Norge

Norge ved Statens strålevern, Kreftregisteret og de store sykehusene i Sør-Norge deltar i INTERPHONE (se over).

Ved Yrkes- og miljømedisinsk avdeling ved sykehuset i Telemark pågår et prosjekt i samarbeid med Telenors forskningssenter som ser på humane hvite blodceller *in vitro*-eksponert for høyfrekvente elektromagnetiske felt og mulig effekt på arvestoffet. Celler stimulert til deling undersøkes med hensyn til kromosomavvik og dannelsen av mikrokjerner. Resultater vil ventelig foreligge seinere i år 2003.

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og Høgskolen i Sør-Trøndelag samarbeider om flere prosjekter som blant annet finansieres av Forskningsrådet og Post- og teletilsynet. Et prosjekt kartlegger lavfrekvente felt rundt ulike GSM-modeller. Et annet prosjekt måler hudtemperatur ved mobilbruk og undersøker hvor mye av temperaturstigningen som skyldes ulike faktorer: Telefonens varmeisolasjon, oppvarming av telefonen som følge av elektrisk strøm fra batteriet, og absorbert energi fra RF-feltet. Dobbelt blindforsøk med personer som erfarer hodepine ved bruk av mobiltelefon er under planlegging.

## 11.1. Forvaltningstiltak i inn- og utland

EUs ministerråd utga i 1999 anbefalinger for begren- ning av befolkningens eksponering for elektromagnetis- ke felt (0 Hz til 300 Hz) (Swanson (1999)).

Anbefalingene er i hovedsak sammenfallende med ICNIRPs anbefalinger. Kommisjonen gikk ikke inn for en føre-var strategi, og slo fast at ICNIRPs anbefalinger utgjør en sikker terskel for beskyttelse med hensyn til eventuelle helseeffekter som kan oppstå som følge av eksponering for elektromagnetisk felt.

### 11.1.1. Forvaltningsmessig praksis i Europa og USA

Hellas, Luxembourg:

Har innført strengere grenser enn EUs/ICNIRPs anbefalinger.

Danmark, Finland, Frankrike, Irland, Spania, Sveits:

Følger EUs/ICNIRPs anbefalinger.

Belgia, Tyskland og Østerrike:

Følger i hovedsak EU/ICNIRPs anbefalinger.

Italia, Nederland, Portugal, Storbritannia, Sverige:

Har ennå ikke innført EUs/ICNIRPs anbefalinger.

Federal Communications Commission Office of Engineering & Technology (FCC) utga i 1996 retningslinjer for eksponering for radio frekvente felt. Disse er omtalt på intenetsiden:

[http://www.fcc.gov/Bureaus/Engineering-Technology/-Documents/-bulletins/-oet56/oet56e4.pdf](http://www.fcc.gov/Bureaus/Engineering-Technology/Documents/-bulletins/-oet56/oet56e4.pdf)

### 11.1.2. Forvaltningsmessig praksis Norge

Strålevernet har også løpende vurdert mulig helsefare ved mobiltelefoni. Hittil har oppfatningen vært at selv om det kan påvises biologiske effekter av felt av samme størrelsesorden som det nivået en telefon gir, har man ikke holdepunkt for at feltene kan medføre helsefare. Det er utarbeidet diverse informasjons- materiell

- <http://www.nrpa.no/dokumentarkiv/StraalevernHefte22.pdf>

- [http://www.nrpa.no/dokumentarkiv/StraalevernRapport5\\_2000.pdf](http://www.nrpa.no/dokumentarkiv/StraalevernRapport5_2000.pdf)

- [http://www.nrpa.no/dokumentarkiv/StraalevernRapport10\\_2000.pdf](http://www.nrpa.no/dokumentarkiv/StraalevernRapport10_2000.pdf)

- [http://www.nrpa.no/dokumentarkiv/StraalevernInfo3\\_2002.pdf](http://www.nrpa.no/dokumentarkiv/StraalevernInfo3_2002.pdf)

Statens strålevern har anbefalt at mobiltelefonen brukes med fornuft; kun korte og nødvendige samtaler og bruk av «handsfree».

## 11.2. Råd til myndigheter

Det foreligger nå et høringsutkast til ny forskrift for strålevern og bruk av stråling der det anbefales at ICNIRPs retningslinjer fastsettes som norske grensever- dier, og det oppfordres til en forsiktighetsholdning. Vi anbefaler at dette følges ved forvaltning.

Plassering av basestasjoner i boligområder og nær skoler og barnehager kan medføre bekymring hos publikum. Basert på dagens kunnskap representerer ikke basestasjoner noen helserisiko for befolkningen, siden eksponeringen – selv for de som bor i nærheten - vil være langt lavere enn ICNIRPs anbefalte grensever- dier. På bakgrunn av den bekymring som kan oppstå, anbefaler utvalget at mobilantennene ikke monteres på skoler og barnehager. Videre bør det utarbeides en samlet oversikt over alle basestasjoner med tilhørende sendeeffekt. Utvalget anbefaler at kommunene til en hver tid har oversikt over basestasjoner som er tilgjengelig for publikum.

Utvalget anbefaler at informasjon om mulige helse- effekter, eksponeringsforhold og eventuelle tiltak for å redusere eksponering ved bruk av mobiltelefon må være tilgjengelige for lokale myndigheter og publikum.

Utvalget mener at lokale myndigheter bør delta i planleggingsprosessen ved bygging av basestasjoner.

Utvalget påpeker at kompetanse på fagfeltet er en forutsetning og må opprettholdes og videreutvikles, både for å kunne vurdere kvalitet og innhold på nye studier og for å kunne kvalitetssikre nødvendig infor- masjon til myndigheter og publikum.

Vi anbefaler myndighetene å legge til rette infor- masjon slik at foreldre kan orientere seg om eventuelle helsefare knyttet til mobiltelefonbruk. Selv om en vitenskapelig begrunnelse for slik helsefare for barn mangler, vil foreldres alminnelige bekymring gi grunn til en forsiktighets-strategi.



### 11.3. Råd til bransjen

Bransjen har et ansvar for at oppdatert informasjon er tilgjengelig for publikum. I en situasjon der spørsmålet om eventuelle negative helseeffekter av mobiltelefonbruk er reist og enda ikke avklart, mener utvalget at industrien ikke bør markedsføre mobiltelefoner overfor barn. Vi anbefaler også at SAR-verdier for nye telefoner bør være tilgjengelig for brukeren.

Utvalget forutsetter at bygging av basestasjoner foregår ved god planlegging, slik at publikums eksponering holdes på et så lavt nivå som mulig.

Ved bygging av basestasjoner i boligmiljø bør bransjen informere beboere og naboer når det gjelder plassering av antennene. Ved montering på bolighus må plassering vurderes ut fra type lokaler innenfor eller under antennen.

Samferdselsdepartementet ga i 1999 ut rapporten «Utbygging av mobiltelenett og forholdet til miljø». Her er det angitt en rekke anbefalinger for planlegging og bygging av mobiltelenettet. Utvalget anbefaler at bransjen følger disse.

### 11.4. Forskning

Vurdering av mulige helseeffekter fra elektromagnetiske felt er en kompleks prosess som berører en rekke forskjellige fagfelt. Høy nasjonal kompetanse er påkrevd for å kunne vurdere annen forskning og for å kunne gi faglige råd til myndigheter og til publikum. Ekspertutvalget anbefaler kontinuitet i kompetansen og at den utvikles videre gjennom deltakelse i forskning.

Det er i rapporten påpekt en del områder der kunnskapsgrunnlaget er for mangelfullt til å foreta en risikovurdering. Det anbefales at det igangsettes forskning på disse områdene i Norge. Uløste spørsmål knyttet til mobiltelefoner og helseeffekter bør avklares gjennom

forskning, med finansiell støtte fra industrien.

Forskningsaktiviteten bør om mulig koordineres med andre land, herunder EU.

Forskning bør omfatte all bruk av RF-stråling, herunder radioutstyr, radar, trådløs kommunikasjon, mobiltelefoner og plastsveising.

Forskningen bør omfatte befolkningsundersøkelser, spesielt mht kreft. Norge har meget godt organiserte helseregistre (Kreftregisteret, Fødselsregisteret, Mor&barn undersøkelsen), en oversiktlig befolkning, og utstrakt bruk av mobiltelefon.

Aktuelle prosjekter bør omfatte barn og personer som er følsomme for RF-felt. Arbeidstakere som er eksponert for felt fra mobilinstallasjoner bør følges over tid, med registrering av sykkelighet, andre negative helseeffekter og dødelighet.

Det bør legges til rette for registrering av bruk av mobiltelefoni, som grunnlag for beregning av RF-eksponering. Bransjen bør samarbeide med forskningsmiljøene for å utvikle gode modeller for estimering av eksponering på grunnlag av bruksmønster. Bruksmønsteret for mobiltelefon bør følges ved bl.a. spørreundersøkelser, herunder studier av hvordan barn bruker mobiltelefon og hvordan bruken eventuelt endrer seg i løpet av barnealderen.

Det bør vurderes å gjennomføre en kohortundersøkelse av kreft og dødelighet blant mobilabonnentene, i samarbeid med bransjen. Eventuell oppfølging med tanke på kroniske nevrologiske sykdommer kan også være aktuelt. En kreftstudie blant barn (hjernesvulst og leukemi) kan være aktuell, eventuelt i samarbeid med andre nordiske land.

Biologiske effekter av RF-felt bør undersøkes i nye studier. Spesielt er det viktig å studere effekter på ekspresjon og på signalsystemer. Effekter av RF-felt på biokjemiske prosesser bør studeres på molekylært nivå.

- Adair, R.K. 2003. Biophysical limits on athermal effects of RF and microwave radiation. *Bioelectromagnetics* 24:39-48.
- Ahlbom, A., N. Day, M. Feychting, E. Roman, J. Skinner, J. Dockerty, M. Linet, M. McBride, J. Michaelis, J.H. Olsen, T. Tynes, and P.K. Verkasalo. 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Cancer* 83:692-698.
- Anderson, L.E., L.E. Anderson, J.E. Morris, J.E. Morris, L.B. Sasser, L.B. Sasser, W. Loscher, and W. Loscher. 2000. Effects of 50- or 60-hertz, 100 microT magnetic field exposure in the DMBA mammary cancer model in Sprague-Dawley rats: possible explanations for different results from two laboratories. *Environ. Health Perspect. J.* 108:797-802.
- Ansari, R.M. and T.K. Hei. 2000. Effects of 60 Hz extremely low frequency magnetic fields (EMF) on radiation- and chemical-induced mutagenesis in mammalian cells. *Carcinogenesis* 21:1221-1226.
- Auvinen, A., M. Hietanen, R. Luukkonen, and R.S. Koskela. 2002. Brain tumors and salivary gland cancers among cellular telephone users. *Epidemiology* 13:356-359.
- Bartsch, H., C. Bartsch, E. Seebald, F. Deerberg, K. Dietz, L. Vollrath, and D. Mecke. 2002. Chronic exposure to a GSM-like signal (mobile phone) does not stimulate the development of DMBA-induced mammary tumors in rats: results of three consecutive studies. *Radiat. Res.* 157:183-190.
- Bernardi, P., M. Cavagnaro, S. Pisa, and E. Piuzzi. 2001. Power absorption and temperature elevation induced in the human head by a dual-band monopole-helix antenna phone. *IEEE Transactions on Microwave theory and Techniques.* 49:2539-2546.
- Blank, M. and R. Goodman. 1999. Electromagnetic fields may act directly on DNA. *Journal of Cellular Biochemistry* 75:369-374.
- Blank, M. and R. Goodman. 2000. Stimulation of the stress response by low-frequency electromagnetic fields: Possibility of direct interaction with DNA. *Ieee Transactions on Plasma Science* 28:168-172.
- Blank, M. and R. Goodman. 2001. Electromagnetic initiation of transcription at specific DNA sites. *J. Cell Biochem.* 81:689-692.
- Boorman, G.A., R.D. Owen, W.G. Lotz, and M.J. Galvin, Jr. 2000. Evaluation of in vitro effects of 50 and 60 Hz magnetic fields in regional EMF exposure facilities. *Radiat. Res.* 153:648-657.
- Bortkiewicz, A., B. Pilacik, E. Gadzicka, and W. Szymczak. 2002. The excretion of 6-hydroxymelatonin sulfate in healthy young men exposed to electromagnetic fields emitted by cellular phone - an experimental study. *Neuroendocrinology Letters* 23:88-91.
- Braune, S., A. Riedel, J. Schulte-Monting, and J. Raczek. 2002. Influence of a radiofrequency electromagnetic field on cardiovascular and hormonal parameters of the autonomic nervous system in healthy individuals. *Radiat. Res.* 158:352-356.
- Braune, S., C. Wrocklage, J. Raczek, T. Gailus, and C.H. Lucking. 1998. Resting blood pressure increase during exposure to a radio-frequency electromagnetic field. *Lancet* 351:1857-1858.
- Burch, J.B., J.S. Reif, C.W. Noonan, T. Ichinose, A.M. Bachand, T.L. Koleber, and M.G. Yost. 2002. Melatonin metabolite excretion among cellular telephone users. *International Journal of Radiation Biology* 78:1029-1036.
- Burdeshaw, J.A. and S. Schaffer. 1977. Factors associated with the incidence of congenital anomalies: a localized investigation. *EPA Report* 600/1-77/016.
- Byus, C.V. 2001. Effect of Immobilization and Concurrent Exposure to a Pulse-Modulated Microwave Field on Core Body Temperature, Plasma ACTH and Corticosteroid, and Brain Ornithine Decarboxylase, Fos and Jun mRNA. *Radiat. Res.* 155:584-592.
- Byus, C.V., K. Kartun, S. Pieper, and W.R. Adey. 1988. Increased ornithine decarboxylase activity in cultured cells exposed to low energy modulated microwave fields and phorbol ester tumor promoters. *Cancer Res.* 48:4222-4226.
- Byus, C.V., S.E. Pieper, and W.R. Adey. 1987. The effects of low-energy 60-Hz environmental electromagnetic fields upon the growth-related enzyme ornithine decarboxylase. *Carcinogenesis* 8:1385-1389.
- Cantoni, O., P. Sestili, M. Fiorani, and M. Dacha. 1996. Effect of 50 Hz sinusoidal electric and/or magnetic fields on the rate of repair of DNA single strand breaks in cultured mammalian cells exposed to three different carcinogens: methylmethane sulphonate, chromate and 254 nm U.V. radiation. *Biochem. Mol. Biol. Int.* 38:527-533.
- Chen, G., B.L. Upham, W. Sun, C.C. Chang, E.J. Rothwell, K.M. Chen, H. Yamasaki, and J.E. Trosko. 2000. Effect of electromagnetic field exposure on chemically induced differentiation of Friend erythroleukemia cells. *Environmental Health Perspectives* 108:967-972.
- Chia, S.E., H.P. Chia, and J.S. Tan. 2000. Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: a community study. [see comments.] [erratum appears in *Environ Health Perspect* 2001 Feb;109(2):A65.]. *Environmental Health Perspectives* 108:1059-1062.
- Chou, C.K., A. Gessner, S. Pisa, and Q. Balzano. 2001. Do hands-free accessories increase the peak SAR in the human head when used with a mobile phone? In Abstract Book of The Bioelectromagnetics Society's Twenty-Third Annual Meeting 2001 June 10-14. The Bioelectromagnetics Society, St. Paul (Minnesota).
- Cohen, B.H., A.M. Lilienfeld, A.M. Kramer, and L.C.C. Hyman. 1977. Parental factors in Down's syndrome: results of the second Baltimore case control study. I. In *Population cytogenetics - Studies in humans*. E.B. Hook and I.H. Porter, editors. Academic Press, 301-52.
- Croft, R.J., J.S. Chandler, A.P. Burges, R.J. Barry, J.D. Williams, and A.R. Clarke. 2002. Acute mobile phone operation affects neural function in humans. *Clinical Neurophysiology* 113:1623-1632.
- Daniells, C., I. Duce, D. Thomas, P. Sewell, J. Tattersall, and D. de Pomerai. 1998. Transgenic nematodes as biomonitors of microwave-induced stress. *Mutat. Res.* 399:55-64.

- Dasdag,S., M.Z.Akdag, O.Ayyildiz, O.C.Demirtas, M.Yayla, and C.Sert. 2000. Do cellular phones alter blood parameters and birth weight of rats? *Electro- and Magnetobiology* 19:107-113.
- Dasdag,S., M.A.Ketani, Z.Akdag, A.R.Ersay, I.Sari, O.C.Demirtas, and M.S.Celik. 1999. Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. *Urol. Res* 27:219-223.
- de Pomerai,D., C.Daniells, H.David, J.Allan, I.Duce, M.Mutwakil, D.Thomas, P.Sewell, J.Tattersall, D.Jones, and P.Candido. 2000. Non-thermal heat-shock response to microwaves. *Nature* 405:417-418.
- de Seze,R., J.Ayoub, P.Peray, L.Miro, and Y.Touitou. 1999. Evaluation in humans of the effects of radiocellular telephones on the circadian patterns of melatonin secretion, a chronobiological rhythm marker. *J. Pineal Res.* 27:237-242.
- de Seze,R., P.Fabbro-Peray, and L.Miro. 1998. GSM radiocellular telephones do not disturb the secretion of antepituitary hormones in humans. *Bioelectromagnetics* 19:271-278.
- Dubreuil,D., T.Jay, and J.M.Edeline. 2002. Does head-only exposure to GSM-900 electromagnetic fields affect the performance of rats in spatial learning tasks? *Behav. Brain Res.* 129:203-210.
- EC. Communication from the Commission on the Precautionary Principle. 2000. Brussels, EC (European Commission).
- Finnie,J.W., P.C.Blumbergs, J.Manavis, T.D.Utteridge, V.Gebbski, R.A.Davies, B.Vernon-Roberts, and T.R.Kuchel. 2002. Effect of long-term mobile communication microwave exposure on vascular permeability in mouse brain. *Pathology* 34:344-347.
- Finnie,J.W., P.C.Blumbergs, J.Manavis, T.D.Utteridge, V.Gebbski, J.G.Swift, B.Vernon-Roberts, and T.R.Kuchel. 2001. Effect of global system for mobile communication (gsm)-like radiofrequency fields on vascular permeability in mouse brain. *Pathology* 33:338-340.
- Freude,G., P.Ullsperger, S.Eggert, and I.Ruppe. 1998. Effects of microwaves emitted by cellular phones on human slow brain potentials. *Bioelectromagnetics* 19:384-387.
- Goldman,H., J.C.Lin, S.Murphy, and M.F.Lin. 1984. Cerebrovascular permeability to 86Rb in the rat after exposure to pulsed microwaves. *Bioelectromagnetics* 5:323-330.
- Goldstein,L.S., L.Kheifets, E.van Deventer, and M.Repacholi. 2003. Comments on "Long-term exposure of Emicro-Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence" by Utteridge et al., *Radiat. Res.* 158, 357-364 (2002). *Radiat. Res.* 159:275-276.
- Groves,F.D., W.F.Page, G.Gridley, L.Lisimaque, P.A.Stewart, R.E.Tarone, M.H.Gail, J.D.Boice, Jr., and G.W.Beebe. 2002. Cancer in Korean war navy technicians: mortality survey after 40 years. *Am. J. Epidemiol.* 155:810-818.
- Gutzeit,H.O. 2001. Biological effects of ELF-EMF enhanced stress response: New insights and new questions. *Electro- and Magnetobiology* 20:15-26.
- Hannevik, M. Elektromagnetiske felt fra basestasjoner for mobiltelefoni. Målinger ved basestasjoner i Oslo-området. 2000. StrålevernRapport 2000:5.
- Hardell,L., A.Hallquist, K.H.Mild, M.Carlberg, A.Pahlson, and A.Lilja. 2002a. Cellular and cordless telephones and the risk for brain tumours. *Eur. J. Cancer Prev.* 11:377-386.
- Hardell,L., K.H.Mild, and M.Carlberg. 2002b. Case-control study on the use of cellular and cordless phones and the risk for malignant brain tumours. *Int. J. Radiat. Biol.* 78:931-936.
- Hardell,L., K.H.Mild, A.Pahlson, and A.Hallquist. 2001. Ionizing radiation, cellular telephones and the risk for brain tumours. *Eur. J. Cancer Prev.* 10:523-529.
- Hardell,L., A.Nasman, A.Pahlson, and A.Hallquist. 2000. Case-control study on radiology work, medical x-ray investigations, and use of cellular telephones as risk factors for brain tumors. *MedGenMed.E2.*
- Hardell,L., A.Nasman, A.Pahlson, A.Hallquist, and M.K.Hansson. 1999. Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: A case-control study. *Int. J. Oncol.* 15:113-116.
- Harvey,C. and P.W.French. 2000. Effects on protein kinase C and gene expression in a human mast cell line, HMC-1, following microwave exposure. *Cell Biol. Int.* 23:739-748.
- Heikkinen,P., V.M.Kosma, T.Hongisto, H.Huuskonen, P.Hyysalo, H.Komulainen, T.Kumlin, T.Lahtinen, S.Lang, L.Puranen, and J.Juutilainen. 2001. Effects of mobile phone radiation on X-ray-induced tumorigenesis in mice. *Radiat. Res.* 156:775-785.
- Hietanen,M., A.M.Hamalainen, and T.Husman. 2002. Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link. *Bioelectromagnetics* 23:264-270.
- Hietanen,M., T.Kovala, and A.M.Hamalainen. 2000. Human brain activity during exposure to radiofrequency fields emitted by cellular phones. *Scand. J. Work Environ. Health* 26:87-92.
- Higashikubo,R., M.Ragouzis, E.G.Moros, W.L.Straube, and J.L.Roti Roti. 2001. Radiofrequency electromagnetic fields do not alter the cell cycle progression of C3H 10T and U87MG cells. *Radiat. Res.* 156:786-795.
- Hocking,B. 1998. Preliminary report: symptoms associated with mobile phone use. *Occup. Med. (Lond)* 48:357-360.
- Hocking,B. and R.Westerman. 2002. Neurological changes induced by a mobile phone. *Occup. Med. (Lond)* 52:413-415.
- Huber,R., V.Treyer, A.A.Borbely, J.Schuderer, J.M.Gottselig, H.P.Landolt, E.Werth, T.Berthold, N.Kuster, A.Buck, and P.Achermann. 2002. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. *J. Sleep Res.* 11:289-295.
- ICNIRP. 1998. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Health Phys.* 74:494-522.
- Imaida,K., K.Kuzutani, J.Wang, O.Fujiwara, T.Ogiso, K.Kato, and T.Shirai. 2001. Lack of promotion of 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-initiated mouse skin carcinogenesis by 1.5 GHz electromagnetic near fields. *Carcinogenesis* 22:1837-1841.
- Inskip,P.D., R.E.Tarone, E.E.Hatch, T.C.Wilcosky, W.R.Shapiro, R.G.Selker, H.A.Fine, P.M.Black, J.S.Loeffler, and M.S.Linet. 2001. Cellular-telephone use and brain tumors. *N. Engl. J. Med.* 344:79-86.
- Jauchem,J.R., K.L.Ryan, M.R.Frei, S.J.Dusch, H.M.Lehnert, and R.M.Kovatch. 2001. Repeated exposure of C3H/HeJ mice to ultra-wideband electromagnetic pulses: lack of effects on mammary tumors. *Radiation Research* 155:369-377.

- Jech,R., K.Sonka, E.Ruzicka, R.J.Barry, A.Nebuzelsk\_, J.Böhm, M.Juklícková, and S.Nevsimalová. 2001a. Electromagnetic field of mobile phones affects visual event related potential in patients with narcolepsy. *Bioelectromagnetics* 22:519-528.
- Jech,R., K.Sonka, E.Ruzicka, A.Nebuzelsky, J.Bohm, M.Juklickova, and S.Nevsimalova. 2001b. Electromagnetic field of mobile phones affects visual event related potential in patients with narcolepsy. *Bioelectromagnetics* 22:519-528.
- Jin,M., M.Blank, and R.Goodman. 2000. ERK1/2 phosphorylation, induced by electromagnetic fields, diminishes during neoplastic transformation. *Journal of Cellular Biochemistry* 78:371-379.
- Johansen,C., J.Boice, Jr., J.McLaughlin, and J.Olsen. 2001. Cellular telephones and cancer--a nationwide cohort study in Denmark. *J. Natl. Cancer Inst.* 93:203-207.
- Johansen,C., J.D.Boice, Jr., J.K.McLaughlin, H.C.Christensen, and J.H.Olsen. 2002. Mobile phones and malignant melanoma of the eye. *Br. J. Cancer* 86:348-349.
- Johnson,L., R.M.Lebovitz, and W.K.Samson. 1984. Germ cell degeneration in normal and microwave-irradiated rats: potential sperm production rates at different developmental steps in spermatogenesis. *Anat. Rec.* 209:501-507.
- Junkersdorf,B., H.Bauer, and H.O.Gutzeit. 2000. Electromagnetic fields enhance the stress response at elevated temperatures in the nematode *Caenorhabditis elegans*. *Bioelectromagnetics* 21:100-106.
- Kang,G. and O.P.Gandhi. 2002. SARs for pocket-mounted mobile telephones at 835 and 1900 MHz. *Phys. Med. Biol.* 47:4301-4313.
- Koivisto,M., C.Haarala, C.M.Krause, A.Revonsuo, M.Laine, and H.Hamalainen. 2001. GSM phone signal does not produce subjective symptoms. *Bioelectromagnetics* 22:212-215.
- Koivisto,M., C.M.Krause, A.Revonsuo, M.Laine, and H.Hamalainen. 2000. The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. *Neuroreport* 11:1641-1643.
- Kundi,M. 2003. Comments on "Long-term exposure of Emicro-Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence" by Utteridge et al., *Radiat. Res.* 158, 357-364 (2002). *Radiat. Res.* 159:274-278.
- Lai,H. and N.P.Singh. 1996. Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *Int. J. Radiat. Biol.* 69:513-521.
- Lai,H. and N.P.Singh. 1997a. Acute exposure to a 60 Hz magnetic field increases DNA strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 18:156-165.
- Lai,H. and N.P.Singh. 1997b. Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 18:446-454.
- Lebedeva,N.N., A.V.Sulimov, O.P.Sulimov, T.I.Korotkovskaya, and T.Gaius. 2001. Investigation of brain potentials in sleeping humans exposed to the electromagnetic field of mobile phones. *Critical. review in Biomedical. Engineering.* 29:125-133.
- Lebovitz,R.M. and L.Johnson. 1983. Testicular function of rats following exposure to microwave radiation. *Bioelectromagnetics* 4:107-114.
- Lerchl,A. 2003. Comments on the recent publication on microwave effects on Emicro-Pim1 transgenic mice (Utteridge et al., *Radiat. Res.* 158, 357-364, 2002). *Radiat. Res.* 159:276-278.
- Leszczynski,D., S.Joenvaara, J.Reivinen, and R.Kuokka. 2002. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: molecular mechanism for cancer- and blood-brain barrier-related effects. *Differentiation* 70:120-129.
- Lin,H., M.Blank, and R.Goodman. 1999. A magnetic field-responsive domain in the human HSP70 promoter. *Journal of Cellular Biochemistry* 75:170-176.
- Lin,H., M.Blank, K.Rossol-Haseroth, and R.Goodman. 2001. Regulating genes with electromagnetic response elements. *Journal of Cellular Biochemistry* 81:143-148.
- Lin,H., L.Han, M.Blank, M.Head, and R.Goodman. 1998a. Magnetic field activation of protein-DNA binding. *Journal of Cellular Biochemistry* 70:297-303.
- Lin,H., M.Head, M.Blank, L.Han, M.Jin, and R.Goodman. 1998b. Myc-mediated transactivation of HSP70 expression following exposure to magnetic fields. *J. Cell Biochem.* 69:181-188.
- Ling,R. and O.F.Vaage. 2000. Internett og mobiltelefon - ikke lenger bare for de få. *Samfunnsspeilet, SSBs tidsskrift* 6.
- Maes,A., M.Collier, D.Slaets, and L.Verschaeve. 1996. 954 MHz microwaves enhance the mutagenic properties of mitomycin C. *Environmental and Molecular Mutagenesis* 28:26-30.
- Maes,A., M.Collier, S.Vandoninck, P.Scarpa, and L.Verschaeve. 2000a. Cytogenetic effects of 50 Hz magnetic fields of different magnetic flux densities. *Bioelectromagnetics* 21:589-596.
- Maes,A., M.Collier, and L.Verschaeve. 2000b. Cytogenetic investigations on microwaves emitted by a 455.7 MHz car phone. *Folia Biol. (Praha)* 46:175-180.
- Maes,A., M.Collier, and L.Verschaeve. 2001. Cytogenetic effects of 900 MHz (GSM) microwaves on human lymphocytes. *Bioelectromagnetics* 22:91-96.
- Mailhes,J.B., D.Young, A.A.Marino, and S.N.London. 1997. Electromagnetic fields enhance chemically-induced hyperploidy in mammalian oocytes. *Mutagenesis* 12:347-351.
- Masley,M.L., B.F.Habbick, W.O.Spitzer, and M.A.Stuchly. 1999. Are wireless phones safe? A review of the issue. *Can. J. Public Health* 90:325-329.
- Mason,P.A., T.J.Walters, J.DiGiovanni, C.W.Beason, J.R.Jauchem, E.J.Dick, Jr., K.Mahajan, S.J.Dusch, B.A.Shields, J.H.Merritt, M.R.Murphy, and K.L.Ryan. 2001. Lack of effect of 94 GHz radio frequency radiation exposure in an animal model of skin carcinogenesis. *Carcinogenesis* 22:1701-1708.
- Mausset,A.L., R.de Seze, F.Montpeyroux, and A.Privat. 2001. Effects of radiofrequency exposure on the GABAergic system in the rat cerebellum: clues from semi-quantitative immunohistochemistry. *Brain Res.* 912:33-46.
- McNamee,J.P., P.V.Bellier, G.B.Gajda, B.F.Lavallee, E.P.Lemay, L.Marro, and A.Thansandote. 2002a. DNA damage in human leukocytes after acute in vitro exposure to a 1.9 GHz pulse-modulated radiofrequency field. *Radiat. Res.* 158:534-537.
- McNamee,J.P., P.V.Bellier, G.B.Gajda, S.M.Miller, E.P.Lemay, B.F.Lavallee, L.Marro, and A.Thansandote. 2002b. DNA damage and micronucleus induction in human leukocytes after acute in



- vitro exposure to a 1.9 GHz continuous-wave radiofrequency field. *Radiat. Res.* 158:523-533.
- Michel, A. and H.O.Gutzeit. 1999. Electromagnetic fields in combination with elevated temperatures affect embryogenesis of *Drosophila*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 265:73-78.
- Morgan, R.W., M.A.Kelsh, K.Zhao, K.A.Exuzides, S.Heringer, and W.Negrete. 2000. Radiofrequency exposure and mortality from cancer of the brain and lymphatic/hematopoietic systems. [see comments.]. *Epidemiology* 11:118-127.
- Moriyama, E., M.Salcman, and R.D.Broadwell. 1991. Blood-brain barrier alteration after microwave-induced hyperthermia is purely a thermal effect: I. Temperature and power measurements. *Surg. Neurol.* 35:177-182.
- Mullins, J.M., L.M.Penafiel, J.Juutilainen, and T.A.Litovitz. 1999. Dose-response of electromagnetic field-enhanced ornithine decarboxylase activity. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics* 48:193-199.
- Muscat, J.E., M.G.Malkin, R.E.Shore, S.Thompson, A.I.Neutgut, S.D.Stellman, and J.Bruce. 2002. Handheld cellular telephones and risk of acoustic neuroma. *Neurology* 58:1304-1306.
- Muscat, J.E., M.G.Malkin, S.Thompson, R.E.Shore, S.D.Stellman, D.McRee, A.I.Neutgut, and E.L.Wynder. 2000. Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer. [see comments.] [erratum appears in JAMA 2001 Mar 14;286(10):1293.]. *JAMA* 284:3001-3007.
- Oftedal, G., J.Wilen, M.Sandstrom, and K.H.Mild. 2000. Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occupational Medicine (Oxford)* 50:237-245.
- Panagopoulos, D.J., A.Karabarounis, and L.H.Margaritis. 2002. Mechanism for action of electromagnetic fields on cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 298:95-102.
- Panagopoulos, D.J., N.Messini, A.Karabarounis, A.L.Philippitis, and L.H.Margaritis. 2000. A mechanism for action of oscillating electric fields on cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 272:634-640.
- Paredi, P., S.A.Kharitonov, T.Hanazawa, and P.J.Barnes. 2001. Local vasodilator response to mobile phones. *Laryngoscope* 111:159-162.
- Peacock, P.B., J.W.Simpson, C.A.Alford, Jr., and F.Saunders. 1971. Congenital anomalies in Alabama 3. *J Med Assoc State Ala* 41:42.
- Persson, B.R., L.G.Salford, A.Brun, J.L.Eberhardt, and L.Malmgren. 1992. Increased permeability of the blood-brain barrier induced by magnetic and electromagnetic fields. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 649:356-358.
- Radon, K., D.Parera, D.M.Rose, D.Jung, and L.Vollrath. 2001. No effects of pulsed radio frequency electromagnetic fields on melatonin, cortisol, and selected markers of the immune system in man. *Bioelectromagnetics* 22:280-287.
- Repacholi, M.H., A.Basten, V.Gebiski, D.Noonan, J.Finnie, and A.W.Harris. 1997. Lymphomas in E mu-Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat. Res.* 147:631-640.
- Roeleveld, N., G.A.Zielhuis, and F.Gabreels. 1993. Mental retardation and parental occupation: a study on the applicability of job exposure matrices. *Br J Ind. Med* 50:945-954.
- Salford, L.G., A.Brun, K.Sturesson, J.L.Eberhardt, and B.R.Persson. 1994. Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50, and 200 Hz. *Microsc. Res. Tech.* 27:535-542.
- Salford, L.G.; A.E.Brun, J.L.Eberhardt, L.Malmgren, and B.R.Persson. 2003. Nerve cell damage in Mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Environ.Health Perspec.* doi:10.1289/ehp.6039.
- Sandstrom, M., J.Wilen, G.Oftedal, and M.K.Hansson. 2001. Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occup. Med. (Lond)* 51:25-35.
- Santini, R., P.Santini, J.M.Danze, P.Le Ruz, and M.Seigne. 2002. [Investigation on the health of people living near mobile telephone relay stations: I/Incidence according to distance and sex]. *Pathol. Biol. (Paris)* 50:369-373.
- Santini, R., P.Santini, M.Seigne, and J.M.Danze. 2001. [Symptoms notified by people living near cell phone relay stations]. *Presse Med.* 30:1594.
- Saunders, R.D., C.I.Kowalczyk, C.V.Beechey, and R.Dunford. 1988. Studies of the induction of dominant lethals and translocations in male mice after chronic exposure to microwave radiation. *Int J Radiat Biol Relat Stud. Phys Chem Med* 53:983-992.
- Schirmacher, A., S.Winters, S.Fischer, J.Goeke, H.J.Galla, U.Kullnick, E.B.Ringelstein, and F.Stogbauer. 2000. Electromagnetic fields (1.8 GHz) increase the permeability to sucrose of the blood-brain barrier in vitro. *Bioelectromagnetics* 21:338-345.
- Schnitzer, P.G., A.F.Olshan, and J.D.Erickson. 1995. Paternal occupation and risk of birth defects in offspring 1. *Epidemiology* 6:577-583.
- Shallom, J.M., A.L.Di Carlo, D.Ko, L.M.Penafiel, A.Nakai, and T.A.Litovitz. 2002. Microwave exposure induces Hsp70 and confers protection against hypoxia in chick embryos. *J. Cell Biochem.* 86:490-496.
- Sigler, A.T., A.M.Lilienfeld, B.H.Cohen, and J.E.Westlake. 1965. Radiation exposure in parents of children with mongolism (Down's Syndrome). *Bull. J. Hopkins. Hosp.* 117:374-399.
- Stang, A., G.Anastassiou, W.Ahrens, K.Bromen, N.Bornfeld, and K.H.Jockel. 2001. The possible role of radiofrequency radiation in the development of uveal melanoma. [see comments.]. *Epidemiology* 12:7-12.
- Stevens, R.G. 1997. Leukemia and exposure to magnetic fields. *N. Engl. J. Med.* 337:1471-1472.
- Swanson, J. 1999. European Union Council recommendation on EMF. *Journal of Radiological Protection* 19:381-382.
- Sykes, P.J., B.D.McCallum, M.J.Bangay, A.M.Hooker, and A.A.Morley. 2001. Effect of exposure to 900 MHz radiofrequency radiation on intrachromosomal recombination in pKZ1 mice. *Radiat. Res.* 156:495-502.
- Takahashi, S., S.Inaguma, Y.M.Cho, K.Imaida, J.Wang, O.Fujiwara, and T.Shirai. 2002. Lack of mutation induction with exposure to 1.5 GHz electromagnetic near fields used for cellular phones in brains of Big Blue mice. *Cancer Res.* 62:1956-1960.
- Tas, S., R.Lauwerys, and D.Lison. 1996. Occupational hazards for the male reproductive system 1. *Crit Rev Toxicol.* 26:261-307.



- Tian,F., T.Nakahara, M.Yoshida, N.Honda, H.Hirose, and J.Miyakoshi. 2002. Exposure to power frequency magnetic fields suppresses X-ray-induced apoptosis transiently in Ku80-deficient xrs5 cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 292:355-361.
- Tice,R.R., G.G.Hook, M.Donner, D.I.McRee, and A.W.Guy. 2002. Genotoxicity of radiofrequency signals. I. Investigation of DNA damage and micronuclei induction in cultured human blood cells. *Bioelectromagnetics* 23:113-126.
- Toropainen,A. 2003. Human exposure by mobile phones in enclosed areas. *Bioelectromagnetics* 24:63-65.
- Trosic,I., I.Busljeta, V.Kasuba, and R.Rozgaj. 2002. Micronucleus induction after whole-body microwave irradiation of rats. *Mutat. Res.* 521:73-79.
- Tsurita,G., H.Nagawa, S.Ueno, S.Watanabe, and M.Taki. 2000. Biological and morphological effects on the brain after exposure of rats to a 1439 MHz TDMA field. *Bioelectromagnetics* 21:364-371.
- Urban,P., E.Lukas, and Z.Roth. 1998. Does acute exposure to the electromagnetic field emitted by a mobile phone influence visual evoked potentials? A pilot study. *Cent. Eur. J. Public Health* 6:288-290.
- Utteridge,T.D., V.Gebski, J.W.Finnie, B.Vernon-Roberts, and T.R.Kuchel. 2002. Long-term exposure of E-mu-Pim1 transgenic mice to 898.4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence. *Radiation Research* 158:357-364.
- Vijayalaxmi, B.Z.Leal, M.Szilagyi, T.J.Prihoda, and M.L.Meltz. 2000. Primary DNA damage in human blood lymphocytes exposed in vitro to 2450 MHz radiofrequency radiation. *Radiat. Res.* 153:479-486.
- Wagner,P., J.Roschke, K.Mann, J.Fell, W.Hiller, C.Frank, and M.Grozing. 2000. Human sleep EEG under the influence of pulsed radio frequency electromagnetic fields. Results from polysomnographies using submaximal high power flux densities. *Neuropsychobiology* 42:207-212.
- WHO. 1993. Electromagnetic fields (300 Hz to 300 GHz). World Health Organization, Geneva.
- WHO. Electromagnetic fields and public health: cautionary policies. 2000. Geneva, WHO (World Health Organization).
- Williams,W.M., S.T.Lu, M.Del Cerro, and S.M.Michaelson. 1984. Effect of 2450 MHz microwave energy on the blood-brain barrier to hydrophilic molecules. D. Brain temperature and blood-brain barrier permeability to hydrophilic tracers. *Brain Res.* 319:191-212.
- Wu,R.Y., H.Chiang, G.L.Hu, Q.L.Zeng, and J.L.Bao. 2000. The effect of 50 Hz magnetic field on GCSmRNA expression in lymphoma B cell by mRNA differential display. *Journal of Cellular Biochemistry* 79:460-470.
- Ye,J., K.Yao, D.Lu, R.Wu, and H.Jiang. 2001. Low power density microwave radiation induced early changes in rabbit lens epithelial cell. *Chinese Medical Journal* 114:1290-1294.
- Ye,J., K.Yao, Q.Zeng, and D.Lu. 2002. Changes in gap junctional intercellular communication in rabbits lens epithelial cells induced by low power density microwave radiation. *Chin Med. J. (Engl.)* 115:1873-1876.
- Yomori,H., K.Yasunaga, C.Takahashi, A.Tanaka, S.Takashima, and M.Sekijima. 2002. Elliptically polarized magnetic fields do not alter immediate early response genes expression levels in human glioblastoma cells. *Bioelectromagnetics* 23:89-96.

6-OHMS	6-hydroksymelatonin sulfat
Adaptiv	Tilpasset
Alfaaktivitet	Hjernebølgeaktivitet som kan måles med EEG
Alkali-labile lesjoner	DNA-skader som fører til DNA trådbrudd ved høy pH
Amplitudemodulering	Elektromagnetisk felt med amplitude som varierer, for overføring av informasjon
Analog	Proporsjonalt signal
Aneuploidi	Celler med avvikende DNA-mengde
Apoptose	Programmert celledød
Astrocytter	Celletepe som inngår i nervesystemets "støttevev"
BHB	Blod-hjernebarrieren
C-myc	Onkogen
Corpus pineale	Konglelegemet
Cytoksisitet	Celleskade
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunication
Deltaaktivitet	Hjernebølgeaktivitet som kan måles med EEG
Diatermi	Kirurgisk oppvarming av vev med høyfrekvent strøm
Dipol	Ladningspar
DMBA	Dimethylbenz[a]anthracen
DNA	Deoksyribonukleinsyre, arvestoff
DTX	Discontinuous transmission
E mu-Pim-mus	Spesiell muselinje som benyttes i kreftstudier
EEG	Elektroencefalografi, registrering av elektrisk aktivitet i hjernen
Ekstremiteter	Armer og ben
ELF	Ekstremt lavfrekvent elektromagnetisk felt
Endotelceller	Celler som bekler innsiden av blod- og lymfeårer
Enzym	Protein som påskynder hastigheten i en kjemisk reaksjon uten selv å forbrukes
Fertilitet	Fruktbarhet
Fibroblast	Bindevevscelle
Frekvensmodulerte felt	Elektromagnetisk felt med frekvens varierer, for overføring av informasjon
Frie radikaler	Reaktive molekyler
GABA	$\gamma$ -aminosmørsyre
GABA	Gamma( $\gamma$ )-aminosmørsyre
Genom	Arvestoff i en celle
Gliom	Hjernesvulst
GSM	Global System for Mobile Communications
Ha-ras	Onkogen
Hsp70	Heat Shock Protein - protein som er involvert i cellers stressrespons
Hyperploidi	Unormalt og ekstra antall kromosomer
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IgA	Immunoglobulin A
In vitro	I en eksperimentell situasjon
In vivo	I live/i kroppen
Kapillærer	Tynne blod- og lymfeårer
Kasus-kontrollundersøkelse	Undersøkelse av eksponering i en syk og en frisk gruppe
KI	Konfidensintervall
Kohortundersøkelse	Undersøkelse av sykdoms- eller dødshyppighet i en gruppe med en bestemt eksponering
Kometmetoden	Metode som måler DNA-skader i enkeltceller
Konsepsjonen	Befruktning
K-ras	Onkogen
Kromosom	Arveanlegg
Latenstid	Tid fra eksponering til sykdom
Leukemi	Blodkreft
Leukocytter	Hvite blodlegemer
Lymfocytter	Type av hvite blodlegemer

Lymfom	Lymfekreft
Malign	Ondartet
Malignt melanom	Ondartet føflekksvulst
MCA	Minimal cross-sectional area
MCA	Nasal minimal cross-sectional area
Mental retardasjon	Utviklingshemming
Meta-analyse	Statistisk metode som kombinerer resultater fra flere studier med samme problemstilling
Metafase II	Andre celledeling i meiosen (reduksjonsdeling)
Mikrokjerner	Del av kromosom som er på villspor
MNNG	N-metylnitrosoguanin (eksperimentelt karsinogen)
Narkolepsi	Tilstand med plutselig behov for søvn
NMT	Nordic Mobile Telephone
NO	Nitrogenmonoksid
NRPB	National Radiological Protection Board
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
ODC	Ornitindekarboksylase
Onkogen	Gen som er involvert i svulstutvikling
Oocyt	Eggcelle
OR	Oddsratio
Papillom	Godartet vortelignende svulst
Perinatal død	Dødfødte pluss barn som dør første leveuke
Permeabilitet	Gjennomtrengelighet
Polykromatiske erythrocytter	Røde blodceller med flerkjernet cytoplasma
Proliferasjon	Celledeling
Protoonkogen	Gen involvert i kreftregulering
Rekombinasjon	Reorganisering av genetisk materiale
Rektum	Endetarm
Retrospektiv kohortstudie	Tilbakeskuende kohortstudie
RF	Radiofrekvent
RR	Relativ risiko
SAR	Spesifikk absorpsjonsrate
SMR	Standardisert mortalitets(dødlighets)ratio
Spermatocytter	Stadium i sædcelledannelsen
Søsterkromatideutbytninger	Rearrangering mellom kromosomdeler
TETRA	Terrestrial Trunked Radio
Toksisk	Giftig
TPA	Tetradecanoylphorbolacetat, en tumorpromotor
Transgene mus	Mus som er spesifikt endret genetisk
Transkripsjon	Avlesning av den genetiske koden
Translasjon	Syntese av protein utfra genetisk kode
TSH	Thyreoidestimulerende hormon
Tubuli	Rør eller kanal
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
Vinblastin	Stoff som hemmer celledeling
WHO	Verdens helseorganisasjon