

**Strategi for  
IKT-forskningen  
i Norge**

**pr. 28. september 2001**

**Versjon 1.0**

## Forord

For å gi råd og innspill til forskningen på IKT-området, har Forskningsrådet etablert IKT-forum bestående av representanter fra IKT-miljøene fra universitetene, forskningsinstitutter, samt representanter fra IKT-næringen. Dette er IKT-forums forslag til strategi for IKT-forskningen i Norge frem mot 2010. Organisasjonene i IKT-næringen og IKT-forskningsmiljøene har bidratt aktivt underveis til utformingen av strategien.

Utgangspunktet for IKT-strategien er visjonen om en sterk norsk IKT-næring i 2010. For å nå dette målet, er det spesielt viktig å styrke samspillet mellom IKT-næringen og IKT-forskningen, og å styrke IKT-forskningen betydelig. Målet er at IKT-forskningen skal gjøre Norge ledende i utvikling og bruk av avanserte, brukervennlige og nyskapende IKT-produkter samt legge grunnlaget for en sterk eksportrettet IKT-næring.

IKT-forums forslag til tematiske prioriteringer er knyttet til fremveksten av ”innvevd IKT”, dvs. IKT som er allestedsnærværende og integrert i våre omgivelser og i bruk overalt. Dette reiser en rekke nye spørsmål og utfordringer og skaper behov for ny kunnskap, både som bidrag til å utforme løsninger, men også som bidrag til å avverge uønskede og urealistiske IKT-investeringer som bygger på sviktende faglig grunnlag.

IKT-forum har arbeidet for å skape en bred forankring bak strategien, og sentrale aktører har stilt seg bak hovedlinjene i forslaget. Det er imidlertid viktig at dette følges opp nå som IKT-forum har avsluttet sitt arbeid, slik at denne forankringen blir klar og eksplisitt synlig for de bevilgende myndigheter. IKT-forums mål er at forslaget til strategi vedtas som Strategi for IKT-forskningen i Norge.

Oslo 28. september 2001

Frank Eliassen  
Leder IKT-forum

## Innhold

Forord .....	2
Innhold.....	3
”Executive summary”.....	4
Sammendrag.....	6
Vi trenger ny kunnskap for å møte og mestre IKT-utfordringene .....	6
Ny kunnskap gir økt verdiskapning og konkurransekraft .....	6
Muligheter og utfordringer .....	7
Mål og prinsipper .....	8
Strategier og tiltak .....	8
Temaområder.....	11
Konklusjon og anbefalinger .....	14
1. Om IKTs betydning i samfunnet .....	17
1.1 Informasjonsinfrastruktur .....	18
1.2 Anvendelser om 5-50 år .....	19
1.3 Digitalt innhold – et nytt vekstområde .....	21
1.4 Avgrensninger og målgruppe .....	21
2. Status innenfor IKT-området.....	23
2.1 IKT-næringen i Norge .....	23
2.2 IKT-forskningen i Norge.....	24
2.3 IKT-utdanningen på høyere nivå i Norge.....	30
3. Norges utfordringer og muligheter.....	32
4. Mål og prinsipper .....	38
5. Strategier og tiltak .....	40
5.1 IKT-forskningen og forskningssystemet .....	40
5.2 Samspill mellom IKT-næringen, IKT-forskningen og ledende brukermiljøer .....	43
6. Temaområder for IKT-forskningen frem mot 2010 .....	50
6.1 Teknologien som blir vevd inn i våre omgivelser .....	50
6.2 Kritiske faktorer .....	51
6.3 Temaområder.....	53
6.3.1 Programvareteknologi, informasjonsforvaltning og brukergrensesnitt.....	54
6.3.2 Kommunikasjonsteknologi og infrastruktur.....	56
6.3.3 Mikroteknologi, mikrosystemer og nanoteknologi .....	58
6.3.4 Samfunnsmessige, kulturelle og økonomiske utfordringer og anvendelser.....	59
6.4 Anbefalinger .....	61
7. Handlingsplan og gjennomføring.....	64
Referanser.....	67
Medlemmer i IKT-forum.....	68
Grupper som har utarbeidet innspill til temaområdene .....	68
Redaksjonsgruppe som har utformet endelig rapport.....	68

## ”Executive summary”

Informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) har tilsvarende betydning for utviklingen av kunnskapssamfunnet som elektrisiteten hadde for fremveksten av industrisamfunnet. IKT utgjør en samfunnsinfrastruktur, er en egen næringssektor med betydelig potensial og er en avgjørende innsatsfaktor i alle næringer, i offentlig forvaltning og i samfunnet for øvrig. IKT vil ha en gjennomgripende betydning for samfunnets utvikling de kommende år. Derfor er det behov for en satsning på IKT-forskningen i Norge. Denne satsningen skal:

- Skape økt konkurransekraft ved hjelp av innovative IKT-anvendelser i nærings- og samfunnsnivå utviklet i samspill mellom IKT-næringen, -bruker og forskningsmiljøene.
- Realisere økonomiske og samfunnsmessige gevinster gjennom økt verdiskapning.
- Gi oss kandidater for å videreutvikle IKT-potensialene i Norge.
- Styrke vår forskningsbaserte kunnskapsbase og samarbeidet mellom denne og IKT-næringen.
- Gjøre Norge til en likeverdig og interessant partner på den europeiske og internasjonale forskningsarenaen og øke vår deltagelse i den internasjonale kunnskapsutviklingen, noe som er avgjørende for en eksportrettet IKT-næring.
- Gjøre Norge attraktiv for internasjonal kompetanse og kapital.

Forskningsrådets IKT-forum legger med dette frem sitt forslag til strategi for IKT-forskningen i Norge. IKT-forums visjon er at *Norge skal ha en sterk IKT-næring i 2010.*

Målet er at IKT-forskningen skal gjøre Norge ledende i utvikling og bruk av avanserte, brukervennlige og nyskapende IKT-produkter, både utstyr, programvare, tjenester og innhold, legge grunnlaget for en sterk eksportrettet IKT-næring og etablere informasjonsinfrastrukturer i verdensklasse. For å nå målet må en rekke aktører medvirke i strategien: både sentrale bevilgende myndigheter, IKT-næringen, universitetene, høyskolene, forskningsinstituttene og avanserte brukermiljøer i næringsliv og forvaltning. Strategien forankres i IKT- og forskningspolitiske planer og innstillinger, bl.a. siste forskningsmelding<sup>1</sup>. IKT-forum har gjennomført en bred høring av strategiutkastet og fått tilslutning til hovedlinjene i forslaget.

IKT-forum har analysert dagens situasjon og anbefaler at den årlige offentlig finansierte IKT-forskningen kanalisert via Forskningsrådet tredobles innen 2005, fra om lag 350 mill.kr (i 2000) til 1 mrd. kr. i 2005 gjennom en trinnvis opptrapping. Dette medfører et behov for 1,9 mrd.kr i friske midler i perioden 2002-2005. En slik økning ventes å utløse en tilsvarende satsing i næringslivets slik at Norges samlede forskning og utvikling innenfor IKT anslagsvis vil ligge på 7-8 mrd. kroner i 2005. I forhold til IKT-næringens omsetning som nå er på 200 mrd. kr. synes en FoU-innsats på 3,5-4 prosent å være et minimum og i underkant av det vi ser i mange OECD-land. For perioden 2006-2010 foreslås derfor en ytterligere opptrapping med en dobling til 2,0 mrd.kr pr. år fra 2010, dvs. en ytterligere økning på 3,0 mrd. kr i friske midler i perioden 2006-2010. Samlet innebærer IKT-forums forslag en økning på 8,15 mrd. kroner over 9 år.

For tiden er det store utfordringer innenfor informasjonsforvaltning, brukergrensesnitt og programvare. Disse utgjør kritiske elementer i alle IKT-systemer. Kommunikasjonsteknologi og

<sup>1</sup> Stortingsmelding nr. 39 (1998-99) Forskning ved et tidsskille

nettverk er et område med store endringer i teknologi innenfor nettverk og nettverksarkitektur som følge av økende behov for båndbredde og sømløse kommunikasjonsnett. Mikrosystemer og nanoteknologi får økende betydning med miniatyrisering og bruk av innvevde allestedsnærværende IKT-systemer på stadig nye områder og i økende omfang. Og på tvers av disse områdene er en rekke utfordringer knyttet til anvendelser og til den samfunnsmessige utviklingen.

Basert på disse behov og status i nasjonal næring og FoU-miljøer foreslår IKT-forum at satsingen konsentreres om følgende temaområder:

- Programvareteknologi, informasjonsforvaltning og brukergrensesnitt
- Kommunikasjonsteknologi og infrastruktur
- Mikroteknologi, mikrosystemer og nanoteknologi
- Samfunnsmessige, økonomiske og kulturelle utfordringer og anvendelser

Disse områdene samsvarer i stor grad med tilsvarende satsinger internasjonalt, bl.a. EUs 6. rammeprogram. Innenfor hvert av temaområdene har IKT-forum foreslått noen prioriterte tema som vil være sentrale de nærmeste årene. For å videreutvikle og ajourføre forskningsgendaen foreslår IKT-forum en ordning der IKT-forskningsmiljøene, IKT-næringen og avanserte brukermiljøer samarbeider om å identifisere og å prioritere tema innenfor disse hoveddrømmene.

IKT-forum foreslår i første omgang et løft på følgende områder og indikerer hvordan økningen fra dagens 350 mill. kr. til 1 mrd. kr bør fordeles:

- 250 mill.kr. foreslås til en styrking av forskerrekutteringen gjennom dr.gradsstipender og postdocstipender, samt den forskningsbaserte undervisningen og til å bedre rammebetingelsene for lærerne/forskerne. Det er i dag personellmangel på flere av IKT-instituttene ved universitetene/høgskolene. Stillinger står ledige pga mangel på kvalifiserte søkere, og i noen fag er det et svært stort antall studenter pr. lærer. Her er det behov for betydelige strakstiltak.
- 250 mill.kr. foreslås til en økning i anvendt næringsrettet IKT-forskning, bl.a. på avanserte anvendelser og innovativ bruk av IKT, utstyrs-, programvare- og tjenesteutvikling, bredbånd og til økt internasjonal deltakelse og kunnskapsoverføring. Norge er ledende i verden når det gjelder utbredelse av IKT, men det er behov for kvalifiserte forskere og forskningsbasert kunnskap for å sikre verdiskaping og å realisere de samfunnsøkonomisk gevinstene av IKT-investeringene.
- 100 mill.kr. foreslås til å styrke tverrfaglig IKT-forskning. Dette omfatter bl.a. forskning med innretning mot konvergensmedienes behov for innholdsproduksjon, forskning på effektiv utnyttelse av IKT i bedrifter og organisasjoner og forskning på IKT i forhold til norske kulturelle forhold. Dette vil også omfatte bl.a. forskning for å frembringe mer kunnskap om IKTs samfunnsøkonomiske betydning og å adressere sentrale samfunnsmessige utfordringer som følger av fremveksten av informasjons- og kunnskapssamfunnet f.eks. i forhold til lov og rett og samfunnsmessige forhold som bidrar til en bærekraftig utvikling.
- 50 mill.kr. foreslås til tiltak som bl.a. forskningsformidling, miljøstøtte, etablering av en ordning med ”foresight”-studier, m.v.

## Sammendrag

### **Vi trenger ny kunnskap for å møte og mestre IKT-utfordringene**

Norges forskningsråds IKT-forum legger med dette frem sitt forslag til overordnet strategi for IKT-forskningen<sup>2</sup> i Norge frem til år 2010. Bakgrunnen er den stadig mer altomgripende og allestedsnærværende bruk av informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) i dagens nærings- og samfunnsliv. For å møte de bruker-, nærings- og samfunnsmessige utfordringene, er det essensielt at vi har den nødvendige basis- og breddekompetanse for å forstå og å kunne styre utviklingen til det beste for samfunnet. IKT-forums strategi er et aktivt virkemiddel for å nå dette overordnede målet. Strategien er forankret i og støttes av sentrale institusjoner på IKT-området og viktige brukermiljøer i Norge<sup>3</sup>.

### **Ny kunnskap gir økt verdiskapning og konkurransekraft**

IKT-forskningen er viktig for IKT-næringen og legger grunnlaget for avanserte anvendelser og effektiv utnyttelse av IKT-investeringene i nærings- og samfunnsliv. IKT-næringen og avanserte brukermiljøer er pådrivere og inspirasjonskilde for forsknings- og utdanningsmiljøene. De disponerer store deler av fagressursene i landet, også nasjonal spisskompetanse. Der som Norge skal ha ambisjoner om å være ledende i å utnytte IKT til økt konkurransekraft og verdiskapning, og vi også i fremtiden skal kunne høste gevinster av ny innsikt og kunnskapsutviklingen i form av nyskapende eksportrettede IKT-bedrifter og effektive IKT-anvendelser, må vi investere mer i IKT-forskning og forskningsbasert IKT-utdanning. Da blir også norske miljøer interessante samarbeidspartnere for internasjonal forskning.

Norge er blant de land i verden som har høyest utbredelse av IKT, men OECD har påpekt at Norges hovedutfordring er å få en bedre og mer effektiv utnyttelse av IKT-investeringene for å realisere de samfunnsøkonomiske gevinstene. Dette er også hovedfokus i eNorge-planen. For å lykkes med dette, trengs mer forskningsbasert kunnskap.

Fremveksten av informasjons- og kunnskapssamfunnet har gjort IKT til en kritisk innsatsfaktor i næringslivet, offentlig sektor og samfunnet for øvrig. På en rekke områder har vi sett informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) bli tatt i bruk på måter som har omformet samfunnet. Det mest fremtredende trekk i dag er hvordan konvergens innenfor IT, medier og kommunikasjonsteknologi fører til at tidligere adskilte sektorer som kringkasting, telekommunikasjoner, media og IT smelter sammen teknologisk og markedsmessig slik at innhold og tjenester kan formidles gjennom et utall av kanaler. IKT-næringen har vært sentral leverandør, premissleverandør og pådriver for slike endringer, mens grunnlaget for de avanserte og innovative løsningene er resultater fra IKT-forskning for 10-20 år siden.

IKT-næringen har stor økonomisk og samfunnsmessig betydning i Norge. Målt etter omsetning er IKT-næringen den tredje største næringen i Norge. Siden 1995 har omsetningen i IKT-næringen økt med 50 prosent til 182 mrd. kroner i 1999. I siste halvdel av 1990-tallet ble

---

<sup>2</sup> Forskning innenfor IKT omfatter basis, anvendt og tverrfaglig IKT-forskning og IKT-næringsrettet forskning. IKT som teknologi er grunnleggende, men stor utbredelse og bruk av IKT samt en IKT-næring som beveger seg oppover i verdikjeden, øker behovet for anvendt og tverrfaglig IKT-forskning.

<sup>3</sup> Utkastet til strategi ble sendt på bred høring 9. mai 2001. Det kom inn 43 høringsuttalelser/innspill. De fleste har uttalt seg positivt og gitt sin støtte til strategien. Det ble gjennomført en serie med 3 høringsmøter der forslaget til strategi ble debattert utfra flere perspektiver: eNorgeplanen, bredbåndsutfordringen og IKT-næringen.

det skapt 18 000 nye jobber, en økning på 30 prosent. Verdiskapingen i IKT-næringen var 46 mrd. kroner i 1998.

### Muligheter og utfordringer

IKT-forum har identifisert to hovedutfordringer:

1. Kapasiteten må økes og kvaliteten forbedres i IKT-utdanningen og IKT-forskningen. IKT-miljøene ved universitetene og instituttene må kunne ivareta sine samfunnsoppgaver innenfor forskning, forskerrekutteringen og utdanning på en tilfredsstillende måte.
2. Det må stimuleres til økt nyskaping og nyetablering gjennom samarbeid og samspill mellom IKT-næringen, IKT-forskningen og avanserte brukermiljøer. Samarbeid om forskningsagenda og prioriteringer vil sikre bedre utnyttelse av de nasjonale IKT-faglige ressursene.

### IKT-utdanningen og –forskningen

Høy kvalitet og kapasitet på IKT-utdanningen er avgjørende for å sikre utvikling og vekst i IKT-næringen og kvalitet i anvendelse av IKT.. Andel ansatte med høyere utdanning i IKT-næringen er om lag 40 prosent og ventes å øke (Kilde: SSB). IKT-næringen har behov for tett kontakt med ledende forskningsmiljøer nasjonalt og internasjonalt for å følge utviklingen innenfor faget og i det internasjonale IKT-markedet. Universitets-, høgskole- og instituttmiljøene må ha tilstrekkelig kapasitet til å møte IKT-næringens og samfunnets behov for forskning og kandidater med høyere utdanning innenfor IKT. Den raske ekspansjonen i IKT-næringen og i utbredelse og bruk av IKT er ikke fulgt opp med bevilgninger til IKT-forskningen ved universitetene og instituttene, og har medført et etterslep.

Det faglige nivået innenfor basis IKT på universitetene og forskningsinstituttene er bra. Det er også gode miljøer ved noen høgskoler. En enkel evaluering gjennomført av IKT-forum viser at halvparten av forskningsgruppene på universitetene er på akseptabelt internasjonalt nivå, men de har for lite ressurser til forskning og forskerrekuttering, noe som over tid svekker den forskningsbaserte undervisningen. Sammenlignet med andre fag er det mange som slutter før fullført hovedfag og få som går videre og tar en dr.grad. De senere års vekst i studentopptaket er ikke fulgt opp med tilsvarende økning på lærersiden, og gjør at det ikke er nok ressurser til oppfølging av studentene. Rammebetingelsene bør derfor bedres slik at kvaliteten og omfanget av forskningen øker, rekrutteringen sikres og noen forskningsgrupper får utvikle seg til et internasjonalt høyt nivå. IKT-miljøene er i stand til å absorbere en slik økning, bl.a. sett på bakgrunn av at mange klart støtteverdige forskningsprosjekter i dag avslås fordi IKT-forskningsprogrammene har for lite midler. Men siden Norge er et lite land, vil det meste av kunnskapstilfanget komme utenfra. For å sikre kunnskapsoverføringen fra utlandet er det viktig at utdannings- og forskningsinstitusjonene holder høy kvalitet, slik at de hevder seg i internasjonale nettverk og er i stand til å nyttiggjøre seg resultatene av andres forskning.

### Nyskaping gjennom samspill og samarbeid

IKT-næringen er FoU-intensiv, men forskningsandelen bør bli større. FoU i IKT-næringen utgjorde 3,9 mrd. kroner i 1999, nesten en tredjedel av norsk næringslivs samlede FoU (Kilde: SSB/Forskningsrådet). Nesten 90 prosent av IKT-næringens FoU går til produkt- og tjenesteutvikling. 11 prosent går til anvendt forskning, totalt 381 mill. kroner, og 1 prosent, dvs. 41 mill. kroner går til mer langsiktig grunnforskning. Andelen anvendt forskning i næringslivet generelt er på 22 prosent og grunnforskning på 2 prosent. Forskningsandelen i IKT-næringen er altså halvparten av det vi ellers finner i næringslivet, mens andelen til utvikling er relativt sett større.

Mens IKT-næringen alene brukte 422 mill.kr. til anvendt forskning og grunnforskning (tall fra 1999), var Forskningsrådets innsats på IKT-området 344 mill. kroner (tall fra 2000). Utfra

disse tallene finansierer altså IKT-næringen selv en vesentlig andel av den samlede forskningen. Dersom IKT-næringen øker forskningsinnsatsen for å komme på nivå med andre næringer, er det behov for en vesentlig økning av den offentlig finansierte forskningen for å få en balanse i finansieringen på linje med andre næringer. Selv om IKT-næringen er FoU-intensiv, kjøpes mindre enn 10 prosent av FoU hos forskningsinstitutter, universiteter og høyskoler. Næringslivet for øvrig kjøper totalt 20 prosent av sin FoU fra slike miljøer. Det offentlige innovasjonssystemet er dårlig tilpasset IKT-næringen. Først i 2001 ble IKT definert som eget næringsområde i Forskningsrådet, selv om det er landets tredje største næring og avansert bruk av IKT er sentralt i den videre utviklingen innenfor alle bransjer og næringer.

Som et lite land må Norge se helhetlig på det IKT-faglige miljøet, bygge bro og styrke samspillet mellom IKT-forskningen i næringen og ved universiteter og institutter samt trekke med seg ledende brukermiljøer. Med godt samspill mellom aktørene kan Norge få vesentlig mer ut av ressursene, og skape akademiske og industrielle forskningsresultater som bidrar til vesentlig bedre utnyttelse av IKT-investeringene. Dersom utfordringene IKT-forskningen står overfor ikke tas på alvor, er det fare for at Norge ikke når målene om å være ledende i bruk av IKT og gjennom det bidra til å svekke Norges konkurransevne. Det er også en fare for at det potensial for nyskaping og vekst som IKT-næringen representerer, vil forvitte.

### Mål og prinsipper

Gjennom en økt satsing på IKT-forskning skal Norge:

1. være fremst i verden i utvikling og bruk av avanserte, brukervennlige og nyskapende IKT-produkter, både utstyr, programvare, tjenester og innhold.
2. legge grunnlaget for en sterk eksportrettet IKT-næring
3. etablere informasjonsinfrastrukturer i verdensklasse: robuste, riktig dimensjonert, godt sikret mot angrep, tilgjengelig for alle og til en pris på linje med ledende IKT-land.

IKT-forum foreslår at følgende prinsipper legges til grunn for utformingen og gjennomføringen av strategien:

- IKT-næringen og brukere av IKT har ansvar for å engasjere seg i forskning, utvikling og innovasjon, å utnytte forskningsresultater og å ta i bruk innovasjonssystemet. Samtidig har IKT-forskningsmiljøene ansvar for å orientere seg mot IKT-næringen og brukere av IKT gjennom en åpen dialog om forskningsutfordringer og forskningsagendaen.
- Forskningsmiljøet innenfor IKT har ansvar for at forskning prioriteres både utfra økonomisk, næringsmessig og samfunnsmessig verdiskapning og utfra den kunnskapsbasis som IKT-utdanningen har behov for.
- IKT-næringen og offentlige myndigheter bør samarbeide om å skape et verdensledende forsknings- og innovasjonssystem som møter IKT-næringens og IKT-brukernes behov på en effektiv måte, og som tiltrekker seg de beste forskerne internasjonalt.
- Det offentlige har ansvar for forskningsinfrastrukturen i form av universitets- og høyskolesektoren, teknisk infrastruktur, grunnbevilgninger for drift av forsknings- og utdannings-systemet og finansiering av størstedelen av den langsiktige forskningen.
- Det offentlige har et hovedansvar for å sikre at kvalitet og volum på uteksaminerte kandidater på IKT-området møter IKT-næringens, samfunnets og næringslivets behov.

### Strategier og tiltak

IKT-forum foreslår følgende 5 strategier med tilhørende tiltakspunkter i stikkordsform:

#### IKT-forskningen og forskningssystemet

Forskingssystemets hovedoppgave er å bidra til robust kunnskapsutvikling for å sikre kompetansebasen i forhold til IKT-området utvikling. Denne kunnskapsutviklingen bidrar til å styrke og videreutvikle IKT-utdanningen både kvalitativt og kvantitativt. Forskingssystemet

har også en oppgave i å stimulere til internasjonalt forskningssamarbeid og legge til rette slik at norsk forskning både er synlig og deltar internasjonalt. Dette er nødvendig for en god forskningsbasert utdanning med kvalitet og robusthet.

1. *IKT-forskningen styrkes kraftig gjennom en koordinert satsing for å øke kapasiteten i IKT-utdanningen og heve det faglige nivået.*

Doktorgradstettheten<sup>4</sup> i IKT-fagene økes til samme nivå som andre sentrale fag med stor samfunnsmessig betydning. Det bør vurderes å opprette egne IKT-fakulteter ved NTNU og Universitetene i Oslo, Bergen og Tromsø. IKT-forskere ved universitetene og høyskoler gis bedre betingelser enn i dag. Det etableres et Norgesnett for IKT-forskningen. Opptrappingen innenfor IKT-forskningen bør skje gjennom en helhetlig tilnærming, og blant annet medføre økt nettverkssamarbeid nasjonalt og internasjonalt. Effekter av den økte satsingen på IKT-forskningen bør måles.

2. *IKT-forskningen i Norge skal dekke kjerneområdene i IKT-fagene på et internasjonalt akseptabelt faglig nivå. Minst 15 prosent av forskningsgruppene bør være blant de internasjonalt ledende.*

IKT-forskningen i Norge bør gjøres attraktiv gjennom gode økonomiske rammer, stor faglig frihet, god infrastruktur og et godt støtteapparat slik at de beste forskerne internasjonalt gjerne legger et opphold i Norge inn i sin forskerkarriere. Forskningsrådet har de beste virkemidlene for å ivareta ambisjonen om å få frem miljøer på internasjonalt nivå, legge til rette for internasjonalt samarbeid og skape en sunn konkurranse om forskningsmidlene. Det etableres et eller flere brede programmer for IKT-forskning frem mot 2010. Det bør bli minst 2-3 sentra for fremragende forskning (SFF) innenfor IKT. Internasjonalisering prioriteres. Virkemidler for anvendt, tverr- og flerfaglig IKT-forskning etableres i samarbeid med IKT-næringen og avanserte brukermiljøer.

### **Samspill mellom IKT-næringen, ledende brukermiljøer og IKT-forskningen**

IKT-næringen er "hovedaktøren" både i utvikling av nye innovative anvendelser, og bak vekst i verdiskaping og eksportinntekter. IKT-næringen er den viktigste bidragsyteren til, målgruppen for og brukeren av IKT-forskningen. IKT-næringen er avhengig av et velfungerende forsknings- og utdanningssystem som produserer gode kandidater med relevant kunnskap og IKT-forskning med høy kvalitet og relevans. Et godt samarbeid mellom IKT-næringen og – forskningen er viktig for å lykkes. Også brukermiljøer i forvaltning og næringsliv er viktige aktører og må trekkes inn.

3. *Det skal etableres ordninger som oppmuntrer norsk IKT-næring til betydelige forskningsaktiviteter i samarbeid med internasjonalt ledende IKT-forskningsgrupper på universiteter og institutter.*

Det legges til rette for industrielle dr.gradsstipendiater og post.doc-stipender (1-2 år) i IKT-næringen for å få frem kandidater med god forståelse for IKT-næringens utfordringer og for effektiv kompetansespredning. Det kan også gis post.doc stipender for utvikling av prototyper, som senere evt. kan være basis for kommersielle produkter og tjenester. Det skal etableres ordninger med II-erstillinger mellom IKT-næringen, instituttsektoren, universitetene og høyskolene. IKT-bedrifter og forskningsgrupper bør samarbeide om forretningsutvikling, innovasjon, internasjonalisering og kvalitetsutvikling gjennom felles forskningsprosjekter og ved kjøp av forskning og analyser. Instituttsektoren skal ha internasjonal topp kompetanse

<sup>4</sup> Andel uteksaminerte hovedfagskandidater som går videre til dr.gradsstudium

innenfor utvalgte fagområder. Mer forskning i næringslivet og særlig i IKT-næringen gjennom en klar strategi for IKT-forskning i bedriftene, skal gi økt konkurransekraft. En ordning med regelmessige "foresight"-studier etableres i samarbeid mellom IKT-forskningsmiljøene og IKT-næringen for å jevnlig ajourføre forskningsagendaen. Ordningen bør være en fellesarena og forankres i IKT-næringen, tunge brukermiljøer og IKT-forskningsmiljøene, men kan for eksempel understøttes av Forskningsrådet.

4. *IKT-næringen og IKT-forskningen engasjeres i anvendt forskning for å utvikle breddekompetanse til å kunne betjene næringslivets og forvaltningens behov for innovative IKT-løsninger og robuste informasjonsinfrastrukturer.*

En aktiv IKT-næring innenfor programvare og kommunikasjonsteknologi er avgjørende for IKT-utnyttelsen i næringsliv, forvaltning og samfunn. IKT-næringen og -forskningsmiljøer bør inviteres til å delta i næringsrettet forskning i andre sektorer for å stimulere til nyskaping og innovativ bruk av nyere forskningsresultater. For å få til samspill i praksis mellom nærings- og forskningsmiljøer, kan det være behov for å utvikle bedre operasjonelle modeller for kontakt og samvirke. Det etableres nettverk for forsknings- og utviklingssamarbeid mellom avanserte brukerbedrifter og deres forskningsmiljøer, IKT-forskningsmiljøer og IKT-bedrifter for å legge grunnlaget for ledende, innovative og avanserte IKT-løsninger. IKT-næringen har et stort behov for programvarearkitekter, samarbeid om definisjon av rammeverk for ulike typer anvendelser, og forskningsbasert bistand i å utforme teknologiavhengige spesifikasjoner og løsninger. Norske forskningsmiljøer må få bedre rammebetingelser for å øke deltakelse i internasjonalt forskningssamarbeid, både mot ledende amerikanske miljøer og på det europeiske forskningsområdet. Instituttmiljøene kan bidra til intermasjonalisering av IKT-næringen gjennom å trekke IKT-bedrifter med i internasjonale prosjekter og bidra til at det etableres samarbeid med IKT-bedrifter internasjonalt.

5. *Nyskaping, kommersialisering og bedriftsetablering med utspring i forskningsmiljøene stimuleres. Det legges til rette for tettere kontakt mellom IKT-næringen og IKT-forskningen og forskningsformidlingen rustes opp.*

De mest innovative selskapene kommer gjerne direkte fra forskningsmiljøene, men ofte mangler forskere den tilleggskompetansen som kreves for å etablere et eget selskap. For å bøte på dette har Universitetet i Oslo etablert en "gründerskole" for informatikere som har gitt svært gode resultater. Et annet virkemiddel er å koble kandidater og forskere med forretningsidéer mot bedrifts- og venturemiljøer. Økt satsing på forskningsbasert nyskaping i fagmiljøene bør stimuleres, for eksempel gjennom noen "fremtidsteknologilaboratorier" innenfor IKT med betydelige ressurser til fri forskning og med fokus på kommersialisering av forskningsresultater, innovasjon og inkubatorvirksomhet.

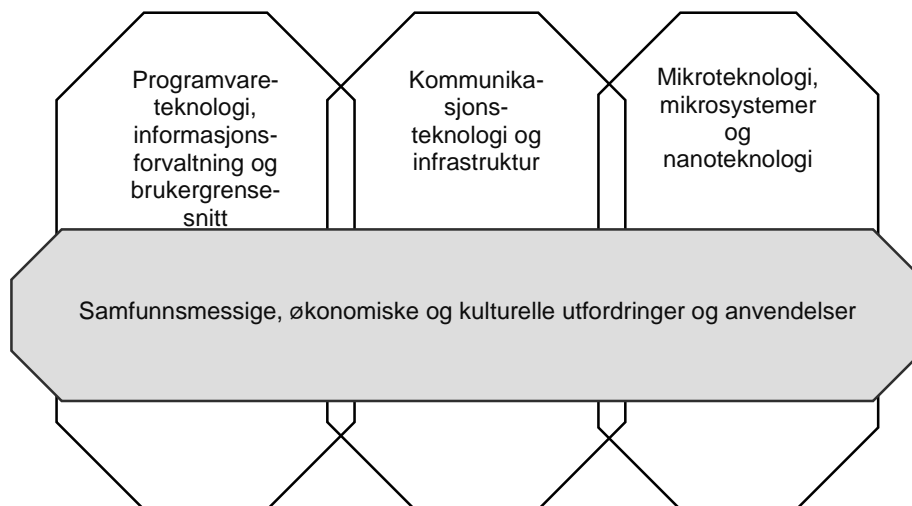
IKT-næringen bør være representert i programstyrer for IKT-forskning. IKT-forskningsmiljøene ved universitetene og instituttene bør trekke representanter fra IKT-næringen inn i sine planprosesser og prioriteringer, forsknings- og undervisningsaktiviteter. Forskningsagendaen i Norge og viktige forskningsresultater bør markedsføres aktivt nasjonalt og internasjonalt. Det bør gis økonomisk støtte for å få viktige internasjonale konferanser regelmessig til Norge og legges til rette for bedre spredning av nye forskningsresultater og kunnskapsdeling.

Det utvikles indikatorer som kan måle omfang, resultater og den samfunnsøkonomiske betydningen av IKT og av samarbeidet mellom IKT-næringen og IKT-forskningen. De offentlige virkemidlene bør samordnes bedre slik at de styrker hverandre og understøtter forskning, utvikling og intermasjonalisering i IKT-næringen.

## Temaområder

For å betegne utviklingen av IKT mot en samfunnsomgripende teknologi har IKT-forum valgt å benytte begrepet ”innvevd IKT<sup>5</sup>”. Begrepet uttrykker at IKT blir allestedsnærværende, en teknologi som fullstendig omgir og omslutter vårt miljø. Utfra en visjon om ”innvevd IKT” ser IKT-forum store forskningsutfordringer og interessante muligheter for å utvikle ny innsikt innenfor de vel etablerte temaområdene innenfor basis IKT og for anvendt og tverrfaglig IKT. IKT-forum skisserer i det følgende tre områder for tematiske prioriteringer samt et tverrgående område, se figur 1.

Figur 1 Temaområder for IKT-forskningen



Disse områdenes relative betydning og innbyrdes størrelse varierer og vil variere over tid. For tiden er det enorme utfordringer innenfor informasjonsforvaltning, brukergrensesnitt og programvare, fordi de er kritiske komponenter og har betydning for også de øvrige områdene. Kommunikasjonsteknologi og nettverk er et stort område med store teknologiendringer innenfor nettverk og nettverksarkitektur og som følge av et stort og økende behov for større båndbredde og mer sømløse kommunikasjonsnett. Mikrosystemer og nanoteknologi ventes å få økende betydning fremover med miniatyrisering og bruk av innvevde systemer på stadig nye områder og i økende omfang. Og på tvers av disse områdene er det en rekke utfordringer knyttet til anvendelser og til den samfunnsmessige utviklingen. Områdene samsvarer i stor grad med tilsvarende satsinger internasjonalt, bl.a. EUs fokuserte IKT-områder i 6. ramme-program.

En rekke *nøkkelt teknologier* må utvikles og videreutvikles. Dette er de teknologiske forutsetningene for å realisere ”innvevd IKT”. For det første må det veves inn ”intelligens” i mange flere komponenter. Dersom disse skal kunne inngå i en større systemsammenheng, kreves nye løsninger for distribuerte systemer. Kommunikasjonen vil i økende grad være trådløs og basert på internetteknologi over mobile nett. For å legge til rette for at slike systemer, som dels griper i hverandre med komponenter som kan inngå i flere systemmessige sammenhenger, trengs multidomene nettverksadministrasjon. Dagens adskilte stamnett og aksessnett vil konvergere. For å få tilstrekkelig raske og små komponenter er det behov for en ny generasjon komponenter basert på mikro-, optoelektronikk og nanoteknologi.

<sup>5</sup> Med uttrykket ”innvevd IKT” ønsker IKT-forum å betegne IKT-løsninger og anvendelser som er omsluttende, overalt, i omgivelsene, innvevd, i miljøet osv. Innvevd IKT kan gjerne forkortes som I<sup>2</sup>.

Virkemidler for å skape tillit og tiltro må utvikles. Både sikkerhetshensyn og hensyn til personvern må ivaretas. Her skapes det utfordringer som langt overstiger de vi har sett hittil. Med brukergrensesnitt og kommunikasjonsmuligheter overalt vil flermedialt innhold være hovedregelen. Dette krever nye metoder, verktøy og teknikker for produksjon, distribusjon og forvaltning av innhold. Brukeren vil møte multimodale og tilpasningsdyktige brukergrensesnitt tilrettelagt for den enkelte. Og flerspråklige dialoger vil være en selvfølge.

Elementer til denne teknologiske basisen finnes allerede, men for å realisere ”innvevd IKT” må de videreutvikles, og bygges inn i store systemer med kommunikasjon mellom et utall komponenter. Enorme mengder informasjon skal forvaltes og formidles. Og ikke minst skal dette skje innenfor forsvarlige samfunnsmessige, kulturelle og økonomiske rammer. Her ligger det store forskningsutfordringer, som norske forskningsmiljøer bør gripe fatt i, ikke fordi visjonen nødvendigvis blir realisert, men fordi den i seg selv reiser store spørsmål der svarene kan ha stor betydning, selv om utviklingen tar en annen retning.

IKT-forum anbefaler at IKT-forskningen fremover gis følgende innretning:

- Det satses på IKT-forskning innenfor de tematiske områdene som er presentert foran. Spesielt prioriteres områder med verdiskapings- og nyskapingspotensial, sterke norske fagmiljøer, samt områder med stor potensiell nærings- og samfunnsmessig nytte eller kulturell verdi.
- Det satses på IKT-forskning i skjæringsflaten med de øvrige prioriterte områdene i Forskningsmeldingen: medisinsk og helsefaglig forskning, marin forskning og forskning i skjæringsfeltet mellom energi og miljø.
- Det satses for å sikre basiskompetansen innenfor IKT gjennom en generell styrking av de eksisterende miljøene ved universiteter, høyskoler og institutter.
- Det satses på kvalitet, bl.a. gjennom SFF-ordningen og internasjonale peer-reviews for å utvikle forskningsgrupper på høyt nivå.

IKT-forum ser det som avgjørende at satsingen kombinerer bredde og kvalitet med tematisk prioritering, og at dette ses i lys av IKT-næringens, næringslivet for øvrig og samfunnets behov for ny forskningsbasert kunnskap. Det må legges særlig vekt på forskning som bidrar til verdiskaping, som har industrialiseringspotensial og som bidrar til nyskaping og innovasjon – ikke minst på lang sikt. Men dette betyr ikke nødvendigvis snever avgrensning innenfor temaområdene. Både grunnleggende forskning og mer anvendt forskning vil gi viktige forskningsbaserte bidrag med stor samfunnsnytte og verdiskapingspotensial.

IKT-forum ser likevel behov for å foreslå noen konkrete prioriteringer innenfor temaområdene, for å sikre at Norge har sterke toneangivende miljøer og fremragende kompetanse på områder som har eller vil få stor betydning fremover. Nedenfor følger IKT-forums forslag til prioriteringer innenfor de fire temaområdene:

### **1. Informasjonsforvaltning, brukergrensesnitt og programvareteknologi**

Siden IKT-systemer tas i bruk på de fleste områder i nærings og samfunnsnivå blir kvalitet på programvare og gode grensesnitt tilpasset brukeren og bruksomgivelsene avgjørende. Av samme grunn er metoder og teknikker for å utvikle storskala systemer og for forvaltning av enorme informasjonsmengder sentralt. På dette området er det en rekke sterke fagmiljøer i Norge, og vi har en stor programvareindustri som trenger slik kunnskap.

IKT-forum anbefaler at følgende tema prioriteres:

- Brukergrensesnitt som er tilpasningsdyktige og tilpasser seg brukerens krav, preferanser og omgivelser, herunder multimodale systemer (multilinguale, multikanal og multiformål) for norsk tale, mønstergjenkjenning, gestikulering m.v.

- Prosesser, metoder og teknikker for utvikling og drift av robust og pålitelig programvare for virksomhets- og sikkerhetskritiske IKT-systemer, herunder empiriske studier av utviklingsprosesser og programvareutviklingsprodukter med sikte på forbedringer i prosesser, metoder og verktøy.
- Informasjonsforvaltning med håndtering av uklare, motstridende og ustabile brukerkrav, semantisk modellering av heterogen og distribuert informasjon og tilhørende prosesser, samt lagring og forvaltning av store distribuerte datamengder og evolusjon av informasjonssystemer og informasjonssystemarkitekturer.
- Tillitsteknologier som sikker ID/autentisering, mikrobetalingsystemer, biometri og bruk av avanserte krypteringsteknikker.
- Brukergrensesnitt som tilpasser seg brukerens krav, preferanser og omgivelser, herunder multimodale systemer (multilinguale, multikanal og multiformål) for norsk tale, mønstergjenkjenning, gestikulering m.v.

## **2. Kommunikasjonsteknologi og infrastruktur**

Konvergens mellom faste og mobile nett og økende vekt på mobil kommunikasjon skaper forskningsutfordringer som sterke norske fag- og forskningsmiljøer har gode forutsetninger til å bidra til. Bygging av store og massivt distribuerte nettverk og systemer er en sentral utfordring fremover, og vil bl.a. kunne bidra til løsninger knyttet til tjenestekvalitet og betaling for innhold på nettet, utfordringer som er sentrale for videre utvikling og fremvekst av bredbånd.

IKT-forum anbefaler at følgende tema prioriteres:

- Håndtering av kompleks heterogenitet med sømløs mobil og fastnett infrastruktur og med krav til tjenestekvalitet og mer optimal utnyttelse av frekvensressurser for å øke kapasiteten i trådløs kommunikasjon.
- Dynamisk rekonfigurerbare nettverk, herunder programmerbare aktive nettverk, og dynamiske, massivt distribuerte ad hoc nettverk med utallige aktører og enheter for kortvarige oppgaver, eksempelvis mikrobetalingsystemer for ”innhold”.
- Håndtering av heterogenitet og skalerbarhet for distribuerte systemer, tjenester og applikasjoner.
- Sikkerhet og pålitelighet i transaksjoner og infrastrukturer (for e-handel, e-forvaltning m.v.)

## **3. Mikroteknologi, mikrosystemer og nanoteknologi**

Mikrosystemer og ytterligere miniaturisering ved hjelp av nanoteknologi skaper store forskningsutfordringer innenfor et bredt IKT-faglig spekter, og ventes å være et viktig område for nyskaping, innovasjon og verdiskaping fremover.

IKT-forum anbefaler at følgende tema prioriteres:

- Design, test og produksjonsprosesser for økt ytelse, ytterligere miniaturisering og ny funksjonalitet
- Aktive enheter med sensorer til grensesnittsystemer
- Miniaturiserte instrumenteringssystemer

## **4. Samfunnsmessige, økonomiske og kulturelle utfordringer og anvendelser**

En rekke nye utfordringer oppstår når distribuerte nettbaserte løsninger skal tas i bruk, og særlig når et stort antall brukere og organisasjoner skal delta i en transformasjon til en helt ny måte å organisere og utføre oppgaver på. Også de rettslige rammevilkåene må oppdateres, når de forretningsmessige omgivelsene endres. Et område der dette er særlig synlig er de endringer vi ser i media og innholdsindustrien. Norge og norske fagmiljøer har gode muligheter til

både teoretisk og empirisk forskning, bl.a. fordi Norge har høy utbredelse og bruk av IKT i så godt som alle samfunnssektorer.

IKT-forum anbefaler følgende tematiske prioriteringer:

- Nettbaserte anvendelser og distribuerte applikasjoner for ulike former for nettbasert samarbeid, læring, undervisning, forskning, kunnskapsdeling m.v.
- Empiriske studier av store transformasjoner med IKT som lykkes, og som ikke lykkes
- Innhold, konvergens, nye medier og språkteknologi.
- Rettslige rammevilkår og forretningsmodeller for nettbasert tjenesteyting og forretningsvirksomhet.

### Konklusjon og anbefalinger

Totalt innebærer IKT-forums forslag en samlet økning innenfor IKT-forskningen på 8,15 mrd. kroner i 9-årsperioden 2002-2010 i forhold til dag.

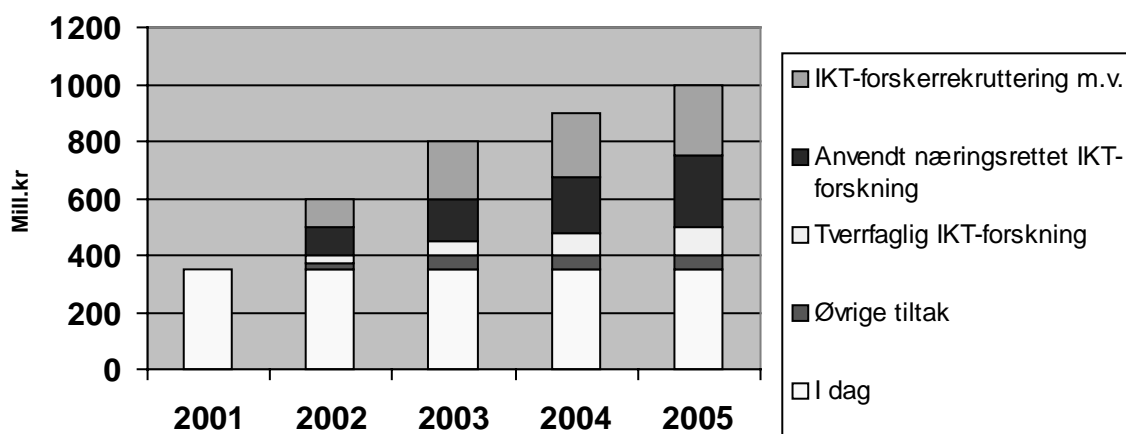
IKT-forum foreslår at den årlige offentlige finansieringen av IKT-forskningen kanalisert via Forskningsrådet tredobles til 1 mrd. kroner frem mot 2005 for å iverksette denne strategien. Samlet vil opptrappingen utgjøre en satsing på anslagsvis 1,9 mrd. kroner for perioden 2002-2005, se tabell 1.

Tabell 1 Opptrapping første fase, 2002-2005, med tentativt forslag til fordeling

I mill.kr. (2000-kroner)	2002	2003	2004	2005	Sum 2002- 2005
IKT-forskerrekruttering m.v.	+100	+100	+25	+25	<b>+250</b>
Anvendt næringsrettet IKT-forskning	+100	+50	+50	+50	<b>+250</b>
Tverrfaglig IKT-forskning	+25	+25	+25	+25	<b>+100</b>
Øvrige tiltak	+25	+25	+0	+0	<b>+50</b>
Økning i friske midler pr. år	<b>+250</b>	<b>+200</b>	<b>+100</b>	<b>+100</b>	<b>+650</b>
I dag (tall fra 2000-budsjettet)	350	350	350	350	350
Totalt pr. år	<b>600</b>	<b>800</b>	<b>900</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>
Akkumulert økning friske midler fra 2002	+250	+450	+550	+650	<b>+1900</b>

I tabell 1 er det tatt som utgangspunkt at IKT-forskningen i dag får 350 mill.kr. (Tallet er fra 2000, og kan for 2001 være noe høyere). I den første perioden foreslår IKT-forum at IKT-forskerrekruttering og anvendt næringsrettet IKT-forskning får den største andelen av de friske midlene. Innenfor forskerrekuttering legges det opp til en stor vekst i de to første årene og så utflating, mens anvendt næringsrettet IKT-forskning får et løft første året og deretter en noe flatere vekst. Innenfor tverrfaglig IKT-forskning legges det opp til en jevn vekst i hele perioden. De øvrige tiltakene som bl.a. er rettet mot forskningsformidling, etablering av en "fore-

Opptrappingsplan 2002-2005, fordeling av friske midler



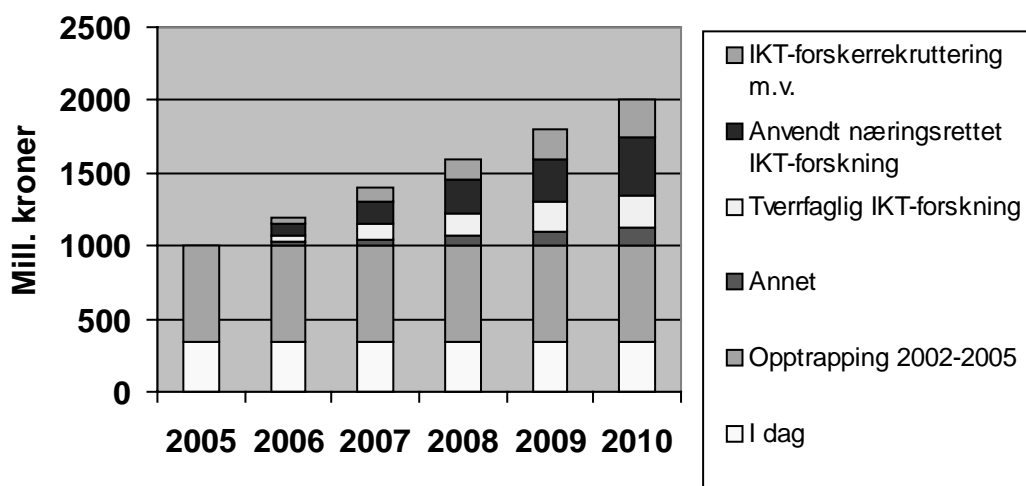
sight"-ordning m.v., får økning i de to første årene. Profilen IKT-forum foreslår er altså en initiell vekst som avtar noe utover i perioden. Det forutsettes at de årlig tilførte friske midlene videreføres i hele perioden og etablerer et nytt nivå for den offentlig finansierte IKT-forskningen.

For å bedre balanse mellom den offentlige finansieringen og IKT-næringens egenfinansiering foreslår IKT-forum en ytterligere dobling av den årlige finansieringen i perioden 2006-2010, se tabell 2. For perioden 2006 til 2010 har IKT-forum foreslått en jevn lineær vekst for alle områdene. Forutsetningene for denne veksten er at de tiltakene som iverksettes i første periode gir ønsket effekt bl.a. i form av flere dr.gradskandidater og økt forskerrekuttering. For hele 5-årsperioden 2006-2010 vil dette utgjøre 3 mrd. kroner forutsatt en jevn opptrapping. Målet er å utnytte fundamentet til ytterligere å sikre effektiv anvendelse av IKT i alle deler av samfunnet, og å skape et klima som åpner for nyskaping og nyetablering. En slik vekst frem mot 2010 kan håndteres dersom forskerrekutteringen og styrkingen av den forskningsbaserte IKT-undervisningen ved universitet og høyskole lykkes frem mot 2005.

Tabell 2 Opptrapping andre fase, 2006-2010, med tentativ skisse av forslag til fordeling

I mill.kr. (2000-kroner)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Sum 2006- 2010	Sum 2002- 2010
IKT-forskerrekuttering m.v.	250	+50	+50	+50	+50	+50	+250	+500
Anvendt næringsrettet IKT-forskning	250	+75	+75	+75	+75	+100	+400	+650
Tverrfaglig IKT-forskning	100	+50	+50	+50	+50	+25	+225	+325
Øvrige tiltak	50	+25	+25	+25	+25	+25	+125	+175
<b>Økning i friske midler</b>		<b>+200</b>	<b>+200</b>	<b>+200</b>	<b>+200</b>	<b>+200</b>	<b>+1000</b>	<b>+1650</b>
I 2005	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	350
<b>Totalt pr. år</b>	<b>1000</b>	<b>1200</b>	<b>1400</b>	<b>1600</b>	<b>1800</b>	<b>2000</b>	<b>2000</b>	<b>2000</b>
Akkumulert økning friske midler fra 2005		+200	+400	+600	+800	+1000	+3000	-
Akkumulert økning friske midler fra 2002	<b>+1900</b>	+850	+1050	+1250	+1450	+1650	<b>+6250</b>	<b>+8150</b>

Opptrappingsplan 2006-2010, fordeling av friske midler



**Visjon: ”Norge skal ha en sterk IKT-næring i 2010”**

IKT-forums visjon for IKT-næringen i Norge i 2010 vil legge grunnlaget for at:

- IKT-næringen vil bli den største næringen i Norge målt i verdiskaping og eksportandel. Den vil ha det høyeste antall høyt utdannede, være høyt oppe i verdikjeden og forstå behov i andre sektorer og kunne understøtte disse.
- IKT-næringen i Norge vil ha noen store norske IKT-bedrifter som er internasjonalt ledende. Disse har et høyt kunnskapsnivå, er gode på salg og markedsføring, og vil trekke med seg andre norske bedrifter internasjonalt.
- Norge vil også ha noen sterke nettverk av ledende små og mellomstore bedrifter som samlet fremstår som internasjonale IKT-selskap.
- Godt samspill mellom IKT-næringen og IKT-forskningen vil bidra til nyskaping, utvikling og verdiskaping i andre næringer og i offentlig sektor og vil gjøre Norge attraktivt for ledende internasjonale IKT-selskaper og forskningsinteresser.

IKT-forskningen vil gi viktige bidrag for å nå visjonen. En økt satsing på IKT-forskningen frem mot 2010 skal legge grunnlaget for at:

- Norske forskningsmiljøer innenfor IKT vil være på nivå med de beste internasjonalt, delta på linje med disse i internasjonal sammenheng og ha omfattende internasjonalt undervisnings-, publiserings- og forskningssamarbeid.
- Norges gode rammebetingelser innenfor IKT-forskning vil trekke internasjonale kapasiteter til Norge.
- IKT-forskningen i Norge vil ressursmessig være på høyde med resten av Norden.
- IKT-basisfagene vil være i møte med stadig flere fag gjennom tverr- og flerfaglig IKT-forskning.
- Norsk IKT-utdanning leverer kandidater med svært høy og robust kompetanse, og volumet dekker i hovedsak IKT-næringens og samfunnets behov for nye kandidater innenfor IKT-fagene.

I et større samfunnsperspektiv skal IKT-forskningen frem mot 2010 bidra med:

- Nye svar på store samfunnsutfordringer innenfor miljø, miljøovervåking og transport
- Nye løsninger innenfor bl.a. klinisk behandling, pasientovervåking og bedre organisering i helsesektoren.
- Understøtte forskning og utvikling innenfor sentrale fag- og næringsområder som marin sektor, energi, m.v.
- Videreutvikle og fornye kunnskapsgrunnlaget for IKT-politikken.

## 1. Om IKTs betydning i samfunnet

Informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) har tilsvarende betydning for utviklingen av kunnskapssamfunnet som elektrisiteten hadde for fremveksten av industrisamfunnet. IKT utgjør en samfunnsinfrastruktur, er en egen næringssektor med betydelig potensial og er en avgjørende innsatsfaktor i andre næringer, offentlig forvaltning og samfunnet for øvrig.

På en rekke områder har vi sett informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) bli tatt i bruk på måter som har omformet samfunnet. Bank- og finansnæringene er totalt forandret de siste 20 årene, men de grunnleggende tjenestene er de samme. Tilgjengeligheten og effektiviteten har økt og mange nye tjenester er introdusert, men mange kunder har opplevd endringene som både plagsomme og slitsomme. Kraftmarkedet i de nordiske landene er totalt forandret med markedsstyrt produksjon, krafthandel og markedsprising av elektrisk strøm ved hjelp av elektroniske børser og handelsløsninger. Internasjonal luftfart, internasjonal transport av varer og tjenester, logistikk og distribusjonstjenester er i dag resultat av verdensomspennende kommunikasjonsnettverk og avanserte datasystemer som holder rede på millioner av enheter, hendelser og sammenhenger. Sammenbrudd i slike systemer medfører betydelige ulemper i form av forsinkelser, feil forsendelser osv. I verste fall kan slike hendelser forårsake delvis lammelse og medføre store økonomiske tap for de som berøres.

Norge er ledende internasjonalt innenfor telemedisin og godt posisjonert til å høste gevinstene av dette. Medisinske ultralydapparater og avansert tredimensjonal bildebehandling har gitt kirurger og leger mulighet til å ”se inn” i pasienters indre, stille diagnoser og foreta inngrep med høy presisjon. Bredbåndskommunikasjon og telemedisin åpner for utveksling av digitalt bildemateriale og samarbeid i behandlingen over store avstander. Et effektivt helsenettverk forenkler kommunikasjon mellom primærhelsetjenesten, sykehus, apotek og trygdeetaten, og kan redusere feil, gi raskere oppfølging og frigi tid til behandlingsoppgavene. For at offentlig sektor skal kunne møte kravet om tilgjengelighet 24 timer 7 dager i uken er elektroniske tjenester på Internett det eneste realistiske alternativet. Elektronisk kommunikasjon og større grad av selvbetjening i en elektronisk forvaltning frigir ressurser til tjenesteproduksjon. Også næringslivet er på full fart mot nettbasert tjenesteyting og elektronisk forretningsdrift. I utviklingen av fiskerinæringen er IKT et svært viktig verktøy i hele verdiskapingskjeden fra fangstfelt eller oppdrettsanlegg til fisken serveres på en restaurant et sted i verden. Også innenfor ressursforvaltning og i planlegging av anlegg og produksjonskapasitet er IKT sentralt.

IKT-næringen har vært sentral leverandør, premissleverandør og pådriver for slike endringer. Den har bidratt til å skape verdier for næringslivet og samfunnet i form av programvare for effektiv og avansert bruk av IKT i næringslivet og offentlig sektor. Den har bidratt til utvikling og etablering av avanserte og robuste informasjonsinfrastrukturer for kommunikasjon, styring og andre formål. Samlet sett har IKT-næringen hatt stor betydning for utviklingen av næringslivets og nasjonens konkurransedyktighet, samtidig som den selv skaper store verdier.

IKT-forskningen er viktig for IKT-næringen, men IKT-næringen er også pådriver og inspirasjonskilde for forsknings- og utdanningsmiljøene og disponerer i noen tilfeller over store deler av fagressursene i landet, også nasjonal spisskompetanse. Dersom Norge skal ha ambisjoner om å være ledende i å utnytte IKT, og i fremtiden kunne høste gevinster av ny innsikt og kunnskapsutvikling i form av nyskapende IKT-bedrifter og effektive IKT-anvendelser, må vi fortsatt investere i IKT-forskning og IKT-utdanning. En sterk IKT-næring forutsetter god til-

gang på kompetent personale, et sterkt nasjonalt fagmiljø og et godt nettverk mot de internasjonalt ledende fagmiljøene.

Norge har et godt utgangspunkt og en næring og et fagmiljø med gode muligheter til å nyttiggjøre seg en økt satsing på IKT-forskningen. Norge har et bra faglig nivå på IKT-utdanningen, men det er underkapasitet på personellsiden og etterslep i forskerrekutteringen. Forskning og høyere utdanning er tett koplet. En satsing på IKT-forskningen er også en satsing på IKT-utdanningen.

I dette kapitteles trekkes det frem noen eksempler på hvordan IKT i økende grad blir vevd inn i alle deler av samfunnet. IKT-forum bruker begrepet ”innvevd IKT<sup>6</sup>” på dette, jf. kap. 6.

## 1.1 Informasjonsinfrastruktur

Utviklingen på infrastrukturområdet illustrerer hvor viktig IKT er i vårt samfunn og hvilken betydning et godt samspill mellom IKT-næringen og IKT-forskningen har. De distribuerte og avanserte informasjonsinfrastrukturene vi har i dag er resultater av forskning og utvikling på 1970- og 80-tallet. Forskning i dag vil få betydning for IKT-samfunnet om 20-30 år.

*Distribuerte (samvirkende) informasjonssystemer* basert på IKT er blitt en viktig del av infrastrukturen i vårt samfunn. De gjennomsyrrer infrastrukturen som for eksempel telekommunikasjon, kraftforsyningsnett, bank og finansielle tjenester, produksjon, veitransport, og nødhjelpstjenester. Slike infrastrukturens evne til å fungere avhenger i økende grad av ”allestedsnærværende”, ”innvevde” informasjonssystemer, både store og små. Samfunnets infrastrukturen kan således sies å ha blitt *informasjonsintensive*.

*Informasjonsinfrastrukturen* er betegnelsen på det samlede nettverk av informasjonssystemer bestående av datamaskiner, innretninger og programvare. Det er ikke urimelig å anta at innen de neste 10-20 år vil informasjonsinfrastrukturen være enda mer innvevd i vårt samfunn og ha større innvirkning på dets sosiale og økonomiske strukturer enn noen annen tidligere infrastruktur for distribusjon og samarbeid.

*Informasjonsintensive infrastrukturen* er i hovedsak risikoutsatt på to nye måter. For det første kan de bli utsatt for angrep fra ”hackere”, terrorister og organisert kriminalitet. For det andre, er de blitt mer ”skjøre”. Bruken av distribuerte informasjonssystemer har redusert kostnader, gitt økt effektivitet og tillatt stor reduksjon i bemanning. Men reduksjon i bemanning har også ført til at mye av evnen til å håndtere feil i systemer gjennom manuelle operasjoner er redusert eller gått tapt. Manuelle inngrep er også i mange tilfeller blitt vanskeligere pga at nye funksjoner og tjenester foregår i ”elektronisk hastighet”.

*Høy kvalitet* i informasjonsinfrastrukturen er essensielt i et samfunn som er blitt kritisk avhengig av IKT. Med høy kvalitet mener vi at infrastrukturen har høy ytelse, er robust og pålitelig, og kan overleve ondsinnede angrep og virus, utstyrs- og programvarefeil, og eventuell overbelastning.

Denne gjennomgripende bruken av IKT i nasjonale infrastrukturen trenger en solid forankring i grunnleggende forskning dersom Norge skal være i stand til å møte fremtidens utfordringer. Konstruksjon av både rene informasjonssystemer og informasjonsintensive systemer med stor overlevelsessevne er noe forskere internasjonalt har vært opptatt av i mange år. Forskningsresultater så langt viser imidlertid at store fremskritt ennå kreves før vi vil være i stand til å

<sup>6</sup> Med uttrykket ”innvevd IKT” ønsker IKT-forum å betegne IKT-løsninger og anvendelser som er omsluttende, overalt, i omgivelsene, innvevd, i miljøet osv. Innvevd IKT kan gjerne forkortes som I<sup>2</sup>.

bygge infrastrukturer med den nødvendige kvalitet. Dersom vi ikke gjør fremskritt tilstrekkelig raskt, er det meget sannsynlig at deler av vårt samfunn unødig vil kunne utsette seg for alvorlige konsekvenser før forskerne finner og tar i bruk fundamentale løsninger.

## 1.2 Anvendelser om 5–50 år

*Telemedisin* har gjort det mulig for spesialister å behandle pasienter som oppholder seg på andre geografiske steder. Høypresisjons roboter koblet med avanserte målemetoder og sensorer forbedrer kirurgens evne til å utføre vanskelige operasjoner. Kompliserte datatekniske analyser av store datamengder gir legene helt avgjørende råd i behandlingen av pasienter. Gjennom kirurgens arbeidsbriller kan nødvendig informasjon hentes fra nettet. Arbeidsbrillene har direkte bredbåndsforbindelse til den optiske senderen i en av rommets vanlige lyspærer. Tungvinte laptops og trengsel i eteren er en saga blott.

I fremtiden kan vi plassere mikrosystemer i kroppen som kan gi blinde noe av synet tilbake (enkle forsøk er allerede utført på mennesker) eller hjelpe bevegelseshemmede. Små mikroroboter brukes til å frese opp trange blodårer i bena gjennom poliklinisk behandling. Proteser kommer ikke i stedet for, men forsterker menneskelige kroppsdeler. Det blir mulig å koble proteser til hjernen og la impulser derfra styre proteser. Originalen er tross alt best, selv om de avanserte protesene som kan kobles direkte på nervebanene er en fantastisk erstatning. Her trenger vi tverrfaglige team av biologer, medisinere og informatikere som kan samarbeide i forskningsprosjekter.

Pasienter vil i stadig større grad kunne motta behandling uten å bevege seg hjemmefra, f. eks. gjennom nettbaserte konsultasjoner med lege, og medisinsk overvåkingsutstyr i hjemmet kan kommunisere direkte med sykehus og legesenter. Datamaskinen vil gjennomgående bli bedre enn legen til å stille diagnoser basert på målinger av pasientens tilstand. Og etter hvert vil spesialiserte datamaskiner overvåke pasienten kontinuerlig og rapportere inn helsetilstanden over Internett. I globalt perspektiv kan dette gi nye muligheter for å følge utvikling og utbredelse av for eksempel epidemier og andre sykdommer. Men dette forutsetter nettkapasitet og bearbeidingsmuligheter som langt overstiger dagens Internett. Og en slik utvikling reiser personvernsspørsmål av en helt annen størrelsesorden enn det vi har sett hittil.

I dag er *elektronisk handel* relativt vanlig og i sterk vekst. Mennesker kommer til å handle på nettet fordi det er der tilbudene er, og alle bedrifter må være der kundene er. I løpet av de neste årene vil stadig flere bedrifter henvende seg til sine kunder over nettet, få tilbakemeldinger fra kundene, utforme skreddersydde produkter og forbedre produktene basert på tilbakemeldingene. Bedriftene vil være tett sammenvevd i verdinettverk og forsyningskjeder slik at de fleste enkle så vel som komplekse produkter, produseres etter kundens spesifikasjon ”on demand”. Vi kan automatisere en rekke innkjøp, og alle økonomiske transaksjoner vil være sikre. Utfordringen ligger i å kombinere den digitale infrastrukturen med effektiv og miljøvennlig transport av varer.

Om 10-20 år vil en milliard mennesker samtidig kunne ”oppholde” seg i det digitale rom – fremtidens Internett. Her vil de delta i elektroniske møter, oppnå en sikker håndtering av alle økonomiske transaksjoner og snakke med venner og familie over hele verden. Dette vil kunne foregå uavhengig av språk, siden ”datamaskinen” har utviklet seg til en glimrende simultanoversetter. All relevant informasjon vil være tilgjengelig over fremtidens Internett – bøker, magasiner, video og musikk. Denne informasjonen er tilgjengelig hvorhen vi måtte befinne oss, og systemene vil være slik at den informasjon som tilflyter oss er tilpasset de behov vi har der og da. Det sørger vår personlige ”agent” for.

Etter hvert som roboter blir vanlig og de fleste ting får kommunikasjonsmuligheter, kan det tenkes at en del *dagligdagse oppgaver* vil kunne ordne seg selv. Skjorten sier fra når den må vaskes, eller at den mangler en knapp. Sokkeskuffen informerer husets robot om at det er 7 enslige sokker, og sokkene sier selv hvor de er. Kjøleskapet følger med på varers holdbarhetsdato, anbefaler menyer som utnytter innholdet og sørger selv for å bestille varer når det trengs. En robot kan om nødvendig representere deg for eksempel på et møte. Du står i direkte kontakt med roboten, den sier det du sier og du ser og hører det samme som den. Roboten hjemme kan fjernstyres, du kan la den slippe inn reparatøren som kommer for å se på den defekte vaskemaskinen. Neste skritt er at din egen robot gjør selve reparasjonen, men da under kontroll av en reparatør som ikke kommer hjem til deg, men gjør dette fra sitt kontor. Disse små "hjelperne" vil kommunisere med hverandre når de løser sine oppgaver.

*Forskning* vil foregå i virtuelle laboratorier der forskere kan samarbeide med kolleger verden over, bruke instrumenter der de måtte befinne seg, dele data og datamaskinressurser, og ikke minst utnytte informasjon og kunnskap organisert i globale digitale biblioteker. Gjennom bruk av datamaskiner, som er langt kraftigere enn i dag, vil fremtidens forskere gjøre oppdagelser av vital betydning for menneskeheten. Det kan dreie seg om alt fra en detaljert kartlegging av den menneskelige hjerne til dyp forståelse av klimatiske endringer.

*Læring og undervisning* vil foregå i datastøttede sosiale sammenhenger med direkte kontakt mellom de som er fysisk til stede, mens andre kan delta i sann tid eller når de har anledning gjennom nettbaserte løsninger. En egen veileder understøtter gruppen og hjelper til i bruken av disse læringsomgivelsene. I en gruppe som samarbeider om et prosjekt, vil noen møtes samtidig, mens andre hentes inn når de trengs og holdes informert om fremdriften. Hvis noen kommer inn i gruppens arbeid litt senere enn de andre, kan hun bli "briefet" av de nettbaserte læringsomgivelsene, som løpende fanger opp det som skjer ved hjelp av fellesområder med deling av informasjon og kunnskap. Både individuelle og kollektive arbeidsplaner kan utarbeides, og vil kunne koordineres i læringsomgivelsene, slik at ulike settinger kan skapes med utgangspunkt i disse planene. Det kan lages ulike rom og delprosjekter etter behov. Slike distribuerte nettbaserte omgivelser åpner for prosjekter og samarbeid på tvers av tid og rom, samtidig som de integrerer nærhet og sosial kontakt både fysisk og over nett. Veilederen kan samle opp observasjoner, problemer og spørsmål og legge disse inn i læringsomgivelsenes systemer som så kan foreslå hvordan man kan gå videre med disse, for eksempel legge opp til å samle en gruppe som antas å ha den rette kompetanse eller forutsetninger for å bringe problemstillingen videre.

*Miljøovervåking* skjer gjennom avanserte datasystemer som kontinuerlig analyserer utallige målinger av tilstanden i luft, vann og jordsmonn. Det produseres store mengder digitale kart og bilder som beskriver klodens miljømessige tilstand og utvikling. Gjennom omfattende beregninger basert på detaljerte modeller kan vi forutsi økosystemers oppførsel ved endringer i temperatur, nedbørmengde og atmosfærens sammensetning. Store integrerte systemer gir samlede analyser av klima- og miljøutfordringer som grunnlag for myndighetenes utforming av en bærekraftig politikk.

Etter hvert vil spesialiserte roboter sendes ut i hopetall for å overvåke havområdene. Disse samler inn data om temperatur, strøm, vannkvalitet, næringsinnhold, fisk m.v. Informasjonen kan utnyttes i forbindelse med ressursforvaltning i havet og hjelpe oss til å beskatte fiskebestander akkurat der det er riktig. Fiskestimer kan gjetes av kunstige robotfisker, og høsting kan skje der det er hensiktsmessig når riktig størrelse er nådd. Slik overvåking av havet kan også gi oss kunnskap som trengs for å bygge dypvanns kraftstasjoner som utnytter temperaturforskjellene langs ryggene i de store havene.

Disse anvendelsene av ”innvevd IKT” ligger noen år, noen tiår og mange tiår frem i tid. Men det arbeides konkret med å realisere slike anvendelser, ikke nødvendigvis fordi det blir slik, men fordi de skaper interessante forskningsmessige utfordringer. Det er ikke alltid det konkrete målet som blir det endelige resultatet. Da Bell fant opp telefonen var planen å lage et høreapparat, men det ble altså noe helt annet.

### 1.3 Digitalt innhold – et nytt vekstområde

Innholdsbransjen, som består av en rekke små og mellomstore bedrifter innen ”multimedia”-sektoren, er en sterkt voksende bransje med en betydelig vekst de siste årene. Bransjen omfatter så vel Internett- og programvareselskaper som tradisjonelle medieselskaper som NRK, TV2, Schibsted osv. Ved siden av å være interessant pga sitt vekstpotensiale, så er bransjen viktig for å utvikle innhold på nasjonale språk og bevare nasjonal og lokal kultur.

Innholdsområdet står overfor noen spesielle utfordringer. Med den pågående konvergensen og bransjeglidningen mellom kringkasting, forlag, aviser og nye digitale medier og nye formidlingsformer som Internett og bredbånd, hersker det i dag stor usikkerhet om hvordan man skal kunne tjene penger på digitalt innhold. Nye former for verdikjeder vil vokse frem og nye forretningsmodeller må utvikles. Allerede i dag ser vi at søking, gjenfinning, filtrering, personligisering og behandling av multimediainnhold, er en stor utfordring for å få tak i kvalitetsinformasjon. Samtidig åpnes enorme muligheter for nye tjenester og løsninger. Sammen med nye typer brukergrensesnitt, spesielt multimodale og talebaserte, gir dette mulighet for å utvikle helt nye typer interaktive tjenester.

Økende bruk av nett, muligheter for multimedia kommunikasjonsformer og ønske om mer interaktivitet bidrar til økt behov for og etterspørsel etter bredbåndskommunikasjon. Digitalisering av radio og fjernsyn, digital kringkasting, tjenester for video-på-bestilling og videokonferanser, multimediamkommunikasjon og interaktive spill over Internett er trender som bidrar til å øke behovet for båndbredde. I offentlig sektor er behovet stort innenfor telemedisin, undervisning, biblioteker og lokal administrasjon. I næringslivet er etterutdanning med e-læring, elektroniske konferanser og distribuert prosjektsamarbeid aktuelle anvendelser.

### 1.4 Avgrensninger og målgruppe

I denne rapporten defineres informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) som grunnlaget for utvikling og bruk av tele- og datasystemer, digitale informasjons- og kommunikasjonssystemer og digitalt innhold i videste forstand. IKT omfatter ved siden av teknologien også institusjonelle, økonomiske, kulturelle og bruksmessige rammebetingelser som bestemmer hvordan IKT formes og utvikles i samfunnet.

IKT-forums fokus er rettet mot IKT-forskningen, som omfatter både basis IKT-forskning, IKT-næringsrettet forskning, anvendt og tverrfaglig IKT-forskning. Forskningen innenfor informasjons- og kommunikasjonsteknologi omfatter i dag et bredt felt med flere fag som dels griper inn i hverandre. Naturlig nok er IKT som teknologi det mest sentrale forskningsfeltet, men med en IKT-næring som i økende grad befinner seg høyt oppe i verdikjeden, er også anvendt og tverrfaglig IKT-forskning viktig og utvider perspektivet til også å inkludere samfunnsmessige, økonomiske og kulturelle forutsetninger for og konsekvenser av IKT.

Forskningsrådet har etablert IKT-forum for å få en bedre samordning av IKT-forskningen som i dag skjer i regi av flere av områdene i Forskningsrådet (BF, IE, KS, MH, NT). IKT-

forum er sammensatt av representanter fra IKT-næringen og IKT-forskningen. Forskningsrådet har invitert IKT-forum til å komme med et forslag til en langsiktig strategi for IKT-forskningen i Norge. Denne rapporten er forumets forslag til strategi fremover og oversendes til Forskningsrådets slik at den kan vedtas som strategi for IKT-forskningen i Norge.

Målguppe for rapporten er departementene, det politiske miljø, universitetene, høyskolene, institutter, IKT-næringen, IKT-forskningsmiljøene og brukermiljøer. Forumets ønske er at forslaget til strategi skal bidra til et løft innenfor IKT, et felt som har stor økonomisk og samfunnsmessig betydning.

## 2. Status innenfor IKT-området

### 2.1 IKT-næringen i Norge

**IKT-næringen er nå den tredje største næringen i Norge målt etter omsetning.**

IKT-næringen er en ung næring og fortsatt i utvikling. IKT-næringen i Norge har fått økende økonomisk betydning i løpet av 1990-tallet og omsatte for 182 mrd. kroner i 1999. Verdiskapingen i 1998 var 46 mrd. kroner og vokste i årene 1996-98 mer enn BNP. I løpet av siste halvdel av 1990-tallet ble det skapt 18 000 jobber i IKT-næringen, en økning på mer enn 30 prosent, men mangelen på IKT-kompetanse har skapt lønnspress. De områdene som har vokst mest på slutten av 1990-tallet er telekommunikasjoner og programvare/konsulenttjenester. Også eksporten av IKT-produkter har vokst, men importoverskuddet innenfor IKT er fortsatt stort. Imidlertid er eksportstatistikken for IKT-næringen svært mangelfull. Mens veksten i IKT-næringen i Norge har vært innenfor IKT-tjenester, har både Sverige og Finland også hatt stor vekst innenfor den vareproduserende IKT-industrien og stor vekst i eksport av IKT-produkter.

Konvergens mellom informasjons-, medie- og kommunikasjonsteknologier, fremveksten av Internett, nye digitale medier og mobil kommunikasjon sammen med stadig nye anvendelsesområder, kan til tider gjøre bildet av hva som utgjør IKT-næringen uklart. Dette kombinert med en svært dynamisk og innovativ bransje med stadige strukturelle endringer gjennom oppkjøp og fusjoner, gjør at det kan være vanskelig å fange opp viktige utviklingstrekk på detaljert nivå.

Tabell 2.1 Nøkkeltall for IKT-næringen i Norge<sup>7</sup>

	1995	1996	1997	1998	1999
<b>Omsetning i mill. kroner</b> <sup>1</sup>	118 176	129 786	146 243	162 631	182 091
<b>Antall sysselsatte</b>	60 133	63 853	68 746	73 719	78 635
<b>Verdiskaping i mill. kroner</b> <sup>1</sup>	-	34 083	38 295	45 585	-
<b>Eksport i mill. kroner</b> <sup>1</sup>	8 409	9 058	10 815	12 264	12 430
<b>FoU i mill. kroner</b> <sup>1</sup>	-	-	-	-	3 900

<sup>1</sup> I løpende priser

**I utbredelse og bruk av IKT er Norge og de øvrige nordiske landene i verdenstoppen.**

Internett har bidratt til at bruken av teletjenester er doblet siden 1995. 2.5 mill. nordmenn har tilgang til Internett, og halvparten av disse bruker nettet daglig<sup>8</sup>. Så godt som alle foretak har tatt i bruk IKT, og 3 av 4 bedrifter har tilgang til Internett. Nesten halvparten av alle foretak har hjemmeside på Internett og 40 prosent av disse brukes til å motta bestillinger elektronisk<sup>9</sup>. Internettutviklingen har veid bruk av informasjons- og kommunikasjonsteknologien inn i de daglige gjøremål i arbeidsliv og hverdagsliv for mange, og skapt mange nye utfordringer og kunnskapsbehov for produsenter og tilbydere av IKT. På IDCs World Times Information Society Index 2001 som omfatter 55 land har Norge rykket opp fra fjerde til andreplass, bak Sverige men foran Finland og USA. Indeksen rangerer nasjoner etter evne til å bruke IKT

<sup>7</sup> Kilde: Statistisk sentralbyrå, november 2000, januar 2001, mars 2001

<sup>8</sup> Kilde: Norsk Gallups måling i februar 2001

<sup>9</sup> Kilde: SSBs undersøkelse av bruk av IKT i næringslivet, måling i desember 2000

basert på fire infrastruktur kategorier: IT-utbredelse, tilgang til andre elektroniske medier, Internettutbredelse og elektronisk handel og sosial infrastruktur (bl.a. utdanning, pressefrihet, sivile rettigheter). Men selv om IKT-utbredelse i Norge er høy, har OECD påpekt at Norges hovedutfordring er å få en bedre og mer effektiv utnyttelse av IKT-investeringene for å realisere de samfunnsøkonomiske gevinstene.

## 2.2 IKT-forskningen i Norge

### **IKT-næringen er FoU-intensiv og står for en stor andel av norsk næringslivs FoU<sup>10</sup>**

FoU i IKT-næringene<sup>11</sup> utgjorde 3,9 mrd. kroner i 1999, hvorav 3,2 mrd kroner er egenutført FoU mens 0,7 mrd. kroner er innkjøpt FoU. Dette er 29 prosent av næringslivets samlede FoU. IKT-næringen har en større andel egenutført FoU og mindre innkjøpt FoU (kun 17,6 prosent) sammenlignet med næringslivet for øvrig. Tar vi ut tjenestområdet i IKT-næringen og ser på det isolert, utgjør egenutført FoU innenfor IKT-tjenester hele 62 prosent av den samlede FoU-innsatsen i tjenestesektoren i Norge. Disse tallene underbygger at IKT-næringen er kunnskapsintensiv.

I Norge ble det i 1999 utført FoU for 20,2 mrd. kroner. Dette utgjør 1,70 prosent av BNP og er langt under målet om at Norges innsats skal være på nivå med OECD-gjennomsnittet (2,21 prosent) i 2005. Til sammenligning var FoU-andelen i Sverige 3,8 prosent av BNP i 1997. Næringslivets kostnader til egen FoU utgjorde 9,4 mrd. kroner i 1999, m.a.o. foregår litt under halvparten av all FoU i Norge i næringslivet. Til sammenligning var denne andelen i Sverige, Japan og Tyskland på rundt 70 prosent (1997-tall). Dette tyder på at et generelt hovedproblem er at det er for lite FoU i norsk næringsliv.

### **Mest utvikling og lite forskning i IKT-næringen sammenlignet med næringslivet ellers**

IKT-næringen bruker mye på FoU, men størsteparten av midlene går til utvikling. Det er ikke uvanlig at 50-60 prosent av omsetningen i en programvarebedrift går til produktutvikling. 12 prosent, totalt 381 mill. kroner, går til anvendt forskning og 1 prosent, dvs. 41 mill. kroner, går til mer langsiktig grunnforskning. Forskningsandelen i næringslivet totalt var i 1999 det dobbelte av IKT-næringen, 22 prosent til anvendt forskning og 2 prosent til grunnforskning.

### **IKT-næringen kjøper lite FoU fra forskningsinstitutter, universiteter og høyskoler**

Mens næringslivets innkjøpte FoU utgjør halvparten av egenutført FoU, utgjør IKT-næringens innkjøpte FoU en femtedel av egenutførte FoU. Her skiller imidlertid telekommunikasjoner seg ut og innkjøpt utgjør halvparten. IKT-bedrifter bruker altså i større grad egne ressurser til FoU-aktiviteten, med unntak av telekommunikasjoner. IKT-næringen kjøper totalt mindre enn 10 prosent av sin FoU hos forskningsinstitutter, universiteter og høyskoler, mens næringslivet totalt kjøper mer enn 20 prosent av sin FoU fra institutter, universiteter og høyskoler. Tallene fra SSB/Forskningsrådet underbygger det Reve et.al.<sup>12</sup> har påpekt: at IKT-næringen har mindre kontakt med forskningsmiljøene enn andre næringer.

Den nye ordningen for Forskning og Utvikling i et Nyskapende Næringsliv (FUNN-ordningen) som ble iverksatt fra 1. juli 2001 har som mål å støtte samarbeidsprosjekter mellom bedrifter og FoU-miljøer. For 2001 er det bevilget 200 mill.kroner til ordningen. Bedrifter som kjøper FoU-tjenester fra en FoU-institusjon kan få dekket inntil 25 prosent av FoU-

<sup>10</sup> Kilde: Statistisk sentralbyrås/Forskningsrådets FoU-statistikk 1999 (januar 2001)

<sup>11</sup> Næringskodene som er tatt med er deler av elektroteknisk/optisk industri (NACE 30 og 32), telekommunikasjoner og databehandling. Førstnevnte tilhører industrien mens de to sistnevnte inngår i tjenestesektoren.

<sup>12</sup> Reve et. al: Et verdiskapende Norge, Universitetsforlaget, januar 2001 og Øystein D. Fjeldstad, Espen Andersen og Marie Bergljot Viken: Verdiskaping og internasjonal konkurransedyktighet i norsk IKT-sektor, BI Forskningsrapport Nr 11 – 2000.

kostnadene. Støtten er begrenset oppad til 1 mill.kr. Det er for tidlig å trekke noen konklusjoner mhp hvilke effekter ordningen har i forhold til IKT-bedrifter.

### **Innovasjonssystemet er dårlig tilpasset IKT-næringen**

Også andre undersøkelser<sup>13</sup> viser at IKT-næringen har lite kontakt med forsknings- og innovasjonssystemet sammenlignet med andre næringer. Samtidig er IKT-næringen svært FoU-intensiv. Dette er et paradoks. Det er en utfordring å avdekke årsakene og å identifisere mulige tiltak på universitetene, forskningsinstituttene og i virkemiddelapparatet, for å endre dette.

En observasjon basert på en studie av det norske innovasjonssystemet generelt er at det norske innovasjonssystemet ser ut til å favorisere tradisjonelle bedrifter, mens de nye innovative bedriftene som har stor grad av FoU i liten grad får hjelp av innovasjonssystemet. Disse søker i stedet ut til internasjonale miljøer. Dette kan indikere et systemproblem (Narula).

Hovedfunnet i en undersøkelse av innovasjonssystemet til den norske programvareindustrien var at de viktigste kunnskapskildene finnes i bedriftene og i markedet, mens det er minimal interaksjon innad i bransjen, med innovasjonssystemet og det offentlige virkemiddelapparatet sammenlignet med andre næringer (Wibe). Programvarebedriftene har stor fokus på de ansatte og har erkjent at kunnskapsoverføring krever en sosial kontekst. Læringsprosessene i bedriftene er i stor grad basert på intern opplæring. I tillegg brukes rekruttering til kompetanseoppbygging. Mange ansatte inngår i uformelle nettverk i bransjen. Disse er viktige fordi de gjør det lettere å henge med i den raske utviklingen. I bedriftenes vurdering av de viktigste kildene til kunnskapsoppbygging kommer det frem at egne ansatte er nesten uunnværlige. Deretter kommer intern opplæring og rekruttering som også er viktig. Utdanningssektoren er middels viktig, bortsett fra at den produserer kandidater som kan plukkes opp.

Programvarebedrifter i IKT-næringen virker lite integrert i innovasjonssystemet. Innovasjonssystemet har generelt mer fokus på tradisjonell industri enn IKT, mer fokus på bedriftsetablering enn infrastruktur for å bistå bedrifter i kunnskapsutviklingen og mer fokus på den hjemlige arena enn på internasjonalisering. Dette bidrar nok til at programvarebedrifter i Norge søker alternativer til det offentlige forsknings- og innovasjonssystemet (Wibe).

### **Ansvar og roller innenfor IKT-forskningen**

- Myndighetene er hovedansvarlige for den langsiktige grunnleggende IKT-forskningen. Universitetene og høgskolene er hovedarenaen for denne forskningen som skaper et reservoar av nye idéer og kunnskapsrike mennesker.
- Myndighetene og næringslivet har et felles ansvar for den anvendte forskningen som har en noe kortere horisont. Forskningsinstituttene sammen med næringslivet er hovedarena for denne type forskning.
- Bedriftene er hovedansvarlig for den kortsiktige forskningen og utvikling av nye produkter og tjenester. Hovedarenaen er bedriftenes FoU-miljøer.

### **Den raske ekspansjonen i IKT-utdanningen er ikke fulgt opp med nødvendige midler**

På universiteter og høgskoler har det de siste årene vært rekordeksponjon i studenttall innenfor IKT, men budsjettene er trange. 20 prosent av lærerstillingene i IKT-fagene står ledige fordi de økonomiske og faglige betingelsene ikke er gode nok. 30 studenter pr. lærer er ikke

<sup>13</sup> Professor Øystein Fjeldstad, BI, professor Rajnesh Narula, BI/TIK-senteret UiO og stipendiat Mona Domaas Wibe, TIK-senteret UiO

uvanlig, mens det internasjonalt er vanlig med 10 studenter pr. lærer. Det er med andre ord en stor underdekning på personellsiden, noe som medfører at undervisning prioriteres, mens forskning, forskerrekruttering og kontakt med eksterne fagmiljøer og IKT-bedriftene blir skadelidende. En årsak til underkapasiteten innenfor IKT-forskningen er at den offentlige finansieringen ikke har fulgt den raske utvikling i IKT-næringen, og ikke har stått i samsvar med økningen i studentopptaket.

### **Halvparten av Forskningsrådets IKT-midler går til innovasjoner i næringslivet**

Forskningen ved universitetene og høyskolene er i hovedsak finansiert via grunnbevilgningene fra Kirke- utdannings- og forskningsdepartementet, men med tillegg fra Forskningsrådet. Instituttene får sin forskning i hovedsak finansiert fra oppdrag, men får også noe finansiering fra Forskningsrådet, bla. grunnbevilgninger som utgjør om lag 4-5 prosent av instituttens finansiering. Forskningsrådets innsats på IKT-området var i 2000 på 334 mill. kr. Dette utgjør 11 prosent av Forskningsrådets totale bevilgninger. I tillegg kommer grunnbevilgningene fra KUF til de respektive lærestedene. Til sammenligning har 25 prosent av midlene i EUs rammeprogram gått til IKT-forskning. I det planlagte 6. rammeprogram som starter i 2002 er det foreslått at 30 prosent av budsjettene gå til Information Society Technologies og Nanotechnology.

Innovasjoner i næringslivet får nesten halvparten av Forskningsrådets bevilgninger til IKT-forskning. Disse går til satsinger på tjenesteyting, produktutvikling og økt konkurransekraft. Strategiske satsingsområder får om lag en fjerdedel av midlene og er fordelt på programvare, netteknologi og distribuerte systemer, teknisk programvare, mikroteknologi, medisin og helsetjenester og samfunn og kultur. I 2000 bevilget Forskningsrådet omlag 100 mill.kr til grunnleggende IKT-forskning.

### **Halvparten av forskningsgruppene innenfor IKT er på akseptabelt internasjonalt nivå**

Antallet faste vitenskapelige stillinger i "basis IKT" fagområder ved norske universiteter og høyskoler er samlet ca 200 (førstemanuensis og høyere), med et tilsvarende antall stipendiattstillinger. NTNU har det største miljøet, med knapt 50 prosent av stillingene. NTNU utdanner ca 60 prosent av IKT-kandidatene på siv.ing./hovedfagsnivå, som på landsbasis er på nær 500 kandidater per år. Innenfor instituttsektoren er det ca 300 forskerstillinger knyttet til anvendt IKT-forskning. Et lignende antall instituttforskere er i hovedsak engasjert i tverrfaglige IKT-prosjekter rettet mot bestemte anvendelsesområder.

Det er totalt mellom 50 og 60 forskningsgrupper<sup>14</sup> innenfor basis IKT på universitetene, jf. tabell 2.2. I tillegg kommer om lag 10 tverrfaglige forskningsgrupper<sup>15</sup>. Det er også sterke faggrupper innenfor basis, anvendt og tverrfaglig IKT ved flere av høyskolene, med forskning og undervisning på høyt nivå. For å få et bilde av forskningen innenfor basis IKT, har IKT-forum kartlagt forskningsgruppene på universitetene. Om lag halvparten anses for å være på akseptabelt internasjonalt nivå. I enkelte tilfeller er det hele gruppen, mens i andre tilfeller er det enkeltforskere som holder internasjonalt nivå. Det er ikke foretatt en like inngående kartlegging av høyskolemiljøene. For basis IKT-forskning (informatikk) har Forskningsrådet satt i gang en uavhengig evaluering, men resultatene fra denne foreligger ikke før i år 2002.

IKT-forum har også foretatt en enkel kartlegging av instituttmiljøene innenfor IKT der de sentrale miljøene er Norsk Regnesentral, SINTEF, Christian Michelsen Research, NORUT-

<sup>14</sup> Fordi forskningen ikke er organisert i forskningsgrupper ved alle universitetene (og høyskolene med hovedfags-/siv.ing.utdanning) foreligger det ikke noe eksakt antall forskningsgrupper, tallet er et anslag.

<sup>15</sup> Eksempler på miljøer med slike forskningsgrupper er Humanistisk informatikk, UiB, Intermedia, UiO/UiB, Institutt for rettsinformatikk, UiO, Institutt for medier og kommunikasjon, UiO, Senter for teknologi og samfunn, NTNU, Senter for teknologi, innovasjon og kultur, UiO, Forvaltningsinformatikk, UiO

IT. I tillegg kommer bl.a. Institutt for energiteknikk i Halden og Forsvarets forskningsinstitutt. Underlaget var imidlertid ikke tilstrekkelig til å trekke en klar konklusjon, men vi finner flere tunge fagmiljøer i instituttsektoren.

Grupper innenfor tverrfaglig IKT-forskning ved universitetene er ikke vurdert like inngående, men etter IKT-forums mening anses flere av disse gruppene å være på akseptabelt internasjonalt nivå. Forskningsrådets SKIKT-program som har sitt siste år i 2002, er i ferd med å oppsummere resultatene av satsingen og vil i den forbindelse foreta en gjennomgang og vurdering av utviklingen i de forskningsgrupper og miljøer som har fått støtte.

**Forskningsgrupper på internasjonalt nivå dekker brede fagområder innenfor basis IKT**  
IKT-forum har kategorisert forskningsgruppene innenfor basis IKT iht tre store temaområder som er sentrale i faget: Informasjonsforvaltning, brukergrensesnitt og programvareteknologi, Kommunikasjonsteknologi og infrastruktur og Mikroteknologi- og mikrosystemer. Kartleggingen viser at basis IKT-miljøene i Norge dekker disse områdene med forskningsgrupper på internasjonalt nivå.

*Informasjonsforvaltning, brukergrensesnitt og programvareteknologi* er det mest omfattende området innenfor basis IKT med flest forskningsgrupper og de lengste tradisjonene. Samtlige universiteter har betydelig aktivitet. De største og bredeste miljøene er ved NTNU (Institutt for datateknikk og informasjonsvitenskap) og ved UiO (Institutt for informatikk), mens UiB (både ved Institutt for informatikk og Institutt for informasjonsvitenskap) og UiTø har mer spesialiserte miljøer innenfor dette brede feltet. Norsk programvarerelatert forskning er internasjonalt anerkjent innenfor flere områder, blant annet innenfor objektorientert programmering, informasjonssystemer og databaseteknikk.

I instituttsektoren finner vi de største miljøene ved SINTEF Tele og data, SINTEF Anvendt matematikk og Norsk Regnesentral. Institutt for energiteknikk i Halden har en gruppe med særlig fokus på energisektoren samt avanserte styrings- og kontrollsystemer.

*Kommunikasjonsteknologi og infrastruktur* omfatter kommunikasjonsteknologier og tilhørende nettverksprotokoller og programvareplattformer (mellomvare) for å bygge store og omfattende informasjonsintensive infrastrukturer. Her møtes både teleforskningen med lange tradisjoner, forskning på digital kommunikasjonsteknologi og forskningen på datanett og Internett, som raskt har vokst til et stort og omfattende felt. NTNU (Institutt for teleteknikk og Institutt for telematikk) har det største universitetsmiljøet. Det er også et bredt fagmiljø ved UiO og UiTø med fokus på distribuerte systemer, og mer spesialiserte grupper ved UiB. Generelt sett har det norske fagmiljøet et god internasjonalt renommé, og det har gjort seg positivt bemerket i internasjonalt FoU-samarbeid i EUs Rammeprogram og European Space Agency.

SINTEF Tele og Data og Norsk Regnesentral er de ledende miljøene i instituttsektoren, men også NORUT IT er faglig profilert på området. Noen sterke forskningsmiljøer i kvalitet og volum finnes også utenfor universitets- og instituttsektoren i Telenor FoU og Nera Research.

*Mikroteknologi, mikrosystemer og nanoteknologi* er det tredje temaområdet. I 1999 ble en felles nasjonal satsing på intensivert forskning og utdanning innenfor mikrosystemteknologi etablert med SINTEF Elektronikk og kybernetikk, UiO (Fysisk institutt og Institutt for informatikk), NTNU (Institutt for Fysikalsk elektronikk) og Forskningsrådet som sentrale aktører. Dette fagområdet har stor strategisk betydning for videre industriell vekst innenfor mikro- og nanosystemer og elektronikkindustrien i Norge.

Den delen av miljøet som orienterer seg mot mikrosystemer, har innledet et tett faglig samarbeid gjennom planene for Norwegian Microtechnology Centre (NMC). I en internasjonal vurdering høsten 1998 ble fagmiljøet og forskningsplanene for NMC bedømt til å være på godt internasjonalt nivå.

Også Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har betydelig forskningsaktivitet innenfor IKT, og samarbeider med forskningsgrupper innenfor disse områdene. Instituttet er i ferd med å orientere seg sterkere mot sivil teknologiutvikling.

### Satsing på kvalitet i forskningen

Sentre for fremragende forskning (SFF) er et nytt virkemiddel for å fremme kvalitet i norsk forskning generelt. Status som SFF tildeles etter søknad. Første søknadsrunde gjennomføres av Forskningsrådet i 2001 og forventes å etablere om lag 10 sentre. Det er ikke klart i skrivende stund om noen av disse vil bli innenfor IKT

Etter forslag fra Regjeringen vedtok Stortinget høsten 2000 etablering av et forskningssenter, Simula-senteret, innenfor det kommende it- og kunnskapscenteret på Fornebu. Simula-senteret skal drive grunnleggende langsiktig forskning innenfor utvalgte IKT-tema, inklusive teknisk programvare, programvarekonstruksjon (software engineering), og distribuerte systemer/kommunikasjon. Senteret vil bli evaluert etter 5 år med tanke på status som SFF.

Tabell 2.2 Oversikt over basis IKT-forskningsgrupper ved universitetene på internasjonalt nivå pr. mars 2001

	NTNU	UiB	UiO	UiTø
<b>Informasjonsforvaltning, brukergrensesnitt og programvareteknologi</b>				
Databaser, algoritmer, programmerings-språk m.v.	Databaser Algoritme-konstruksjon Kunnskaps-systemer Evolusjonære datamaskiner og beregninger	Algoritmer og kompleksitet	Presis modellering og analyse av pålitelige systemer Distribuert multimedia datahåndtering	
Systemutvikling	Store program-systemer Informasjons-systemer	Utvikling av informasjonssystemer Programutviklingsteknologi	Industriell systemutvikling Systemarbeid	
Numerisk analyse	Numerikk	Numerisk analyse Optimering	Numerisk analyse Teknisk programvare	
Annet	Menneske-maskin-grensesnitt Tale-teknologi	Bioinformatikk	Signalbehandling	
<b>Kommunikasjonsteknologi og infrastruktur</b>				
	Tjenestekvalitet Digital kommunikasjon Sanntids innebygde distribuerte styresystemer	Kodeteori og kryptologi	Kommunikasjonssystemer	Distribuert databehandling
<b>Mikroteknologi, mikrosystemer og nanoteknologi</b>				
	Mikroteknologi Bioinformatikk		Mikroelektronikk	

**IKT-forskningen og IKT-næringen bør samarbeide bedre**

IKT-forskningen og IKT-næringen har svært ulike utgangspunkter for sin virksomhet. Dette skaper utfordringer i arbeidet med å få til et konstruktivt samspill. Mens IKT-bedrifter på sin side ønsker kandidater som kan dekke deres aktuelle behov og derfor gjerne ønsker undervisning i forhold til sine kortsiktige behov, har universitetene som mål å gi kandidatene robust kunnskap i IKT-fagets grunnlag og i hvordan denne basiskunnskapen kan anvendes. Fordi en stor del av virksomheten ved universitetene er knyttet til forskning, har de mulighet til å føre studentene helt frem til forskningsfronten i faget.

Kontakten mellom IKT-forskningen og –næringen skjer på mange måter. For det første har bedriftene kontakt i forbindelse med rekruttering av nyutdannede kandidater. For det andre har en del bedrifter forsknings- og utviklingssamarbeid med forskningsgrupper på universitetene. En tredje form for kontakt er knyttet til case-studier i bedriftene og hovedfags- og diplomoppgaver i IKT-bedrifter. Det offentlige virkemiddelapparatet og særlig Forskningsrådet kan bidra til å skape økt kontakt, forståelse og samarbeid om felles prosjekter.

En del IKT-bedrifter har mye og direkte kontakt med forskningsinstitutter og IKT-forskningsgrupper. Noen av disse er kjennetegnet ved at de er relativt store og har egne forsknings- og utviklingsgrupper som gjør at de blir en interessant og likeverdig samarbeidspartner for forskningsgruppene. Kartleggingen av IKT-forskningen ved universitetene viser at enkelte miljøer har og har hatt mange forskningsprosjekter i samarbeid med IKT-næringen. I tillegg er en del bedrifter etablert med direkte utspring i forskningsresultater. De mest kjente er Fast Search and Transfer, Clustra, IceSoft (nå en del av WindRiver) og ACT (nå en del av Birdstep).

**Norge har et godt grunnlag for å øke satsingen innenfor IKT-forskning**

IKT-forum mener det er et solid grunnlag for økt satsing på forskning innenfor IKT i Norge. Det er allerede forskningsmiljøer på de sentrale temaområdene innenfor basis IKT, og til dels betydelig aktivitet innenfor noen av områdene. Det er sterke tverrfaglige IKT-miljøer og solide faggrupper i instituttsektoren. Norske miljøer har vist at de er i stand til å få frem gode kandidater med små ressurser. Hovedproblemet er at IKT-forskningen er underfinansiert, at doktorgradstettheten<sup>16</sup> er for lav og at samspillet mellom IKT-forskningen og IKT-næringen ikke er velutviklet. Kandidatene på hovedfags-/siv.ingnivå og dr.gradsnivå er svært attraktive for næringslivet, og de beste kandidatene, som man gjerne skulle rekruttert inn i forskerstillinger, forlater ofte universitetene. Dessverre forlater også mange studiet før avsluttende eksamen.

FoU-intensiteten i IKT-næringen stiller høye krav til kompetanse og fagmiljøer. En fortsatt vekst og utvikling i IKT-næringen forutsetter høy kvalitet, tilstrekkelig kapasitet og bredde på IKT-utdanningen og –forskningen. Samfunnets og næringslivets avhengighet av robuste IKT-løsninger øker behovet for forskning og kunnskapsutvikling. Den kompetanse som allerede finnes blir ikke borte, selv om enkelte selskaper forsvinner. Vi har tidligere sett at IKT-kompetansen raskt hentes inn i andre bedrifter og blir basis for ny utvikling og vekst. Den kortsiktige negative utviklingen vi i dag ser i deler av IKT-næringen må derfor ikke hindre oss i å legge langsiktige strategier for IKT-forskningen i Norge, snarere tvert imot.

<sup>16</sup> Andel uteksaminerte hovedfagskandidater som går videre og tar en dr.grad

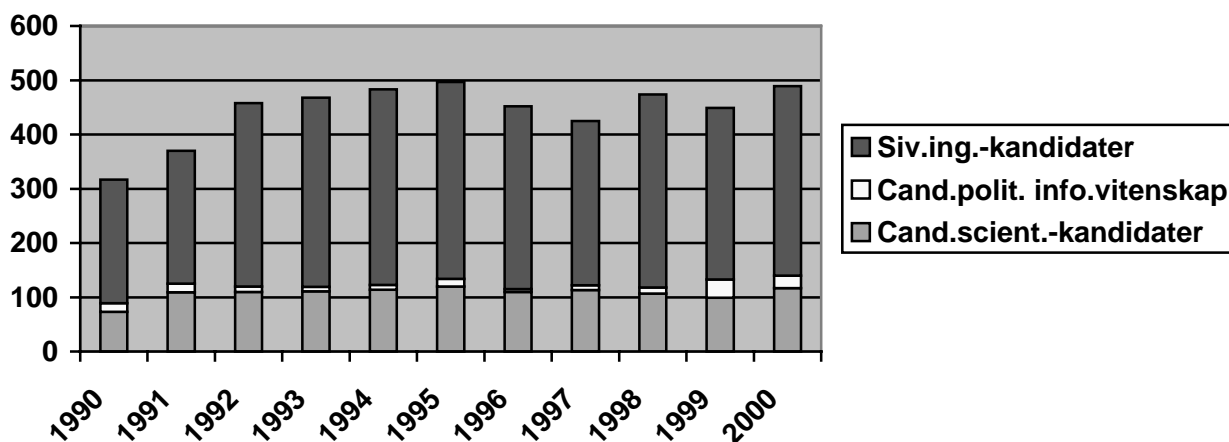
## 2.3 IKT-utdanningen på høyere nivå i Norge

Antall uteksaminerte kandidater på hovedfags-/siv.ing-nivå har vært relativt stabilt gjennom mesteparten av perioden med en topp rundt midten av 1990-tallet og en ny topp mot slutten av tiåret. I 1998 ble opptaket trappet vesentlig opp, men dette er ennå ikke gjenspeilet i statistikken over uteksaminerte kandidater. Effekten vil først vise seg fra 2003 og utover. NTNU er det klart største lærestedet, med UiO på neste plass. Det gis undervisning i informatikk ved alle universitetene. Det er siv.ing.-utdannelse ved NTNU, universitetene i Oslo og Tromsø samt ved høgskolene i Agder, Stavanger og i Narvik.

Tabell 2.3 Uteksaminerte hovedfags- og siv.ing-kandidater i IKT 1990-2000.<sup>17</sup>

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Sum
<b>Cand.scient.-kandidater</b>												
Informatikk,UiO	59	82	77	80	76	89	72	81	69	76	66	827
Informatikk,UiB	5	13	19	18	19	15	20	14	18	13	22	176
Informatikk,NTNU	1	5	7	7	11	13	17	10	15	10	26	122
Informatikk,UiTø	8	8	7	6	8	2	3	8	5	1	4	60
<b>Sum Informatikk</b>	<b>73</b>	<b>108</b>	<b>110</b>	<b>111</b>	<b>114</b>	<b>119</b>	<b>112</b>	<b>113</b>	<b>107</b>	<b>100</b>	<b>118</b>	<b>1185</b>
<b>Siv.ing.-kandidater</b>												
Datateknikk/Telematikk NTN	66	100	89	112	114	114	85	100	113	98	142	1133
Teknisk kybernetikk,NTNU	65	43	88	74	68	81	60	49	66	43	37	674
Elektronikk,NTNU	84	72	124	115	138	102	111	100	124	92	85	1147
Informatikk,UiO	0	9	4	3	0	1	5	4	2	7	2	37
Informatikk,UiTø	0	10	12	11	11	8	10	5	11	10	14	102
Datateknikk,HiStavanger	13	11	21	34	29	36	44	25	26	46	40	325
Datateknikk, HiNarvik						21	22	20	14	4		81
Telematikk,HiAgder										16	29	45
<b>Sum Siv.ing IKT-fag</b>	<b>228</b>	<b>245</b>	<b>338</b>	<b>349</b>	<b>360</b>	<b>363</b>	<b>337</b>	<b>303</b>	<b>356</b>	<b>316</b>	<b>349</b>	<b>3544</b>
<b>Cand.polit-kandidater</b>												
Info.vitenskap, UiB	16	16	10	8	9	14	5	9	11	34	23	155
<b>IKT hovedfag-/siv.ing</b>	<b>317</b>	<b>369</b>	<b>458</b>	<b>468</b>	<b>483</b>	<b>496</b>	<b>454</b>	<b>425</b>	<b>474</b>	<b>450</b>	<b>490</b>	<b>4884</b>

Figur 2.1 Antall uteksaminerte kandidater på hovedfags-/siv.ing-nivå 1990-2000 i Norge



<sup>17</sup> Kilde: Reidar Conradi, NTNU / SSB

Om lag en fjerdedel av kandidatene er uteksaminert med cand.scientgrad, mens de øvrige er siv.ing.kandidater. Totalt ble det i løpet av 1990-tallet uteksaminert nesten 5000 kandidater på hovedfags-/siv.ing-nivå i Norge.

Den opptrappingen som er iverksatt, og det økte fokus på behovet for høyt utdannede IKT-kandidater tilsier at det i neste tiårsperiode, 2001-2010, bør uteksamineres en god del flere kandidater enn foregående tiårsperiode. Dette vil også bidra til å øke det formelle kompetansenivået på ansatte i IKT-næringen. Behovet for og etterspørselen etter gode kandidater med utdannelse ventes ikke å avta fremover.

Tabell 2.4 Uteksaminerte dr.scient- dr.ing- og cand.polit kandidater i IKT 1990-2000.<sup>18</sup>

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Sum
<b>Dr.scient</b>												
Informatikk,UiO	2	6	4	4	3	9	4	15	11	7	3	68
Informatikk,UiB	2	2	5	5	2	3	4	1	4	0	9	37
Informatikk,NTNU	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	4
Informatikk,UiTø	0	1	1	1	0	1	0	2	0	1	0	7
<b>Informatikk,sum</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>116</b>
<b>Dr.ing</b>												
Datateknikk,NTNU	5	3	3	11	1	5	6	9	3	2	4	52
Telematikk,NTNU	2	1	0	0	1	2	2	2	5	1	2	18
Data/Telem.,NTNU	7	4	3	11	2	7	8	11	8	3	6	70
Tekn.Kyb.,NTNU	2	7	9	10	8	9	11	5	8	5	5	81
Elektronikk,NTNU	9	10	8	5	9	6	15	11	6	3	15	97
<b>IKT-fag,NTNU</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>37</b>	<b>21</b>	<b>29</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>32</b>	<b>318</b>
<b>Dr.polit</b>												
Info.vitenskap, UiB	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	4
<b>Dr.grader IKT totalt</b>	<b>29</b>	<b>34</b>	<b>33</b>	<b>48</b>	<b>26</b>	<b>42</b>	<b>51</b>	<b>56</b>	<b>48</b>	<b>23</b>	<b>46</b>	<b>438</b>

I løpet av 1990-tallet ble det uteksaminert 440 dr.gradskandidater innenfor IKT. Dette utgjør 9 prosent av de uteksaminerte hovedfagskandidatene i IKT. UiB har hatt en betydelig produksjon av dr.kandidater i forhold til antall hovedfagskandidater. I hele 10-årsperioden sett under ett har hver fjerde hovedfagskandidat gått videre og tatt en doktorgrad.

En opptrapping innenfor IKT-forskninger og en vekst i dr.gradstettheten fra dagens nivå på om lag 9 prosent til det som er vanlig i andre fag, tilsier at det må uteksamineres vesentlig flere i den kommende tiårsperioden frem mot 2010 enn hittil. Det er her viktig å ha realistiske mål. Men dersom antall uteksaminerte hovedfagskandidater øker opp mot 7-8000 for hele tiårs-perioden og man får en økning opp til 15-20 prosent dr.gradstetthet, burde det være mulig å uteksaminere 1000-1200 dr.gradskandidater innenfor IKT i perioden frem mot 2010.

<sup>18</sup> Kilde: Reidar Conradi, NTNU

### 3. Norges utfordringer og muligheter

I det følgende presenteres en del av de muligheter og utfordringer Norge, norsk IKT-næring, brukermiljøer, samfunnet og IKT-forskningen står overfor, og som vil peke frem mot temaområder som bør prioriteres fremover.

#### **IKT er en hoveddrivkraft for nyskaping, effektivisering og omstrukturering i næringsliv og i offentlig sektor.**

Anvendelse av IKT vil være avgjørende for å opprettholde og forbedre konkurransekraften i alle bransjer og sektorer. I første rekke gjelder dette organisering av produksjons- og forretningsprosesser. Men det gjelder også IKT i en videre forstand enn som ”tradisjonelle” informasjons-, transaksjons- og styringsystemer, siden produkter fra de forskjellige bransjer etter hvert får innebygget ”intelligens” og kommunikasjonsfunksjonalitet. Stikkord som *elektronisk forretningsdrift* og *netthandel* betegner et sterkt voksende marked for tjenester som bidrar til at leveranse av produkter i økende grad kobles til ulike former for tjenesteyting. Dette bidrar også til å knytte bedrifter tettere sammen gjennom elektronisk samhandling og deling av informasjon. Konvergensutviklingen fører IKT-næringen sammen med medie- og innholdsprodusenter, som er storbrukere av systemer for produksjon og formidling av digitalt innhold via digitale nett og medier. Interaktive multimediatjenester vil gradvis overta plassen til tradisjonelle fjernsynsmedier. Fremveksten av bredbånd innholdsformidling skaper behov for kunnskap om hensiktsmessige forretningsmodeller samtidig som det er behov for å fornye infrastrukturen i alle ledd. IKT-anvendelser veves inn i prosesser overalt.

#### **Gode brukervennlige og innovative IKT-anvendelser forutsetter gode basiskunnskaper i IKT og pålitelige løsninger**

Det er et ofte uttalt mål at Norge skal være gode på anvendelse av IKT innen utvalgte områder, særlig der vi har krevende brukermiljøer (f.eks. maritim sektor, sjømat og energi). Imidlertid kan Norge neppe bli ledende på anvendelser av IKT uten at vi har gode kunnskaper innenfor basis IKT. Innovative anvendelser handler ofte om å se hvordan nye resultater fra IKT-forskningen kan benyttes til løse problemer i samfunnet på en ny og bedre måte. Det handler også om å utforme løsninger som er så robuste at de kan benyttes i forretnings- og samfunns-kritiske prosesser og infrastrukturer. Dette vil kunne gi viktige næringer i Norge et konkurransefortrinn. En utfordring for Norge er å skape en arena der innovative anvendelser utvikles i samspill mellom ulike fagområder (tverrfaglighet) og i samspill mellom ledende innovative IKT-bedrifter og avanserte brukermiljøer. Samfunnets avhengighet av hensiktsmessige og pålitelige IKT-systemer krever inngående kunnskap om hvordan slike systemer skal utvikles. IKT-prosjekter overskrider stadig tids- og kostnadsrammer, og de ferdige systemene inneholder ofte feil som kan ha svært alvorlige konsekvenser.

#### **IKT er fundamentet for informasjonssamfunnets infrastruktur**

IKT er en del av samfunnets infrastruktur, både for kommunikasjon, der telesektoren er den mest fremtredende, men også i form av støtte og basis for informasjonsintensive infrastrukturer som elektrisitetsforsyning, luftfart m.v. Robuste informasjonsinfrastrukturer og god håndtering av sikkerhet er avgjørende for at samfunnet skal fungere. Fortsatt er det store utfordringer, behov for ny kunnskap og nye teknologiske løsninger for å møte samfunnets behov og for videreutvikling i denne delen av IKT-næringen.

Norge har tidligere markert seg gjennom viktige forskningsresultater innenfor digital radio-kommunikasjon, mobilnett og satelittkommunikasjon, bl.a. var det norske forskere som stod bak spesifikasjonene som ble lagt til grunn for GSM-standarden. Vårt langstrakte land og krevende geografi har gitt Norge tunge miljøer innenfor radiokommunikasjon, både i IKT-næringen og i forskningsmiljøene. Behovene knyttet til oljevirkosomhet og skipsfart har også bidratt til dette. Dette er et område der vi allerede har kompetanse og erfaring som bør trekkes på når fremtidige generasjoner av mobile løsninger utformes. Men dersom Norge skal være med når grunnlaget for fremtidens infrastrukturer for mobil bredbåndskommunikasjon legges, må det satses nå.

Bredbånd og mobilitet vil være to viktige egenskaper ved den fremtidige infrastrukturen. Mobilitet gir brukeren tilgang til sine tjenester og applikasjoner der brukeren til enhver tid er; med de terminaler som er for hånden, på tvers av ulike typer nettverk og i samsvar med personlige preferanser. Mobilt Internett gir tilgang til eksisterende og helt nye tjenester på Internett som er spesielt tilpasset mobile brukere, som for eksempel posisjonsbaserte tjenester. Mobilt Internett har en mengde anvendelsesområder i arbeidslivet. Særlig der medarbeiderne er mobile (helse, transport, vedlikehold, salg osv) er det et utall av anvendelser ("just in time" læring, -trening, -bestilling, -oppdatering etc), men også i mer tradisjonelle yrker vil Mobilt Internett være nyttig (i møter, på kurs, på reiser osv). På den private arena er kanskje spill, underholdning og undervisning de anvendelsene man vil se først. Bredbånd gir brukeren mulighet for å sende og motta multimedieinnhold. Også her er anvendelsesområdene mange; innen både læring, helse, elektroniske konferanser, distribuert prosjektsamarbeid, digital kringkasting, virtuelle omgivelser, interaktive tjenester, e-handel osv.

### **Vi trenger innhold i de nye digitale mediene basert på norsk kultur og norsk språk**

Multimedia gir oss en helt unik måte å bevare vår kulturarv på. Samtidig er man i ferd med å utvikle en fullstendig ny medieform, noe som gir mulighet for å utvikle nye genrer og en ny type kultur. Multimedieinnhold vil være viktig i utformingen av fremtidens lærings- og opplæringsformer, medisinske anvendelser, samarbeids- og kommunikasjonsverktøy osv. Til nå er det de store landene og språkene som har dominert innholdet i de digitale mediene. Men vi må også markere oss, ved å ha god kunnskap og en solid basis i våre multimedievirkosomheter, slik at innhold med utgangspunkt i norsk kultur og på norske målformer også blir tilgjengelig digitalt.

EUs "eContent" program har som mål "å skape bedre forhold for kommersialisering, distribusjon og bruk av europeisk digitalt innhold i globale nettverk". Man mener dette vil stimulere økonomisk aktivitet og fremme sysselsetting. I programmet legges det vekt på tiltak som oppmuntrer små og mellomstore bedrifter til å ta del i utviklingen av informasjonssamfunnet. Blant spørsmålene som tas opp er hvordan innhold kan skapes og formidles gjennom flere av konvergensmediene, som for eksempel både TV, Web og DVD, og hvordan kombinasjonen av kanaler og enheter kan brukes til å skape nye formidlingsformer. Det inviteres også til forskning på hvordan det kan skapes nye tjenester som integrerer innhold, metainnhold og betaling for innhold. Norge har etablert et tilsvarende program for å understøtte utvikling av norsk digitalt innhold. Dette forskningsfeltet ligger i skjæringsflaten mellom flere fag, bl.a. medie-, språk-, film- og teatervitenskap som møter teknologi, interaksjonsdesign og formgivning, og krever tverrfaglig forskning og samarbeid.

### **Norge som laboratorium for Mobilt Internett og bredbåndskommunikasjon**

Norge har i utgangspunktet store muligheter med stor utbredelse av IKT-utstyr, og er et lite og oversiktlig land. Ny teknologi tas hurtig i bruk, og vi har etter hvert solid erfaring med å bruke IKT. Kombinert med politisk prioritering av infrastruktur tilpasset spredt bosetning gir dette gode muligheter for uttesting av nye typer tjenester, løsninger og teknologi innenfor både

bredbånd og mobilt Internett og gjennomføre storskala forsøk som kan være vanskelig å få til i andre land. Utfordringen er å utvikle innovative tjenester som folk vil bruke. Det vil være viktig å motivere brukergrupper, organisasjoner og bedrifter til å ta mobile tjenester og bredbånd i bruk. Gjennom pilotprosjekter kan brukere sammen med forskningsmiljøene finne og utvikle anvendelsesområdene, og prøve ut løsningene i praksis. Dette vil også kunne gi oss kunnskap om hvordan resultater fra IKT-forskningen kan brukes til å løse viktige problemer i samfunn og næringsliv. Innovative anvendelser som tas i bruk på hjemmebane, skaper muligheter for eksport av nyskapende tjenester internasjonalt.

Det er imidlertid vanskelig å forutsi hvordan anvendelsene blir og hva folk er villige til å betale for dem. For å forstå brukernes behov, vil brukerdrevet design i brukernes reelle brukssituasjoner og -omgivelser være viktig med et kreativt samspill mellom ulike fagdisipliner, som informatikere, industridesignere og samfunnsvitere. Det er nødvendig å benytte metoder og kunnskaper fra alle disiplinene og på sikt utvikle helt nye (tverrfaglige) forskningsfelt. Dette kan stimulere til tjenestemangfold og kreativitet.

### **Vi må se helhetlig på det IKT-faglige miljøet**

Det er behov for å bygge bro og styrke samspillet mellom fag- og forskningsmiljøer i IKT-næringen og ved universiteter, høyskoler og institutter. IKT-næringen står for en stor andel av Norges FoU innenfor IKT og innehar i enkelte tilfeller nasjonal spisskompetanse på sine områder. IKT-næringen er ikke i tilstrekkelig grad en integrert og selvfølgelig medspiller i forbindelse med planlegging og prioritering av IKT-forskningen og -utdanningen. Den klare påpekingen av svakheter i IKT-næringens forhold til forsknings- og innovasjonssystemet (Reve et.al, Narula, Wibe) er et viktig utgangspunkt for strategien for å forbedre samspillet mellom IKT-forskningen og IKT-næringen og å styrke næringen. Etter hvert som IKT-næringen har beveget seg oppover i verdikjeden har behovet for anvendt og tverrfaglig IKT-kunnskap om bruk og brukere, markeder og markedsutvikling, samfunnsmessige og kulturelle forutsetninger og konsekvenser av IKT økt. Topp teknologikompetanse er en forutsetning, men ikke tilstrekkelig. IKT-næringens utvikling og potensial er i seg selv en begrunnelse for økt satsing på IKT-forskning.

### **Norge må holde internasjonalt nivå og delta i den internasjonale IKT-forskningen for at norsk IKT-næring skal kunne hevde seg**

IKT-området er inne i en rivende utvikling, og det trengs ressurser dersom Norge skal henge med i den internasjonale IKT-forskningen og -utviklingen. Fordi Norge er et lite land, vil bare en liten del av den relevante og nødvendige kunnskapsmengden bli utviklet innenlands. Det er derfor viktig å bringe norsk IKT-forskning opp på et internasjonalt ledende nivå på spissede tema innen viktige områder av IKT, slik at vi kan delta internasjonalt som likeverdige («peers») i fora der utfordringer, muligheter og idéer diskuteres, og f.eks. inviteres til viktige workshops eller samarbeide med de beste internasjonalt. Det må også legges til rette for IKT-næringens deltakelse i samarbeid med ledende internasjonale forskningsmiljøer, bl.a. ledende amerikanske miljøer og gjennom det europeiske forskningssamarbeidet. Det er kun på denne måten vi som nasjon kan være i forkant av utviklingen og skaffe vår IKT-næring kunnskapsmessige konkurransefortrinn. Kunnskapsutviklingen er global. Mesteparten av IKT-forskningen skjer tross alt utenfor Norge.

### **For å sikre kunnskapsbasen for en fremtidsrettet IKT-utdanning må IKT-forskningen og forskerutdanningen prioriteres**

IKT-utdanningen produserer (program-)arkitektene som trengs for å utvikle programvare i verdensklasse, og er svært viktig for IKT-næringens verdiskapning, vekst og omsetning i årene fremover. Økt forskerrekuttering vil bidra til å øke undervisnings- og utdanningskapasiteten innenfor IKT da stipendiatene inngår i undervisningspersonellet. Den senere tids vekst i

studentopptak innenfor IKT-fagene er ikke i tilstrekkelig grad fulgt opp med bevilgninger for å øke lærerstaben. Dette vil om kort tid melde seg som et alvorlig problem. Det er viktig å få opp volumet av utdannede kandidater på hovedfags- og siv.ing-nivå. Da blir det viktig å øke antall ansatte og styrke finansieringen.

Dr.gradstettheten<sup>19</sup> innenfor IKT-fagene er vesentlig lavere enn i andre fag med tilsvarende samfunnsmessig betydning. For å komme opp på nivå med disse, må dr.gradsutdanningen trappes vesentlig opp. Det må gis mer ressurser til forskerrekrutteringen i form av post.doc-stipender og til utstyr og infrastruktur for å gjøre forskningen mer attraktiv. Universitetenes normale satser kan ikke møte de betingelser som næringslivet kan gi de beste kandidatene, og som man gjerne skulle rekruttert inn i forskerstillinger. Dette gjelder generelt innenfor IKT-forskningen, men varierer i praksis noe mellom universitetene.

### **Vi må prioritere kvalitet og satse mer på forskning som kan gi nye gjennombrudd**

Det er viktig for Norge å ha balanse mellom støtte til forskning basert på vekstområder vi observerer i dag (programstyrt forskning) og høyrisiko forskning som potensielt kan gi helt ny innsikt og kunnskap (fri forskning). Vekstområder er områder ledende universiteter i utlandet allerede arbeider mye med, og store IKT-selskaper er i gang med å utvikle produkter. Dersom vi bare støtter forskning innen etablerte områder vil vi stå i fare for kun å drive "etterforskning", dvs. marginalt forbedre resultater som allerede er oppnådd andre steder. For å identifisere vekstområder har andre land tatt i bruk regelmessige "foresight"-studier der IKT-næringen og IKT-forskningen i fellesskap definerer og prioriterer fokusområder.

Men identifisering av nye vekstområder tar tid og kan føre til at vi kommer for sent igang med satsning på nye viktige områder. Vi må derfor, parallelt med innhenting av oppdatert kunnskap om nye vekstområder og programstyrt forskning, satse på forskning som adresserer spørsmål utenom etablerte vekstområder. IKT-næringen preges av både evolusjonær kunnskapsutvikling og av kunnskaputvikling som bryter tvert med tidligere paradigmer. Det er derfor viktig også å lyse ut tilstrekkelig med frie midler og midler til brede områder og så la enten forskere med gode meritter få penger (jfr ordningen med Sentra For Fremragende forskning – SFF-ordningen) eller la internasjonale fageksperters evaluering få avgjøre hvilke prosjekter som får finansiering.

### **IKT-fagenes perspektiver på endringer med IKT må utnyttes bedre i samfunns-, forvaltnings- og næringsutvikling**

Utvikling av ny teknologi og nye grunnleggende IKT-verktøy skjer svært ofte i samarbeid mellom anvendelsesorienterte utviklingsmiljøer og avanserte brukere i næringslivet eller samfunnet for øvrig. Få andre fagområder har tilnærmedesvis like stor betydning for samfunnsutviklingen generelt og for den enkeltes hverdag. Forskning og kompetanseutvikling på IKT-feltet må derfor sees i nær sammenheng med øvrige samfunns- og næringsmessige prioriteringer. Miljøene innenfor IKT-næringen og IKT-forskningen besitter innsikt og kunnskap som i økende grad bør inviteres med når forslag til løsninger på store nærings- og samfunnsmessige utfordringer skal utredes. IKT-forskningen og IKT-næringen kan bidra med radikalt nye svar på grunnleggende problemer og utfordringer innenfor næringslivet og offentlig forvaltning. Dette vil også kunne reise nye faglige spørsmål som kan være utgangspunkt for forskning innenfor basis IKT og tverrfaglig IKT-forskning.

Noen av de store utfordringene vi står overfor i dag er knyttet til utviklingen av miljøet globalt, miljøovervåkning og klimaforskning, energiforvaltning og nye energikilder, og innenfor helse, medisin og bioteknologi. IKT-løsninger gir grunnlag for nye metoder og teknikker.

<sup>19</sup> Andel uteksaminerte hovedfagskandidater som går videre og tar en dr.grad.

Effektiv og innovativ bruk av IKT forenkler innsamling og bearbeiding av data. Omfattende datamodeller med forvaltning av store komplekse datamengder, effektiv spørring og søking, gir bedre analyser og muligheter for mer treffsikre prognoser. Et annet område er matvaresikkerhet, der IKT-løsninger for sporing av matvare fra produsent til forbruker er et virkemiddel for å skape større trygghet og kontroll med og innsyn i hva som gjøres med varene.

### **Behovet for tverrfaglig kunnskap øker når IKT-næringen beveger seg høyere opp i verdikjeden**

Økt utbredelse og bruk av IKT reiser nye forskningsspørsmål i skjæringsfeltet mellom teknologi, humaniora og samfunnsfag. Både forutsetninger for og konsekvenser av IKT står sentralt. Design bør vies særlig oppmerksomhet. Ved utforming av IKT-produkter og -tjenester kan tverrfaglig forskning gi viktig innsikt i forhold til utviklingsprosesser og strategier for kommersialisering og markedsutvikling. Design, språkteknologi, brukergrensesnitt, interaksjonsdesign m.v. er eksempler på utfordringer når produkter og tjenester skal utvikles og lanseres internasjonalt. I møte mellom basis IKT og andre fag oppstår muligheter som kan legge grunnlag for nye anvendelser, eller det reises problemstillinger som krever forskning med et flerfaglig perspektiv. I noen tilfeller har dette ledet til nye fag med en egen profil som bioinformatikk, medisinsk informatikk, humanistisk informatikk, forvaltningsinformatikk, samfunnsinformatikk, rettsinformatikk og læringsinformatikk. I andre tilfeller er IKT mer et utgangspunkt for nye problemstillinger, eksempelvis innenfor markedsanalyse, markedsføring, organisasjon, logistikk, kompetanseledelse, økonomi, sosiologi, medievitenskap m.v.

### **Det trengs mer IKT-forskning i IKT-næringen**

Det er mest utvikling og ikke mye forskning i IKT-næringen sammenlignet med andre næringer. Det er derfor en utfordring til alle IKT-bedrifter å engasjere seg mer direkte i kunnskapsutviklingen, gjerne i samarbeid med gode forskningsmiljøer. FUNN-ordningen er i høyeste grad aktuell for IKT-virksomheter, men også andre virkemidler, som hovedfags- og dr.gradskandidater i bedriften og deltakelse i professor II-ordninger, bør benyttes for å få til et godt samarbeid. En økt bevissthet i IKT-næringen om de ressurser og mulighetene som ligger i IKT-forskningen kan få IKT-næringen til å satse mer på forskningen og engasjere seg i samspill med universiteter, høgskoler og institutter. Siden forskningsaktivitet fører til utviklingsaktiviteter som normalt er 5-10 ganger større, ventes en økning i IKT-forskningen å medføre sterk vekst i utviklingsaktivitetene i næringslivet. Dette kan bli en stor utfordring for de delene av det offentlige virkemiddelapparatet som har utviklingsprosjekter som sitt område, bl.a. Statens nærings- og distriktsutviklingsfond, og disse bør ta høyde for dette i årene fremover.

### **Bedre kontakt mellom forskning, næring og kapital**

Norske forskningsmiljøer har idéer, og Norge har kapital. Hovedproblemet er ikke mangelen på gode idéer eller mangel på kapital, men at Norge i svært liten grad har investorer og investeringsmiljøer som systematisk følger med i norske forskningsmiljøer for å kommersialisere resultater og ideer fra disse miljøene. Det er også i noen utstrekning en utfordring for forskningsmiljøene å åpne seg for investorer og investeringsmiljøer, selv om dette i dag synes å være et mindre problem. Interessen fra næringsliv i norske forskningsmiljøer er i stor grad dominert ut fra behov for rekruttering og ikke innovasjon. Ofte har dette gjort mer skade enn gagn ("tar såkornet før det har spirt"). En utfordring for Norge er således å styrke kontakten mellom forskning, næring og kapital.

### **Finnes det områder der Norge har særlige fortrinn eller muligheter?**

En fremtidsrettet satsing på IKT-forskningen bør være en kombinasjon av satsing på nye områder og en videreføring der vi allerede har markert oss eller har særlige forutsetninger. Innenfor IKT-området har Norge, som nevnt foran, allerede markert seg innenfor digital radio-kommunikasjon, mobil- og satelittkommunikasjon med flere tunge fagmiljøer.

Norge har lang tradisjon for brukermedvirkning i IKT-utviklingsprosjekter, kjent under betegnelsen "the Scandinavian approach". Dette bør utnyttes til å skape avanserte ledende IKT-anvendelser innenfor områder der vi allerede har et fortrinn og avanserte, krevende brukermiljøer, f.eks. i marin sektor og energisektoren. Transport og logistikk er avgjørende pga Norges avstand til markedene. Dette gjelder for all eksportrettet næringsvirksomhet i Norge. Innenfor havbruk, der store mengder ferskvarer produseres og eksporteres, er utfordringene og kravene ekstra høye. Det er behov for systemer for bedre merking og sporing av matvarer som kan følge varene helt frem til forbrukeren.

Forskningsrådet har, i tillegg til IKT, valgt ut medisinsk og helsefaglig forskning, marin forskning og energi og miljø som prioriterte områder for norsk forskning, og det vil være naturlig å satse på IKT-forskning i skjæringsfeltet mot disse områdene. Telemedisin og medisinsk informatikk er områder hvor Norge allerede har markert seg. Også innenfor det marine området, bl.a. rettet mot havbruk, har norske miljøer en posisjon internasjonalt. Norske forskningsmiljøer var tidlig ute med å utvikle de nødvendige informasjonssystemene for et deregulert energimarked. Men fortsatt er det store forskningsmessige utfordringer for å få et mer fleksibelt energimarked som bedre utnytter produksjonskapasitet og overføringsnett. Et siste område som bør nevnes er knyttet til norsk språk og kultur, og da særlig språkteknologi for samisk og de norske målformene.

### **IKT-forskningsmiljøene kan absorbere en betydelig vekst i finansieringen**

Muligheten for Norge er at vi i dag er et rikt land som har råd til å satse offensivt på langsiktig kunnskapsutvikling og som vil bidra til å sikre den fremtidige velstand i Norge. En satsing på IKT-forskningen synes realistisk da Norge allerede har mange forskningsmiljøer på internasjonalt nivå. Imidlertid er norsk IKT-forskning betydelig underfinansiert både i forhold til andre fag av tilsvarende samfunnsmessig betydning og i et internasjonalt perspektiv.

Forskningsrådets analyser (IKT-handlingsplan sept 2000) og IKT-forums egne undersøkelser tilsier at en kraftig økning innen 2005 er realistisk. Kvaliteten på søknader til IKT-forskningsmidler i 2000 og 2001 er en indikasjon på at kapasiteten er vesentlig større enn de tilgjengelige midlene. Mange gode og klart støtteverdige prosjekter blir ikke finansiert, og dessuten unnlater flere miljøer å søke. Dersom vi klarer å rekruttere mange av de nye kandidatene vi utdanner på doktorgradsnivå til våre universiteter og øvrige forskningsinstitusjoner, er en ytterligere opptrapping realistisk. For å lykkes med dette er det behov for å gjøre akademisk karriere i Norge betydelig mer attraktivt både lønnsmessig og mhp tilgang til forskningsmidler. En slik økning forutsetter også et godt og tett samarbeid mellom IKT-næringen og IKT-forskningen.

### **Det må bli balanse mellom den offentlige og IKT-næringens egen finansiering av FoU**

Fordi IKT-næringen er svært FoU-intensiv og allerede selv står for en FoU-andel på OECD-gjennomsnittet målt i forhold til omsetning (IKT-næringen hadde i 1999 en omsetning på 182 mrd. kroner og FoU-kostnader på 3,9 mrd. kroner, dvs. 2,14 prosent), er det behov for å øke den offentlig finansierte FoU-innsatsen vesentlig. I forhold til den gjennomsnittlige fordelingen mellom offentlig og næringslivsfinansiert FoU burde det vært en offentlig finansiering på over 4 mrd. kroner. Dersom IKT-næringen står for 2/3 av FoU innenfor IKT — noe som er langt bedre enn næringslivet for øvrig og på linje med land som Sverige, Tyskland og Japan — tilsier det en offentlig finansiering på omlag 2 mrd. kroner. På denne bakgrunn mener IKT-forum det er behov for en ytterligere økning i den offentlig finansieringen etter 2005.

## 4. Mål og prinsipper

En sterk IKT-næring vil sammen med IKT-forskning på internasjonalt nivå øke samfunnets muligheter til å ta i bruk IKT på en effektiv måte og øke kvaliteten i norske informasjonsinfrastrukturer. Norge har et solid utgangspunkt og en næring og et fagmiljø innenfor IKT med de beste muligheter for å forrente en økt satsing på IKT-forskningen.

IKT-forskningen er kritisk for IKT-utdanningen. Norge har et bra nivå på IKT-utdanningen, men det er underkapasitet på alle nivåer. Det er behov for å styrke IKT-fagenes plass og prioritering i samfunnet. En satsing på IKT-forskningen er derfor også en satsing på IKT-utdanningen og skal bidra til økt antall uteksaminerte kandidater fra både høyskoler og universiteter på et godt internasjonalt nivå.

IKT-forum foreslår følgende mål:

**Gjennom en økt satsing på IKT-forskning skal Norge:**

- 1. være fremst i verden i utvikling og bruk av avanserte, brukervennlige og nyskapede IKT-produkter, både utstyr, programvare, tjenester og innhold.**
- 2. legge grunnlaget for en sterk eksportrettet IKT-næring.**
- 3. etablere informasjonsinfrastrukturer i verdensklasse: robuste, riktig dimensjonert, godt sikret mot angrep, tilgjengelige for alle og til en pris på linje med ledende IKT-land.**

Den samlede forskning og utvikling innenfor IKT i Norge skjer i IKT-forskningsmiljøer i bedrifter, ved universitetene og instituttene. Med godt samspill mellom aktørene kan Norge som et lite land få vesentlig mer ut av ressursene, og skape forskningsresultater som vekker oppmerksomhet internasjonalt. IKT-forum mener det offentlige må ta utfordringen og legge til rette for bedre samspill mellom IKT-næringen og IKT-forskningen og initiere tiltak som kan stimulere til økt forskning i næringslivet. IKT-næringen må ses på som en aktiv medspiller og bidragsyter og ikke oppfattes som passiv mottaker av IKT-kompetanse og -forskning.

IKT-forum foreslår at følgende prinsipper legges til grunn for utformingen og gjennomføringen av strategiene:

- IKT-næringen og brukere av IKT har ansvar for å engasjere seg i forskning, utvikling og innovasjon, å utnytte forskningsresultater og å ta i bruk innovasjonssystemet. Samtidig har IKT-forskningsmiljøene ansvar for å orientere seg mot IKT-næringen og brukere av IKT gjennom en åpen dialog om forskningsutfordringer og forskningsagendaen.
- Forskningsmiljøet innenfor IKT har ansvar for at forskning prioriteres både utfra økonomisk, næringsmessig og samfunnsmessig verdiskapning og utfra den kunnskapsbasis som IKT-utdanningen har behov for.
- IKT-næringen og offentlige myndigheter bør samarbeide om å skape et verdensledende forsknings- og innovasjonssystem som møter IKT-næringens og IKT-brukernes behov på en effektiv måte, og som tiltrekker seg de beste forskerne internasjonalt.
- Det offentlige har ansvar for forskningsinfrastrukturen i form av universitets- og høyskolesektoren, teknisk infrastruktur, grunnbevilgninger for drift av forsknings- og utdanningsystemet og finansiering av størstedelen av den langsiktige forskningen.
- Det offentlige har et hovedansvar for å sikre at kvalitet og volum på uteksaminerte kandidater på IKT-området møter IKT-næringens, samfunnets og næringslivets behov.

### Strategier for IKT-forskningen i Norge

- Strategi 1. IKT-forskningen styrkes kraftig gjennom en koordinert satsing for å øke kapasiteten i IKT-utdanningen og heve det faglige nivået.*
- Strategi 2. IKT-forskningen i Norge skal dekke kjerneområdene i IKT-fagene på et internasjonalt akseptabelt faglig nivå. Minst 15 prosent av forskningsgruppene bør være blant de internasjonalt ledende.*
- Strategi 3. Det skal etableres ordninger som oppmuntrer norsk IKT-næring til betydelige forskningsaktiviteter i samarbeid med internasjonalt ledende IKT-forskningsgrupper på universiteter og institutter.*
- Strategi 4. IKT-næringen og IKT-forskningen engasjeres i anvendt forskning for å utvikle breddekompetanse til å kunne betjene næringslivets og forvaltningens behov for innovative IKT-løsninger og robuste informasjonsinfrastrukturer.*
- Strategi 5. Nyskaping, kommersialisering og bedriftsetablering med utspring i forskningsmiljøene stimuleres, det legges til rette for tettere kontakt mellom IKT-næringen og IKT-forskningen, og forskningsformidlingen rustes opp.*

## 5. Strategier og tiltak

I det følgende presenteres strategier, tiltak og forventede effekter. Strategiene er gruppert i forhold til:

- IKT-forskningen og forskningssystemet
- Samspillet mellom IKT-næringen, IKT-forskningen og ledende brukermiljøer

### 5.1 IKT-forskningen og forskningssystemet

Forskningssystemets hovedoppgave er å bidra til robust kunnskapsutvikling for å sikre kompetansebasisen i forhold til en rask utvikling og store forandringer. Denne kunnskapsutviklingen bidrar til å styrke og videreutvikle IKT-utdanningen både kvalitativt og kvantitativt. IKT-utdanningen skal sikre Norges behov for bredde- og spisskompetanse innenfor IKT, særlig IKT-næringens behov.

Forskningssystemet har også en oppgave i å stimulere til internasjonalt forskningssamarbeid og legge til rette slik at norsk forskning er synlig og deltar internasjonalt. Dette er viktig for en god forskningsbasert utdanning med kvalitet og robusthet. Kunnskapsutviklingen er global. Gjennom deltakelse i det europeiske forskningssamarbeidet har norske fagmiljøer på IKT-området omfattende kontakt med forskningsmiljøer i Europa og deltar bl.a. i evaluering av søknader. De er også søkere i forbindelse med utlysninger og får støtte til forskningsprosjekter. Norske miljøer har dessuten lang tradisjon for tett samarbeid med ledende amerikanske forskningsmiljøer innenfor IKT.

#### Boks 5.1

##### **Økt satsing på IKT-forskningen i Norge skal ha følgende effekter**

- Styrke IKT-utdanningen slik at den kan skaffe næringslivet, forskningen, utdanningssystemet og forvaltningen gode høyt utdannede kandidater.
- Frembringe og gjøre tilgjengelig ny viten, både grunnleggende og anvendt IKT-kunnskap og tverr- og flerfaglig kunnskap.
- Bygge opp kunnskap for framtidig nærings- og samfunnsutvikling og forske på innovative og effektive anvendelser av IKT.
- Bidra til kunnskapsdeling mellom forskningsmiljøer og brukere i nærings- og samfunns- liv.
- Utvikle norske forskningsmiljøer med internasjonal anerkjennelse på nivå med de beste internasjonalt og være aktive deltakere i globale kompetansenettverk.
- Utvide og berike perspektivene i flere fag gjennom flerfaglig IKT-forskning.

#### **Strategi 1. IKT-forskningen styrkes kraftig gjennom en koordinert satsing for å øke kapasiteten i IKT-utdanningen og heve det faglige nivået.**

Fundamentet for en økt satsing på IKT-forskning finnes allerede på universitetene og noen høyskoler i form av mange faglig sterke grupper. Det utdannes gode kandidater med høyt faglig nivå, men volumet er for lite i forhold til IKT-næringens behov. For å øke utdanningskapasiteten må forsker- og lærerutdanningen økes. God økonomi er helt avgjørende for at IKT-forskningen skal holde tritt og kunne bidra med gode kandidater til næringsliv og forvaltning og samtidig videreutvikle kompetansebasisen gjennom forskning. IKT-forskningen

har særlige utfordringer, fordi kandidatene er attraktive, og får i mange tilfeller vel så spennende og faglig utfordrende muligheter i næringslivet som i forskningen. Utenlandske forskningsmiljøer gir vesentlig bedre betingelser enn norske, noe som medfører at vi ikke alltid får de kandidater vi ønsker.

**Doktorgradstettheten i IKT-fagene økes** til samme nivå som i andre sentrale fag med stor samfunnsmessig betydning. I dag er dr.gradstettheten i IKT-fagene kun 9 prosent målt i forhold til antall uteksaminerte på hovedfagsnivå, mens andre fag har en vesentlig høyere andel. Det er behov for å ta opp/uteksaminere 150 dr.gradsstipendiater i IKT årlig for å dekke utdanningsinstitusjonenes, forskningens og næringsens behov for kandidater. Frem mot 2010 må det utdannes minst 800 med dr.grad innenfor IKT. Dette vil øke utdanningskapasiteten og gi mer robuste fagmiljøer. For å sikre forskerrekutteringen i tiden fremover skal det gis støtte til minst 60-75 postdoc-stipendiater årlig, dvs. at halvparten av dr.gradskandidatene bør få tilbud om et post.doc stipend.

**Det bør vurderes å opprette egne IKT-fakulteter ved NTNU og Universitetene i Oslo, Bergen og Tromsø** med utgangspunkt i forskningsgruppene og undervisningsmiljøene innenfor IKT. Disse representerer de tyngste IKT-forsknings- og utdanningsmiljøene i Norge. Også tverrfaglig IKT-forskning må få en plass på IKT-fakultetene. IKT-forum mener IKT-fakulteter vil tydeliggjøre IKT-fagets samfunnsmessige betydning, styrke faget og sikre en mer helhetlig håndtering innenfor universitetssystemet. I tillegg til forskning- og undervisning innenfor basis IKT, vil det være naturlig at IKT-fakultetene tar opp de tverrfaglige forskningsspørsmålene i skjæringsfeltet mellom teknologi, humaniora og samfunnsfag. IKT-forum anbefaler at IKT-fakulteter utredes nærmere for å klargjøre forutsetninger for og konsekvenser av en slik endring.

**IKT-forskere ved universitetene og høyskoler må gis bedre betingelser**, også sett i forhold til andre fag. Ved rekruttering av stipendiater innenfor IKT-faget må hele lønsspennet i regulativet tas i bruk. Det bør også opprettes gjesteprofessorater med gode lønns- og forskningsbetingelser. Internasjonale kapasiteter kan bidra til å heve norske miljøers anseelse og gjøre dem mer attraktive. IKT-forskning som sikter mot langsiktig kompetanseoppbygging skal prioriteres opp. Fremragende forskningsresultater og forskning som bidrar direkte til økt verdiskapning skal belønnes. Fagets internasjonale karakter og den raske utviklingen tilsier hyppige forskningsterminer og stor vekt på internasjonale forskningsopphold. Det må arbeides for gode allianser og tett samarbeid med internasjonalt ledende miljøer.

**Det etableres et Norgesnett for IKT-forskningen.** IKT-forskningsmiljøene er spredt på alle universitetene, noen høyskoler og institutter. Enkelte miljøer er under kritisk størrelse. Opptrappingen innenfor IKT-forskningen skal skje gjennom en helhetlig tilnærming, og blant annet medføre økt nettverkssamarbeid på tvers nasjonalt og internasjonalt. Nettverkstiltakene skal bidra til å forsterke miljøer, også de som i utgangspunktet anses for å være for små, og vil knytte mindre miljøer tettere inn mot de faglige tyngdepunktene. Dette åpner også for økt forsknings- og undervisningssamarbeid. Det kan også være aktuelt å vurdere stipend og finansieringsordninger slik at de i større grad kan stimulere til mobilitet, gjerne også i forhold til utenlandske institusjoner.

**Effekter av den økte satsingen på IKT-forskningen skal måles.** Det må utformes hensiktsmessige indikatorer og etableres et opplegg for løpende måling av faktisk og normert utvikling i IKT-utdanningen og -forskningen nasjonalt og i forhold til andre land.

**Strategi 2. IKT-forskningen i Norge skal dekke kjerneområdene i IKT-fagene på et internasjonalt akseptabelt faglig nivå. Minst 15 prosent av forskningsgruppene bør være blant de internasjonalt ledende.**

For å kunne produsere gode kandidater innenfor IKT, må det samlede IKT-miljøet i Norge dekke hele bredden av faget. Med miljøer på et akseptabelt internasjonalt nivå, vil kandidatene som uteksamineres få en kunnskapsbasis som vil være holdbar en viss tid, og dessuten ha et godt fundament for videre faglig utvikling.

For å understøtte en IKT-næring med et stort eksportpotensial, må fagmiljøet være blant de ledende internasjonalt. Ledende forskningsgrupper ved universiteter og forskningsinstitutter, offensive IKT-bedrifter og avanserte brukermiljøer vil være spydspisser for norsk forskning og innovasjon, og vil kunne bidra til å skape faglig aksept for norske IKT-produkter og -tjenester. En rekke forskningsgrupper er allerede på et akseptabelt internasjonalt nivå, og det er realistisk at noen av disse kan bli blant de ledende internasjonalt. Men et lite land som Norge kan neppe være ledende på mange områder. Det er derfor behov for utstrakt samarbeid med ledende forskningsmiljøer internasjonalt.

**IKT-forskningen i Norge skal gjøres attraktiv gjennom gode økonomiske rammer** og et godt støtteapparat<sup>20</sup>. IKT-forskningen i Norge bør få like gode rammebetingelser som europeisk og amerikansk forskning slik at de beste forskerne internasjonalt gjerne legger et opphold i Norge inn i sin forskerkarriere. Det er et mål at norske kandidater med internasjonal utdanning og gode kandidater med internasjonal bakgrunn og utdanning, velger å fortsette sin akademiske karriere i Norge. Dette vil også øke IKT-næringens muligheter til å få tilgang til de beste kandidatene og kontakt med de beste fagmiljøene nasjonalt og internasjonalt. Det investeres i infrastruktur for å understøtte norske FoU-miljøers behov, bl.a. avansert forskningsnett og laboratorier for forskning på nøkkelområder. Grunnbevilgningene til forskningsinstituttene opprettholdes, og bevilgningene til strategiske instituttprogrammer innenfor IKT-forskningen økes.

Forskningsrådet har de beste virkemidlene for å ivareta ambisjonen om å få frem miljøer på internasjonalt nivå, legge til rette for internasjonalt samarbeid og skape en sunn konkurranse om forskningsmidlene. IKT-forum mener kvalitet må være det viktigste kriteriet for tildeling slik at de beste IKT-forskerne får støtte til sitt arbeid. IKT-forum foreslår at det legges opp til lange programperioder (7-10 år) med midtveisevalueringer. Det må være balanse mellom grunnleggende og anvendt forskning. Det må også være balanse mellom forskerstyrt (fri) forskning og programstyrt forskning.

**Det etableres ett eller flere brede program for IKT-forskning** frem mot 2010, med et klart mål om å heve nivået på forskningsgruppene innenfor IKT. Programsatsingen skal bidra til å nå målet om økt doktorgradstetthet innenfor IKT og vil også stå for en del av post.doc-stipendene. I tillegg må det enkelte universitet prioritere IKT-forskningen og selv finansiere en del av dr.gradskandidatene. Det legges til rette for at forskningsgrupper ved forskningsinstituttene skal kunne søke om midler, gjerne sammen med forskningsgrupper ved universitetene og IKT-bedrifter. Temaområder skal defineres og prioriteres i samarbeid mellom IKT-næringen og IKT-forskningen. Underveis i programperioden evalueres profil, relevans og evt. behov for justering.

IKT-forum mener det bør vurderes om IKT, inklusiv tverrfaglig og anvendt IKT-forskning, kan bli et eget område i Forskningsrådet, på tilsvarende måte som EU har organisert Informa-

<sup>20</sup> Bl.a. i form av assistenter, driftsmidler, midler til å leie inn studenter og legge til rette for eksperimentell forskning

sjonssamfunnsforskningen som et eget stort innsatsområde innenfor rammeprogrammene. I så fall vil det være naturlig å forankre den brede IKT-forskningen her og ikke, som i dag, spre den i flere av områdene i Forskningsrådet.

**Det bør bli minst 2-3 sentra for fremragende forskning (SFF) innenfor IKT.** Ordningen med SFF skal bidra til økt kvalitet på forskningen og forskningsmiljøene. IKT-forum mener man innenfor IKT-forskningen må ha ambisjoner og satse på å få kvalifisert flere miljøer gjennom målrettet og prioritert satsing på sterke miljøer. Satsingen skal gi midler til oppbygging og langsiktig utvikling av miljøer som arbeider innenfor områder der Norge har en reell sjanse til å markere seg faglig. En slik kvalitetsorientert satsing vil kunne bidra til å trekke internasjonale kapasiteter og utviklingsmiljøer til Norge og skal gi IKT-bedrifter på området tilgang til forskningsfronten internasjonalt.

**Internasjonalisering skal prioriteres.** Det skal særlig gis støtte til forskningssamarbeid med internasjonalt ledende miljøer. Norske miljøers deltakelse i og evne til å hente hjem forskningsmidler fra det europeiske forskningssamarbeidet skal videreutvikles. Det er et mål at norske forskningsmiljøer skal bli en likeverdige og attraktiv samarbeidspartner for forskning på den europeiske forskningsarenaen. EUs 6. rammeprogram og de forskningstema som der pekes ut vil være sentrale i de nærmeste årene. Det skal også gis støtte til forskningssamarbeid med de ledende og krevende amerikanske forskningsmiljøene.

**Virkemidler for anvendt, tverr- og flerfaglig IKT-forskning skal etableres** i samarbeid med IKT-næringen og brukermiljøer innenfor IKT. Tradisjonelt har IKT-forskningen hatt et hovedfokus på teknologi. I forhold til IKT-næringen kan forskning på aspekter rundt produktivitet og IKT, markedsføring av og med IKT og kompetanseledelse og IKT bidra med viktig kunnskap når prototyper og ny teknologi skal føres helt ut til sluttbrukere som anvendelser, produkter og tjenester. Ved utforming av IKT-produkter og -tjenester kan tverrfaglig forskning gi viktig innsikt i forhold til utviklingsprosesser og strategier for kommersialisering og markedsutvikling. Også i forhold til brukere og ikke minst mer allmenne samfunnsinteresser er det behov for tverrfaglig IKT-forskning for økt innsikt i samfunnsmessige og kulturelle aspekter ved IKT. Både kompetanseprosjekter og større programsatsinger er aktuelle virkemidler. Siden det ofte er aktuelt med medvirkning fra flere miljøer, anses strategiske nettverksprogram for å være egnet.

Det bør vurderes å etablere ett eller flere sentra for tverrfaglig IKT-forskning for å følge opp de nye forskningsspørsmålene i skjæringsfeltet mellom teknologi, humaniora og samfunnsfag, med utgangspunkt i f.eks. kunst, kultur, samfunn, media, språk, jus, læring og teknologi.

## 5.2 Samspill mellom IKT-næringen, IKT-forskningen og ledende brukermiljøer

IKT-næringen er ”hovedaktøren” i økning i verdiskaping og eksportinntekter, og er dermed den viktigste bidragsyteren til, målgruppen for og brukeren av IKT-forskningen gjennom egen forskning og utvikling. Dette skjer både i samarbeidsprosjekter med forskningsmiljøer og ved å kjøpe forskning fra universiteter og institutter. IKT-bedriftene og avanserte brukermiljøer kan bl.a. være laboratorier for verifisering av forskningsresultater, være tidlige brukere av forskningsresultater og bidra til kommersialisering. IKT-næringen er avhengig av et vel fungerende forsknings- og utdanningssystem som produserer gode kandidater med relevant kunnskap og IKT-forskning med høy kvalitet og relevans. Et godt samspill mellom IKT-næringen, -forskningen og ledende brukermiljøer er viktig for å lykkes. Det er derfor behov

for løpende kontakt og dialog mellom IKT-næringen og universitets- og instituttmiljøene, og det må legges strategier for formidling av forskningsresultater.

I forhold til innovasjonssystemet som skal møte mange og svært ulike IKT-bedrifter, er det åpenbart at et mangfold er nødvendig. Det er også nødvendig å spille på de regionale og lokale virkemidlene og forskning koblet til regionale innovasjonssentra. Samtidig er det en utfordring å unngå fragmentering og å få virkemiddelapparatet til å understøtte IKT-bedriftene på en helhetlig måte gjennom ulike utviklingsfaser i kommersialisering og internasjonalisering av produkter og tjenester.

#### Boks 5.2

##### **Et godt samspill mellom IKT-næringen, IKT-forskningen og ledende brukermiljøer skal ha følgende effekter**

- Øke kompetansenivået i IKT-næringen.
- Bedre utnyttelse av forskningsresultater.
- Bedre samarbeid mellom IKT-næringen, IKT-forskningen og avanserte brukermiljøer.
- Økt forskning i IKT-næringen
- Øke verdiskapingen gjennom systematisk satsing på industrialisering og internasjonalisering med sikte på økt eksport.
- Større mobilitet mellom akademia, næringsvirksomhet og brukermiljøer og vice versa.
- Etablering av nyskapende bedrifter basert på forskning og innovasjon.
- Et innovasjonssystem som er bedre i stand til å møte IKT-næringens behov.
- Et økende antall IKT-patenter registreres i Norge og internasjonalt av norske bedrifter.

### **Strategi 3. Det skal etableres ordninger som oppmuntrer norsk IKT-næring til betydelige forskningsaktiviteter i samarbeid med internasjonalt ledende IKT-forskningsgrupper på universiteter og institutter.**

Ledende IKT-bedrifter må investere i forskning og utvikling for å holde seg i tet internasjonalt. Norske IKT-bedrifter som har ambisjoner må derfor ha IKT-forskning som en del av sin strategi, og de bør kunne finne norske IKT-forskningsgrupper på internasjonalt nivå innenfor sitt fagområde. For å fokusere forskningsmidlene, er det behov for en ordning der IKT-næringen og IKT-forskningen i fellesskap definerer og prioriterer temaområder. Det finnes flere ordninger med formål å knytte bedrifter opp mot det kompetansenettverket som institutt- og universitetsmiljøene representerer. Men dersom slikt samarbeid skal være nyttig, må det finnes fagmiljøer som har fokus på kommende vekstområder og på områder med ledende norske bedrifter.

Innenfor IKT-næringen er høy FoU-innsats helt avgjørende for produkt- og markedsinnovasjon. Dette gjelder spesielt for forskningsbaserte nyetableringer, fordi det her ofte dreier seg om høyteknologi med spesielt store krav til tilgjengelighet av kostbart utstyr og spisskompetanse. For IKT-næringen skal institutt- og universitetsmiljøene innenfor IKT være en ressurs der man kan få kjennskap til nyere forskningsresultater og kunne hente uavhengige faglige vurderinger og synspunkter på nye teknologier og metoder, mens IKT-næringen vil kunne gi forskningsmiljøene interessante faglige utfordringer. Sammen vil forskningsmiljøer i IKT-bedrifter, ved universiteter og institutter utgjøre våre ledende faglige ressurser. Det kan imidlertid være spenninger mellom forskningsmiljøenes rolle som uhildet kunnskapsutvikler og forvalter og deres rolle knyttet til det å bidra til kommersialisering av forskningsresultater. Men dersom forskningsmiljøet er stort nok vil dets ulike deler likevel kunne ivareta forskjellige roller slik at rollekonflikter unngås.

**Det skal legges til rette for industrielle dr.grads- og post.docstipendiater i IKT-næringen.** Dette innebærer forskerutdanning og forskning på dr.gradsnivå og post.doc-nivå i samspill mellom IKT-næringen og universitetene, med næringen som initiativtaker. Ordningen kan også være universitetsinitiert, men vil typisk være basert på avtale mellom Forskningsrådet og bedriften. Dr.gradsstipendiaterne vil i sin forskning samarbeide direkte med forskningsmiljøene i IKT-bedrifter, men også assosieres med forskningsgrupper ved sitt universitet og spille en svært sentral rolle i formidling av nyere forskningsresultater. Samtidig vil deres dr.gradsarbeid kunne ha direkte relevans og betydning for den aktuelle bedriften. Ordningen vil gi kandidater med god kontakt og forståelse for IKT-næringens behov og utfordringer. Årlig bør minst en tredjedel av dr.gradskandidatene som uteksamineres innenfor IKT, ta en industriell doktorgrad.

Ordningen for industrielle post.doc-stipender (1-2 år) i IKT-næringens forskningsmiljøer legges opp slik at dr.gradskandidater kan brukes til effektiv kompetansespredning og samtidig få fortsette med forskning i IKT-bedriften de kommer til. Ordningen bør også omfatte post.doc stipender for utvikling av prototyper på basis av forskningen, som senere evt. kan være basis for kommersielle produkter og tjenester. Dette kan stimulere til økt mobilitet av IKT-forskere og dr.gradskandidater mellom universiteter, institutter og næringslivet. IKT-forum mener omlag en fjerdedel av de industrielle dr.gradskandidatene bør kunne få tilbud om å gå videre med et post.doc-stipend.

**Det skal etableres en ordning med II-er stillinger mellom IKT-næringen, instituttsektoren, universitetene og høyskolene.** Dette innebærer II-er stillinger som er gjensidige for å styrke kontaktflaten. Dette vil sikre kompetanseoverføring samt gi næringslivet kontakt med potensielle kandidater på hovedfags- og doktorgradsnivå i en tidlig fase. Ordningen vil også bidra til å øke kapasiteten i IKT-utdanningen, spesielt på hovedfags- og doktorgradsnivå. Det bør vurderes om de tradisjonelle akademiske kvalifikasjonskravene for II-er stillinger bør justeres med tanke på en slik ordning.

**IKT-bedrifter, IKT-forskningen og andre forskningsmiljøer bør samarbeide om forretningsutvikling, innovasjon, internasjonalisering og kvalitetsutvikling** gjennom felles forskningsprosjekter og ved kjøp av forskning og analyser. Instituttene og universitetsmiljøene må motiveres til å samarbeide med IKT-næringen. I forbindelse med internasjonalisering har IKT-bedrifter ofte store kunnskapsbehov, som samtidig kan gi IKT-forskningen interessante utfordringer, bl.a. evaluering av konkurrerende produkter, tjenester og løsninger og vurdering av markeder og aktører. Gjennom IKT-forskningens internasjonale nettverk kan IKT-næringen få oppdatert kunnskap om eksportmarkeder og avdekke forutsetninger for suksess. IKT-næringen og IKT-forskningen bør også samarbeide i internasjonalt standardiseringsarbeid for med stor faglig tyngde å fremme norske interesser. Gjennom FUNN-ordningen kan bedrifter få offentlig delfinansiering av sin forskning.

**Instituttsektoren skal ha internasjonal topp kompetanse innenfor utvalgte fagområder.** Instituttmiljøene gis økte grunnbevilgninger for bedre å koble basisforskning med problemstillinger i nærings- og brukerrettet virksomhet og i større grad kunne foredle forskningsresultater slik at næringslivet — og særlig små og mellomstore bedrifter — kan nyttiggjøre seg av disse. Instituttmiljøenes kompetanse skal videreutvikles gjennom forsknings samarbeid med ledende IKT-bedrifter på området, og bidra til at både bedriftene og fagmiljøene styrker sin posisjon internasjonalt. Instituttene bør ha rammebetingelser slik at de kan ha et klart forskningsfokus og ikke måtte påta seg rene konsulent- og rådgivningsoppdrag. IKT-konsulentvirksomheter har ofte medarbeidere som kompetansemessig er på høyde med instituttmiljøene i forhold til oppdragsforskning, utredning og analyse. Særlig de internasjonale konsultentselskapene har faglige kompetansenettverk i sine organisasjoner og kan bidra til å

komplett kompetansetilfanget IKT-næringen har behov for. I enkelte tilfeller, og særlig der det er kapasitetsproblemer, bør disse kunne sidestilles med instituttmiljøene.

**Mer forskning i næringslivet, og særlig i IKT-næringen, gjennom en klar strategi for forskning i bedriftene** vil gjøre norske IKT-bedrifter bedre i stand til å gå ut og vinne markedsandeler nasjonalt og ikke minst internasjonalt. Norske IKT-bedrifter må bli bedre til å utnytte det offentlig finansierte forskningssystemet, engasjere seg aktivt i forskning av betydning for IKT-næringen og ta i bruk offentlige finansieringsordninger for støtte til samarbeidsprosjekter mellom bedrifter og FoU-miljøer og til kjøp av tjenester fra FoU-institusjon, bl.a. FUNN-ordningen. Forskningsrådets ordning for kompetanseprosjekter med brukermedvirkning, KMB, gir også utmerkede anledninger til tett samarbeid mellom IKT-bedrifter og forskningsmiljøer. Mye tyder på at IKT-bedrifter i altfor liten grad utnytter disse mulighetene.

**En ordning med regelmessige "foresight"-studier i samarbeid mellom forskningsgrupper og IKT-næringen etableres** for å bidra til en fremtidsrettet forskningsagenda. IKT-forskningen og -bransjen er så dynamisk at det er vanskelig å forutse hvilke områder som bør prioriteres. Samtidig er det behov for å planlegge med sikte på kapasitet, rekruttering osv. Ordningen bør være en fellesarena og forankres i IKT-næringen og IKT-forskningsmiljøene, men kan f.eks. understøttes av Forskningsrådet. Den vil medføre en jevnlig evaluering og justering av forskningsagendaen i forhold til relevans, nye utfordringer, nye vekstområder og nye forskningsresultater. Dette vil kunne gi større faglig frihet for forskerne og samtidig høy grad av relevans for IKT-næringen. Ordningen må ha en internasjonal forgrening og knyttes til tilsvarende internasjonale ordninger. Den nasjonale ordningen vil ha en viktig rolle i å følge opp deltakelse i og overvåke internasjonale aktiviteter og formidle utviklingstrekk til de nasjonale IKT-miljøene. Samtidig vil en slik ordning neppe være egnet for å finne og definere nye potensielle vekstområder – her er fri, langsiktig, grunnleggende forskning det viktigste virkemiddelet. IKT-forum anbefaler at ordningen utredes nærmere, herunder hvilke muligheter og begrensninger en slik ordning representerer mhp å gi innspill til forskningsagendaen.

#### **Strategi 4. IKT-næringen og IKT-forskningen engasjeres i anvendt forskning for å utvikle breddekompetanse til å kunne betjene næringslivets og forvaltningens behov for innovative IKT-løsninger og robuste informasjonsinfrastrukturer**

Programvare og kommunikasjonsteknologi vil være svært viktig for produktivitet i næringsliv og forvaltning i sin alminnelighet. Kompetanse og kapasitet på disse feltene er av avgjørende betydning for utvikling av et konkurransedyktig næringsliv og en effektiv forvaltning. En aktiv IKT-næring på disse områdene er avgjørende for IKT-utnyttelsen i næringsliv, forvaltning og samfunn for øvrig. Suksess på hjemmemarkedet øker mulighetene for aksept internasjonalt og økt eksport, men kunnskapsbasisen for dette er like gjerne hentet internasjonalt som fra norske fagmiljøer.

Næringsområder der Norge står sterkt skaper muligheter for IKT-løsninger som kan bli ledende på sine områder. Krevende kunder er en viktig kilde til innovasjon. Både næringslivet og offentlig sektor kan inneha en slik rolle. Forskning for å løse spesielle samfunnsutfordringer nasjonalt og internasjonalt (såkalt "mission"-forskning) kan reise store og interessante spørsmål som krever både grunnleggende, anvendt, tverr- og flerfaglig forskning for å finne svarene. En slik tilnærming kan også være aktuell for viktige eksportnæringer.

**IKT-næringen inviteres til å delta i næringsrettet forskning** i andre sektorer med fokus på IKT-anvendelser og tverrfaglig IKT-forskning, for å stimulere til nyskaping og innovativ bruk av nyere forskningsresultater. IKT-fagenes perspektiver og fokus på endringer med IKT skal utnyttes bedre i samfunns-, forvaltnings- og næringsutvikling. Miljøene innenfor IKT-

næringen og IKT-forskningen besitter innsikt og kunnskap som i økende grad bør inviteres med når forslag til løsninger på store nærings- og samfunnsmessige utfordringer skal utredes. IKT-forskningen og IKT-næringen kan bidra med radikalt nye svar på grunnleggende problemer og utfordringer innenfor næringslivet og offentlig forvaltning. Dette vil også kunne reise nye faglige spørsmål som kan være utgangspunkt for grunnleggende forskning innenfor IKT og tverrfaglig IKT-forskning. Eksempler på slike utfordringer finner vi bl.a. i EUs 6. rammeprogram som tar opp klima og global oppvarming, matvaresikkerhet, transport og miljø som også trenger viktige bidrag fra IKT-forskningen. Andre eksempler er fiskerinæringens behov for anvendt IKT-forskning for ytterligere utvikling av verdiskapnings- og distribusjonskjedene i næringen; samfunnets behov for økt kunnskap om miljømessige gevinster ved bruk av IKT; behov for nyskapende løsninger for effektiv produksjon og distribusjon av innhold i konvergensmediene; behovet for samarbeid om løsninger og organisasjonsutvikling med IKT for omstilling og fornyelse av forvaltningen samt forvaltningens behov innenfor informasjonssikkerhet.

For å få til samspill i praksis mellom nærings- og forskningsmiljøer, kan det være behov for å utvikle bedre operasjonelle modeller for kontakt og samvirke. Utvikling av kunnskap som skal inngå i løsninger som omfatter hele klynger eller sektorer — som f.eks. havbruk/fiske, energi/miljø, medisin/helse, transport, skole/utdanning, totalforsvaret, offentlig forvaltning — innebærer komplekse, nettbaserte prosesser med mange aktører som dels har svært ulike interesser. Dette kan i seg selv være et omfattende forskningsfelt med både grunnleggende, anvendte og tverrfaglige forskningsutfordringer.

**Det etableres nettverk for forsknings- og utviklingsamarbeid** mellom brukerbedrifter og deres forskningsmiljøer, IKT-forskningsmiljøer og IKT-bedrifter for å legge grunnlaget for utvikling av ledende, innovative og avanserte IKT-løsninger. IKT-næringen ser et stort behov for programvarearkitekter, samarbeid om definisjon av rammeverk for ulike typer anvendelser og forskningsbasert bistand i å utforme teknologiavhengige spesifikasjoner og løsninger. En vesentlig grunn til dette er tempoet i teknologiutviklingen, som har medført en total utskifting av underliggende teknologiplattformer hvert 5. år, en utvikling som ser ut til å fortsette. Noen konkrete samarbeidsområder kan være løsninger for informasjonsutveksling og deling av informasjon i offentlig og privat sektor, arkitektur og rammeverk for løsninger innenfor områder som er egnet for fellesløsninger, og systemer som understøtter nettbasert forretningsdrift. Også tverrfaglig og anvendt IKT-forskning er relevant.

**Norske forskningsmiljøer må få bedre rammebetingelser for å øke norsk deltakelse på det Europeiske forskningsområdet (ERA).** Forskningsmiljøene i Norge må få like gode rammebetingelser som sine konkurrenter i EU, der forskningsinstituttene har høyere grunnfinansiering. I europeiske forskningsprosjekter må deltakerne betale egenandel for å få være med. Norske institutter må ta egenandelen som kompetanseutvikling eller skaffe annen finansiering, noe EU-landenes institutter slipper pga. høyere grunnfinansiering. Problemet gjelder primært instituttmiljøene og er mindre ved universiteter og høgskoler. Bedre rammebetingelser vil gjøre det lettere for universitetene og forskningsinstituttene å gå sammen, og vil også gjøre det lettere for instituttene å dra med seg IKT-bedrifter inn i europeiske forskningsprosjekter. Med bedre rammebetingelser kan instituttmiljøene spille en viktig rolle i internasjonaliseringen av norske IKT-bedrifter, trekke disse med i EU-støttede forskningsprosjekter og bidra til at disse etablerer samarbeidsrelasjoner med IKT-bedrifter i andre europeiske land.

**Strategi 5. Nyskaping, kommersialisering og bedriftsetablering med utspring i forskningsmiljøene stimuleres, det legges til rette for tettere kontakt mellom IKT-næringen og IKT-forskningen, og forskningsformidlingen rustes opp.**

De mest innovative selskapene kommer gjerne direkte fra forskningsmiljøene, men ofte mangler forskere den tilleggskompetansen som kreves for å etablere et eget selskap. For å bøte på dette har Universitetet i Oslo etablert en "gründerskole" for informatikere som har gitt svært gode resultater. Et annet virkemiddel er å koble kandidater og forskere med forretningsidéer mot bedrifts- og venturemiljøer. Venturemiljøer er gjerne inne i nettverk av IKT-bedrifter som de nyetablerte selskapene trekkes inn i.

Også i denne sammenhengen står forskningsmiljøene overfor ulike dilemmaer. Ett går på forskningsmiljøenes uavhengighet vs. det å delta i kommersialisering av forskningsresultater. Et annet er knyttet til utfordringene rundt forskerrekutteringen. Dette trenger ikke å være et stort problem da en vellykket kommersialisering kan lede til at andre viderefører virksomheten, eller at kommersialiseringen ikke lykkes, noe som erfaringsmessig skjer i om lag 80 prosent av forsøkene, og forskeren vender tilbake til forskningsmiljøet.

**Det skal stimuleres til økt satsing på forskningsbasert nyskaping i fagmiljøene.** Prosjekter med stor innovasjonshøyde og betydelige FoU-utfordringer innenfor anvendt og tverrfaglig brukerstyrt IKT-forskning skal prioriteres. Andelen prosjekter med mål om å etablere ny virksomhet fra forskningsmiljøene skal økes. Hovedfags- og dr.gradsstudenter innenfor IKT skal få tilbud om "gründerkurs" og oppmuntres til bedriftsetablering som "spinoff" fra forskningen. Nystartede IKT-bedrifter inviteres til å dele sine erfaringer. Utvikling av idéer og løsninger for IKT-næringen skal belønnes. IKT-forskning som påviselig leder til nyskaping og kommersielle gjennombrudd, skal kunne gi uttelling for forskerne og bør brukes som incentiv for å øke interessen for oppdragsforskning og forskningssamarbeid også i IKT-forskningsgruppene ved universitetene.

**Det skal opprettes "fremtidsteknologilaboratorier" innenfor IKT** med betydelige ressurser til fri forskning og med fokus på kommersialisering av forskningsresultater, innovasjon og inkubatorvirksomhet. Forskningsens bidrag er flinke folk, folk med nettverk, tilgang på spisskompetanse og fremragende forskning. Næringslivet, herunder IKT-næringen, bør bidra med risikovillig kapital, infrastruktur og problemer som krever forskning for å finne løsninger. Simula Research Lab er eksempel på en slik type virksomhet, der noen sterke forskningsgrupper er brakt sammen, har fått relativt gode rammebetingelser og skal samarbeide med nyetablerte selskaper og ha fokus på innovasjon og inkubatorvirksomhet som en del av sin virksomhet.

**IKT-næringen skal være representert i alle programstyrer m.v. for IKT-forskning.** IKT-bedrifter vil være premissleverandør, brukere av forskningsresultater og også i mange tilfeller naturlige deltakere i kapasitet av sin egen forskningsaktivitet. Mange IKT-bedrifter har allerede betydelige forskningsaktiviteter, særlig rundt anvendt forskning, men også innenfor grunnleggende forskning. IKT-forskningsmiljøene ved universitetene og instituttene skal invitere IKT-næringen til dialog om IKT-forskningen. Forskningsmiljøene oppfordres til å bygge nettverk og trekke representanter fra IKT-næringen direkte inn i sine planprosesser, forsknings- og undervisningsaktiviteter, diskusjoner og prioriteringer.

**Forskningsagendaen i Norge og viktige forskningsresultater skal markedsføres aktivt** nasjonalt og internasjonalt. Det skal gis økonomisk støtte for å få viktige internasjonale konferanser regelmessig til Norge. I tillegg iverksettes arbeid med å legge grunnlaget for en årlig internasjonal IKT-konferanse i Norge med internasjonal deltakelse som setter fokus på den

norske IKT-forskningsagendaen og bidrar til spredning av fremragende forskningsresultater. IKT-næringen er en viktig samarbeidspartner i disse tiltakene. Norske IKT-forskeres publisering i vitenskapelige tidsskrifter og deltakelse på internasjonale konferanser skal økes vesentlig. Ordningen med "Gazellekonferanser"<sup>21</sup> for å spre kunnskap om vellykket bruk av forskningsresultater i IKT-bedrifter videreføres. Det skal også legges vekt på å synliggjøre IKT-forskningens samfunnsmessige nytte. Det skal legges til rette for bedre spredning av nye forskningsresultater og kunnskapsdeling gjennom brukerstyrte kompetanseprogrammer, etablering av kompetansesentra og målrettede web-portaler innenfor utvalgte områder i samarbeid mellom IKT-næringen og IKT-forskningen. Aktuelle områder er programvareteknologi, programutviklingsteknologi, systemutvikling, kvalitet, robust programvare, sikkerhet m.v. Det skal etableres eLæringstilbud i IKT for etter- og videreutdanning i IKT-næringen i tilknytning til forskningsgruppene i IKT på universitetene. Det skal tas initiativ til et tidsskrift for IKT-forskning i Norge (gjørne elektronisk) med IKT-næringen og IKT-forskningen som målgruppe, evt. gjennom videreutvikling av et eksisterende tidsskrift til å dekke bredden av norsk IKT-forskning.

**Det skal utvikles indikatorer som kan måle omfang, resultater og den samfunnsøkonomiske betydningen av IKT** og av samarbeidet mellom IKT-næringen og IKT-forskningen. Det etableres et tverrfaglig forskningsprosjekt for å analysere IKT-næringen, bruk av IKT i andre næringer og i offentlig sektor, informasjonsinfrastrukturenes og IKT-forskningenes betydning. Prosjektets resultater skal dokumentere IKTs bidrag til vekst, kunne danne grunnlag for fremtidige samfunnsøkonomiske analyser innenfor IKT-området, og bidra til å videreutvikle offisiell IKT-statistikk. For å følge IKT-utviklingen og fremveksten av informasjonssamfunnet, foreslår IKT-forum av man vurderer å etablere et "IKT-økonomisk institutt" med formål å analysere og dokumentere utviklingen, både samfunnsmessig, kulturelt og økonomisk. På mange måter er dette en form for parallell til Transportøkonomisk institutt, som har en ledende rolle som ekspertmiljø i forhold til utvikling av samferdselssektoren i Norge. Televerkets forskningsinstitutt hadde i sin tid delvis en liknende rolle i forhold til teleutviklingen, men siden etableringen av Telenor har ikke noe tilsvarende miljø kommet i stedet, selv om Post- og teletilsynet har bygget opp noe på området i forhold til å ivareta sine behov som regulatorisk myndighet på teleområdet. Det er allerede miljøer med forskning innenfor dette feltet ved Handelshøgskolen BI og ved Senter for Næringsrettet Forskning/NHH, men IKT-forum ser behov for et samlet nasjonalt miljø med fokus primært på IKT.

**De offentlige virkemidlene må samordnes** slik at de virker sammen og understøtter forskning, utvikling og internasjonalisering i IKT-næringen. De ulike delene av forsknings-, innovasjonssystemet og det øvrige virkemiddelapparatet for næringslivet har ulike roller og ansvar. Men de fungerer ikke alltid sammen på en helhetlig måte og kan oppleves som både fragmentert og dårlig koordinert. I prinsippet burde virkemiddelapparatet kunne understøtte hele prosessen fra idé til markedsføring og eksport av nye IKT-produkter og -tjenester. Problemet i dag er at innovasjonssystemet ikke fungerer som et verdinettverk av tjenester som kan dekke alle faser. Det er særlig kritisk å få til overgangen fra forskning til innovasjon og nyskaping, og her er grensesnittet mellom de ulike delene av virkemiddelapparatet ikke tilstrekkelig velutviklet i forhold til IKT-området.

---

<sup>21</sup> En "Gazellebedrift" er en bedrift som vokser svært hurtig og samtidig viser økonomisk lønnsomhet i løpet av bedriftens 3 første leveår. "Gazellekonferanser" er konferanser som samler "Gazellebedrifter" og forskningsmiljøer, bl.a. for å drøfte innovasjons- og forskningssystemets betydning og felles utfordringer.

## 6. Temaområder for IKT-forskningen frem mot 2010

I dette kapitlet ønsker IKT-forum å peke fremover og identifisere temaområder med helt nye spørsmål og problemstillinger som krever forskningsinnsats. Et sentralt trekk i utviklingen fremover vil være fremveksten av ”innvevd IKT”, som betegner IKT-løsninger og anvendelser som er omsluttende, overalt, i omgivelsene, innvevd, i miljøet osv.<sup>22</sup> Noen av de perspektiver og utfordringer som ble skissert i kap. 1 og i kap. 3 vil her bli fulgt opp ytterligere og vil være et utgangspunkt for den videre konkretiseringen av satsingen på IKT-forskningen frem mot 2010. Som påvist i kap. 2 har Norge mange og sterke forskningsgrupper innenfor IKT ved universiteter og høyskoler, og det er tunge miljøer i instituttsektoren og IKT-næringen. Utfordringen er på den ene side å bygge videre på den basis som allerede er etablert, men samtidig lansere tema og idéer som kan gi spenst i de initiativer og aktiviteter som vil utgjøre innholdet i satsingen frem mot 2010. Før vi konkret kommer inn på aktuelle temaområder og anbefalinger, dras det opp noen perspektiver for hva ”innvevd IKT” er og kan innebære.

### 6.1 Teknologien som blir vevd inn i våre omgivelser

De siste 10-15 årene har informasjons- og kommunikasjonsteknologien blitt tatt i bruk og er blitt synlig på alle samfunnsområder. På nesten alle arbeidsplasser og i de fleste hjem er PCer og Internett blitt helt vanlig, og digital kommunikasjon som e-post, informasjonssøk og datautveksling er dagligdags. Teknologien som preger dagens informasjonssamfunn er skjerm og tastatur som brukes til skriving og lesing. Kommunikasjon skjer over nett med lav båndbredde og mobilnettene brukes mest til tale. Elektroniske tjenester er så vidt begynt å komme, men det er ofte en bratt læringskurve for å ta de i bruk. Informasjonssøk er begrenset til søk etter ord. Teknologiens muligheter er i liten grad tatt i bruk, og preges fortsatt i hovedsak av profesjonell bruk. Og bare 5 prosent av verdens befolkning er på nett. Men bevisstheten og kunnskap om IKT og praktisk kyndighet og ferdigheter har vokst vesentlig i denne perioden som IKT er blitt synlig og tatt i bruk over alt.

IKT-forum tror at utviklingen de neste 10-15 årene vil bety en fortsatt og dramatisk økning i utbredelse og bruk av IKT, men utviklingen vil være annerledes enn i den foregående perioden. For det første vil våre daglige omgivelser bli grensesnittet mot IKT-systemene, ikke i form av skjermer og tastatur, men gjennom sensorer, mikrofoner og kamera som oppfatter hva vi ønsker. Samtidig er grensesnittet tilrettelagt og tilpasset den enkelte. Teknologien er vevd inn i systemer på alle samfunnsområder og er nesten usynlig. For det andre kan vi i samhandling med teknologien bruke alle sanser, og båndbredde og ytelse vil praktisk talt være grenseløs. Mobil og trådløs kommunikasjon vil håndtere full multimedia, og samfunnet vil være preget av omfattende bruk av IKT innenfor helse, undervisning, forskning, forvaltning, forretningsvirksomhet osv. For det tredje vil vi få et avslappet forhold til digital kommunikasjon og interaksjon. Kunnskapshåndtering vil være integrert i de sammenhenger den er relevant, og vi vil være i ferd med å realisere en del av det potensialet IKT representerer. 70 prosent av verdens befolkning vil være på nett. Om 10-15 år vil vi ha ny innsikt og kunnskap om grunnleggende spørsmål av teknologisk, samfunnsmessig, kulturell og økonomisk art som kan medføre nye styringsgrep over teknologien. Systemer og løsninger må baseres på innsikt i både tek-

<sup>22</sup> ”Innvevd IKT” samsvarer med det man i internasjonal forskning har kalt ”pervasive computing,” ”ubiquitous computing” og ”ambient intelligence”, se for eksempel MIT Oxygen, <http://www.oxygen.lcs.mit.edu> og EU IST: Scenarios for Ambient Intelligence in 2010.

nologiske, menneskelige og kulturelle forhold. Målet om et informasjonssamfunn for alle, der ”innvevd IKT” – systemer innvevd i våre omgivelser – er tilgjengelig og tilrettelagt for alle, og understøtter alle enkle og komplekse prosesser i samfunns-, nærings- og hverdagsliv, er sentralt. Men dette fremtidsbildet må kun oppfattes som en ramme for forskningsutfordringer, og ikke oppfattes som IKT-forums mål og ambisjoner for samfunnet. For det er en rekke utfordringer en slik utvikling reiser og som knapt er realistisk å løse utfra det vi i dag vet, og det er fundamentale problemer som rett og slett er uløselige i det generelle tilfellet.

Erfaring tilsier at den faktiske utviklingen blir svært annerledes en det man tror. IKT-forum mener likevel at fremveksten av ”innvevd IKT” er en sannsynlig utvikling utfra det vi i dag kan observere. Økende grad av automasjon av komplekse prosesser og systemer og økende grad av innvevd intelligens i alle tekniske komponenter peker fremover mot en situasjon der IKT er allestedsnærværende. Kompleksiteten blir større og teknologien mindre. Brukeren settes i forgrunnen, brukeren som privatperson, som individ, som arbeidstaker og som deltaker i ulike gruppe- og interessefellesskap. Jo mer robust og pålitelig teknologien blir, jo mer øker sannsynligheten for at vi kan snakke om ”teknologien som forsvant”; ble integrert og vevd inn i alle prosesser og systemer i våre omgivelser. Dette reiser store og interessante forsknings-spørsmål og behov for ny kunnskap som bidrag til å utforme løsninger, men også som bidrag til å avverge uønskede og urealistiske satsinger som bygger på sviktende faglig grunnlag.

Norge må ha en sterk, robust kompetansebase og tilstrekkelig forskning og kunnskap for å ikke bli påtvunget teknologi og løsninger vi ikke ønsker. Vi trenger innsikt og kunnskap slik at vi kan styre og påvirke teknologien i vår favør og ikke bli overstyrt. Og vi må forstå den for å kunne produsere produkter og tjenester. Alle ting kan kommunisere, men hvordan ønsker vi utviklingen skal bli? Hvor trenger vi ”innvevd IKT”? Hvor ønsker vi å avgrense den? Hvilke samfunnsutfordringer og -problemer skal denne teknologien løse og hvilke nye vil kunne oppstå? Hva er verdiskapningspotensialet og mulighetene for innovasjon? Dette reiser store forskningsspørsmål innenfor basis, anvendt og tverrfaglig IKT-forskning. Utfordringen er å utvikle teknologi og løsninger som skal være i bakgrunnen, gjerne usynlig, og samtidig pålitelig og bygd inn i dagligdagse gjenstander og understøtte alle slags gjøremål. Kunnskapsutviklingen med utgangspunkt i ”innvevd IKT” vil bidra til å styrke Norges konkurransevne og teknologibase, gjøre oss i stand til å legge premissene for utviklingen og bidra til utviklingen av et informasjonssamfunn for alle.

## 6.2 Kritiske faktorer

Visjonen om ”innvevd IKT” reiser mange utfordringer som krever ny kunnskap på områder vi har berørt i kap. 1 og 3. Det er ikke vilkårlig hvordan man tilnærmer seg utviklingen av ”innvevd IKT”. Fordi den om få år vil kunne gripe inn i de fleste prosesser i hverdags- og arbeidsliv må utgangspunktet og en hovedpremiss være menneskelige hensyn. Dette er ikke ”science fiction”: deløsninger finnes allerede eller er under utvikling, men settes nå i større sammenheng. Det er heller ikke teknologideterminisme, teknologien som sådan, som vil omforme samfunnet, men bevisste valg i utforming og innføring av løsningene. ”Innvevd IKT” skal understøtte samhandling mellom mennesker, forsterke gruppetilhørighet og -kommunikasjon. Kunnskapsutvikling, undervisning og læring vil stå sentralt.

Det er avgjørende å ha en bærekraftig dimensjon, både miljømessig, samfunnsøkonomisk og personlig. Den enkelte må føle seg fysisk og psykisk vel i omgivelsene med innvevd ”intelligens”. Derfor er tillit og tiltro helt avgjørende. Og systemene må kunne brukes, styres og kontrolleres av ”folk flest”. Sikkerhet og hvordan dette kan håndteres er viktig, herunder de utfordringer totalforsvaret og samfunnet står overfor mhp. sårbarhet. Både nasjonalt og internasjonalt er det behov for normer og rammebetingelser som sikrer at viktige samfunnsmessige

hensyn ivaretas. På den ene side vil standardisering og internasjonalt omforente rammebetingelser være et aspekt. På den annen side må det nasjonalt gjøres juridisk nybrottsarbeid.

På samfunnsnivå ønsker vi å bruke ”innvevd IKT” til å håndtere miljøutfordringen bedre. Gjennom klimaforskning og polarforskning vil utviklingen globalt bli overvåket, dokumentert og gjort kontinuerlig tilgjengelig gjennom teknologi som samler inn, bearbeider og presenterer måledata med vesentlig større presisjon enn det vi har i dag. Et annet område er matvaresikkerhet der vi ønsker å kunne sikre oss kvalitet, dokumentere helsetilstand, overvåke sykdomsforløp osv. Innenfor medisin kan begrepet ”innvevd IKT” allerede nå tolkes helt bokstavelig. Samfunnsøkonomisk vil ”innvevd IKT” kunne følge utviklingen i makroøkonomiske forhold som sysselsetting, økonomisk vekst og utvikling og i finansmarkedene ved å følge alle bevegelser innenfor de monetære systemer og markeder over hele verden. På den ene side vil effektivisering, automatisering og forenkling redusere behov for sysselsatte, mens man på den annen side vil det være behov for høy og spesialisert kompetanse på en rekke områder for å kunne forstå, fortolke og evt. iverksette aksjon i forhold til situasjoner som observeres. Kunnskapsgapet har lenge vært på dagsorden, og må fortsatt vies stor oppmerksomhet gjennom kunnskapsforvaltning, deling og tilgang til kilder til kunnskap. Brukere må gjøres i stand til å utnytte ”innvevd IKT”. Kultur og kulturarv er viktige utgangspunkter og referanserammer sammen med eget språk. ”Innvevd IKT” må ta hensyn til dette, og kunne fungere i flerkulturelle og flerspråklige omgivelser.

Det er ikke vilkårlig hva som vil drive frem etterspørsel og behov for ”innvevd IKT”. Viktige drivkrefter vil være ønske om bedre livskvalitet, økt produktivitet og kvalitet i produkter og tjenester og bedre prosesser. Det vil vokse frem nye bedrifter som satser på industrielle innovasjoner og nye produkter. Og behov i offentlig sektor er viktige. ”Innvevd IKT” innebærer ekstremt bred og omfattende spredning av teknologi i samfunnet. Dette vil kreve helt nye modeller for tilgang, spredning og for å skape inntjening i nettverkstjenester. Det vil også være aktuelt med modeller og mekanismer for eksklusivitet for de som skal ha topp servicenivå: høy tjenestekvalitet.

Miniatyrisering og personlige ”dingser” med vesentlig økt funksjonalitet enn dagens mobiltelefoner og personlige assistenter (PDA) med innebygd digital signatur, stemme- og språk-gjenkjenning samt sensorer og aktuatorer for å gjenkjenne adferd og biologiske mønstre vil kunne bli et stort marked. I forhold til innbaking av ”intelligens” ventes det at en rekke nye selskaper vil vokse frem. For å få tilstrekkelig kapasitet vil det i stor grad oppstå samarbeid i strategiske allianser.

Vi vil se omforminger i mediasektoren gjennom konvergens og sammenslåinger med kunnskapsproduserende virksomheter. Samtidig vil skole, lære og utdanning gjennomgå store endringer. Innenfor medisin og helse, vil helt nye behandlingsformer og en høyere grad av informatisering av helsetilstanden oppstå gjennom ”innvevd medisinsk IKT”. Den selvbetjente offentlige forvaltning som i dag er begrenset til elektronisk søknadsbehandling, informasjonssøk og kontakt pr. epost, vil etterhvert ha tilgjengelig tilstrekkelig informasjon og beslutningsstøttesystemer til at den enkelte i større grad selv kan behandle mer enn helt trivielle saker, f.eks. enkelte plan- og byggesaker. Som følge av at brukeren settes i sentrum, må det legges stor vekt på funksjoner for egen tilpasning av innhold og selvbetjening. På individnivå vil vi se en helt annen grad av tilgjengelighet og fremvekst av ”nomadisme” ved hjelp av mobil kommunikasjon. TV og digitale medier vil i mye større grad bli individuelt tilpasset og språk og kultur blir tilgjengelig gjennom ulike kanaler. Det vil bli vesentlig høyere krav til kvalitet på informasjon og det vil oppstå ”nye medieøkonomiske paradigmer”, allmennkringkasting vs. individuelt tilpasset innhold. Utviklingen av ”innvevd IKT” vil i enda større grad enn hittil kreve brukerdrevet design. Utvikling av løsninger må skje i forhold til reelle brukssituasjoner.

Det vil vokse frem et nytt forretningslandskap med helt andre nisjemarkeder enn dagens, med både oppstart/spin-off, nye strategier for å få tilgang til mange, for eksempel lav inngangspris, selvbetjeningsmodeller og nye former for partnerskap. I næringslivet vil marin sektor med havbruk og fiske oppnå vesentlig høyere, mer effektiv og bærekraftig ressursutnyttelse. Det vil i økende grad bli realisert "storskala systemer" som kan understøtte kompleksiteten til, og gi helt nye rammer for organisering og styring av virksomheter. Energisektoren er et annet område der behovet for storskala systemer for mer optimal produksjon og distribusjon er sentralt. Mens vi i dag har betydelig formålsløst forbruk av strøm, kan "innvevd IKT" hjelpe oss til å økonomisere forbruket, ved at varme og bruk av lys kontinuerlig tilpasses brukerne og gi en mye bedre utnyttelse av energien og transportnettene.

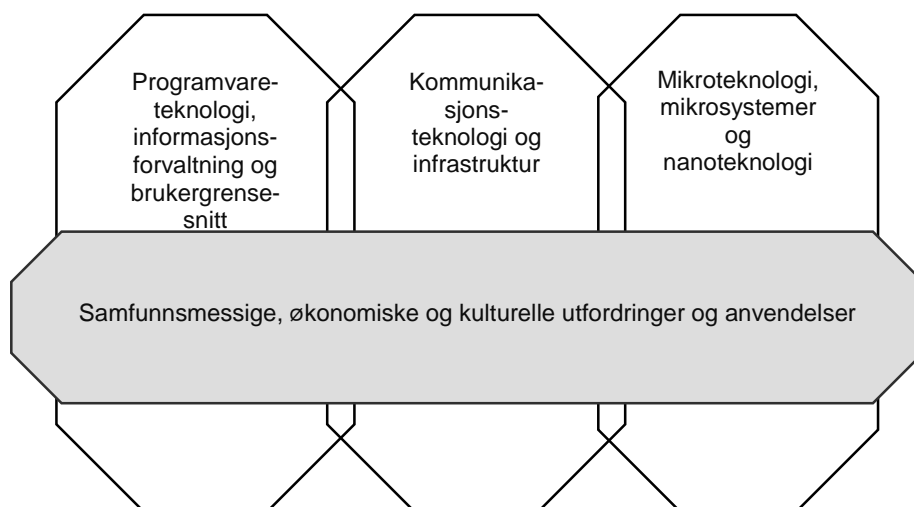
En siste kritisk faktor er oppgående, nøktern og kritisk forskningsbasert kunnskap, som på et saklig grunnlag kan avvise urealistiske forslag eller ambisjoner om "innvevd IKT" – løsninger som vil kunne skape et helt annet samfunn enn det vi ønsker oss. Visjonen om et samfunn som overvåker og kontrollerer alle, er gang på gang lansert og gjentatte ganger avvist. Det vil også gjelde "innvevd IKT" og hvordan den tas i bruk. Det er ikke tilstrekkelig med forskning på IKT som teknologi; det må også forskes på teknologien i samfunnsmessig sammenheng, og utfra en rekke perspektiver på individ, samfunn, kultur og teknologi.

### 6.3 Temaområder

I forhold til visjonen om "innvevd IKT" ser IKT-forum store forskningsutfordringer og interessante muligheter for å utvikle ny innsikt innenfor alle de vel etablerte temaområdene innenfor basis IKT og for anvendt og tverrfaglig IKT. IKT-forum ser også interessante muligheter for verdiskaping og innovasjon i IKT-næringen og i samfunnet forøvrig innenfor disse områdene. IKT-forum skisserer i det følgende tre områder for tematiske prioriteringer samt et tverrgående område:

- Informasjonsforvaltning, brukergrensesnitt og programvareteknologi
- Kommunikasjonsteknologi og infrastruktur
- Mikroteknologi, mikrosystemer og nanoteknologi
- Samfunnsmessige, økonomiske og kulturelle utfordringer og anvendelser

Figur 6.1 Temaområder for tematisk prioritering



Disse områdenes relative betydning og innbyrdes størrelse varierer og vil variere over tid. For tiden er det enorme utfordringer innenfor informasjonsforvaltning, brukergrensesnitt og pro-

gramvare, fordi de er kritiske komponenter og har betydning for også de øvrige områdene. Kommunikasjonsteknologi og nettverk er et stort område, både som følge av store teknologiske endringer innenfor nettverk og nettverksarkitektur og som følge av et stort og økende behov for større båndbredde og mer sømløse kommunikasjonsnett. Mikrosystemer og nanoteknologi ventes å få økende betydning fremover med miniatyrisering og bruk av innvevde systemer på stadig nye områder og i økende omfang. Og på tvers av disse områdene er det en rekke utfordringer knyttet til anvendelser og til den samfunnsmessige utviklingen.

En rekke *nøkkelteknologier* må utvikles og videreutvikles. Dette er de teknologiske forutsetningene for å realisere "innvevd IKT". For det første må det veves inn "intelligens" i mange flere komponenter. Dersom disse skal kunne inngå i en større systemsammenheng, kreves nye løsninger for mellomvare og distribuerte systemer. Kommunikasjonen vil i økende grad være trådløs og basert på internetteknologi over mobile nett. For å legge til rette for at slike systemer med komponenter som kan inngå i flere systemmessige sammenhenger, trengs multidomene nettverksadministrasjon, også fordi dagens adskilte stamnett og aksessnett vil konvergere. Det er behov for en ny generasjon komponenter basert på mikro-, optoelektronikk og nanoteknologi for å få tilstrekkelig raske og små komponenter.

Virkemidler for å skape tillit og tiltro må utvikles. Både sikkerhetshensyn og hensyn til personvern må ivaretas, og her skapes det utfordringer som langt overstiger de vi har sett hittil. Med grensesnitt og kommunikasjonsmuligheter overalt vil flermedialt innhold være hovedregelen. Dette krever helt nye metoder, verktøy og teknikker for produksjon, distribusjon og forvaltning av innhold. Brukeren vil møte multimodale og tilpasningsdyktige brukergrensesnitt tilrettelagt for den enkelte. Og flerspråklige dialoger vil være en selvfølge.

Elementer til denne teknologiske basisen finnes allerede, men for å realisere "innvevd IKT" må den videreutvikles, settes inn i store systemer med kommunikasjon mellom et utall komponenter. Enorme mengder informasjon skal forvaltes og formidles. Og ikke minst skal dette skje innenfor forsvarlige samfunnsmessige, kulturelle og økonomiske rammer. Her ligger det store forskningsutfordringer, som IKT-forum mener norske forskningsmiljøer bør gripe fatt i, ikke fordi visjonen nødvendigvis blir realisert, men fordi den i seg selv reiser store spørsmål der svarene kan ha stor betydning selv om utviklingen tar en annen retning.

### **6.3.1 Programvareteknologi, informasjonsforvaltning og brukergrensesnitt**

*Programvare* inngår i økende omfang i alle typer IKT-produkter og -anvendelser. Programvare inngår i stigende grad i virksomhets- eller sikkerhetskritiske systemer. Svært mye kunnskap om egenskaper, prosesser og systemer bygges derfor inn i programvare. Det er et økende behov for datasystemer tilpasset organisasjoners behov. Eksisterende informasjons- og programsystemer representerer verdier i tusentalls årsverk i utvikling og må vedlikeholdes og videreutvikles i flere tiår. Det er ikke uvanlig at 2/3 av totalkostnadene til et informasjons- og programsystem går til forvaltning, dvs. etter den initielle investeringen. I tillegg kommer organisasjonskostnader ved innføring, opplæring og senere utfasing. Metoder og teknologier for utvikling og forvaltning av store informasjons- og programsystemer er derfor viktige. Ønsket om kortere utviklingstider (jfr. inkrementell utvikling), økt kvalitet og korte produktcykluser, kan oppfylles gjennom økt gjenbruk i form av mer standardiserte og dels distribuerte programvarekomponenter. Det er også viktig å trekke kunder og brukere med i hele utviklingsprosessen. En forbedret utviklingsprosess for programvare vil kunne føre til store besparelser for samfunnet og har stor betydning for norsk IKT-nærings konkurransevne. Ved at hele utviklingsprosessen og tilhørende programvareprodukter blir gjenstand for systematiske, empiriske studier kan det oppnås reell innsikt i gamle og nye utviklingsmetoder, noe som kan bidra til å avgjøre hva som virker eller ikke virker. Gjennom bedre *programvarearkitekturer*

for distribuerte applikasjoner kan generering og konfigurering av større programsystemer ut fra enkeltkomponenter gjøres mer presist og effektivt.

*Informasjonsbehandling og -forvaltning* i en eller annen form utgjør en stor del av arbeidet i store bedrifter og organisasjoner. Informasjonsforvaltning blir mer distribuert med økt heterogenitet, både på informasjonsinnhold, realisering og tilhørende virksomhetsprosesser. Effektiv organisasjonsendring krever fleksible informasjonssystemer. Det er økende behov for multidisiplinære utviklingsteam for å håndtere utfordringer i møtet med nye brukergrupper og arbeidsprosesser. Det er behov for mer kunnskap om datastøtte for samarbeidsprosesser og om samspill mellom modellering, analyse og presentasjon i informasjonssystemer.

Etter som det meste av kunnskapshåndtering i vårt samfunn allerede er støttet av IKT, blir systemer for kunnskapsforvaltning basert på semantikk avgjørende. Det er behov for nye metoder og verktøy for å opprette, organisere, dele og spre digitalt innhold. Dette vil både omfatte produkter, tjenester, prosesser og kompetanse, og utnyttes i intern og ekstern kommunikasjon, drift og forretningsvirksomhet. Samvirket mellom et kunnskaps/datasystem og de omliggende sosiale prosesser forutsetter en tett dialog mellom bruker/kunde og utvikler. Her trengs multidisiplinær kompetanse – ikke minst hvor helt nye brukergrupper kommer til, som for ungdom, kvinner og eldre og mobile systemer med multimedia-funksjonalitet.

Enklere kunnskapshåndtering og mer naturlige og personlig tilpassede *brukergrensesnitt* trengs for å gjøre datasystemene lettere tilgjengelig for alle. Dette vil i større grad gjøre det realistisk å veve ”intelligens” inn i omgivelsene. Ved å skreddersy grensesnittene (f.eks. med bruk av tale) kan de utvikle seg over tid tilpasset den enkelte og den (arbeids)omgivelse brukeren er i. Gjennom multisensor og multimodale grensesnitt, vil datasystemenes evne til å forstå og tolke naturlige menneskelige uttrykk bli bedre, noe som vil senke terskelen for bruk av slike systemer. Også den enkeltes evne til å håndtere systemene vil forenkles gjennom flerspråklige og flerkulturelle systemer. Tale- og språkteknologi kan gi muligheten til mer naturlige brukergrensesnitt. Fullopløselige skjermer innbakt i brilleglass eller virtuelle skjermer som projiserer skjermbildet inn på retina ved hjelp av en laserstråle, vil kunne revolusjonere anvendelsesområdet for mobile mikroterminaler. Utviklingen av brukergrensesnitt er i seg selv tverrfaglig, og involverer for eksempel lingvister, kognitive psykologer, sosialantropologer, informatikere og signalbehandlere.

IKT har vært med på å forandre samfunnet fra et samfunn der vi synes å ha kontroll med *risiko og konsekvenser* til et samfunn der mange føler seg usikre på dette. Krav til *kvalitet* er derfor sentrale ved IKT-systemer. Slike ikke-funksjonelle egenskaper er vesentlige for at IKT-systemene skal kunne utføre sine oppgaver på en feilfri og trygg måte. Disse kvalitetsegenskapene omfatter sikkerhet, trygghet, pålitelighet, tilgjengelighet, ytelse og tjenestekvalitet. Det trengs mer systematiske og fleksible metoder for programvareutvikling for å garantere ulike kvalitetskrav. Det er en utfordring å utvikle metoder som sikrer at systemene utvikles, vedlikeholdes og driftes slik at de til enhver tid møter de krav som er satt til pålitelighet, sikkerhet og tilgjengelighet. En annen utfordring er å se de ikke-funksjonelle egenskapene i sammenheng. Gjensidig avhengighet mellom egenskaper gjør at de ikke kan behandles isolert. Høye krav til trygghet kan for eksempel minske tilgjengeligheten til systemet, og høy pålitelighet må ofte vurderes opp mot ytelse.

Krav og utfordringer til programvareteknologi inkluderer:

- Prosesser, metoder og teknikker for utvikling og drift av robuste og pålitelige virksomhets- og sikkerhetskritiske IKT-systemer.
- Systemutviklingsteknologier for komponentbasert utvikling.
- Systematiske metoder for å avklare konsekvenser og risiki ved ulike kvalitetskrav.

- Brukermedvirkning for å avklare og prioritere krav og sporbarhet mellom brukerkrav og realisering.
- Empiriske studier av utviklingsprosesser og programutviklingsprodukter med sikte på forbedringer i prosesser, metoder og verktøy.
- Innbakt programvare.
- Programvareteknologier og arkitekturer for distribuerte systemer.
- Selvtestende og selvorganiserende programvare og teknikker basert på programvarekomponenter.
- Støtte for samarbeidsprosesser gjennom gruppevare og arbeidsflytteknologier, og samspill mellom modellering, analyse og presentasjon.
- Tillitsteknologier som sikker ID/autentisering, mikrobetalingsystemer, biometri og bruk av avanserte krypteringsteknikker.

Krav og utfordringer til informasjonsbehandling- og forvaltning inkluderer:

- Multidisiplinær systemutvikling, herunder nye prosesser for problemanalyse og kravarbeid.
- Håndtering av uklare, motstridende og ustabile brukerkrav til et informasjonssystem for å støtte arbeidsprosesser og informasjonsforvaltning.
- Informasjonssikkerhet.
- Semantisk modellering av heterogen og distribuert informasjon med tilhørende virksomheter og virksomhetsprosesser.
- Utvikling, tilpasning og vedlikehold av store, integrerte virksomhetssystemer ("Enterprise Systems")
- Informasjonssystemer for samarbeid som er distribuert i tid og/eller rom.
- Utvikling av multimedia informasjonssystemer.
- Mobile informasjonssystemer og informasjonssystemer for konvergensteknologi, dvs for grenseflaten mellom IKT og kringkastingsmedier.
- Lagring og forvaltning av og datafangst fra store og ofte distribuerte datamengder
- Evolusjon av informasjonssystemer og informasjonssystemarkitekturer.

Krav og utfordringer til brukergrensesnitt inkluderer:

- Et naturlig opplevd brukergrensesnitt: nesten som normale menneskelige funksjoner som forstår pusting, snakking, spasering osv. og grensesnitt som tilpasser seg brukeren, omgivelsene og personlige preferanser.
- Multimodale systemer (multilinguale, multikanal og multiformål) for tale, fakter og mønstergjenkjenning og med evne til å tilpasse seg brukerkrav, herunder norsk språkteknologi.
- Design og formgivning av IKT-produkter for å gi produkter og tjenester særpreg.

### 6.3.2 Kommunikasjonsteknologi og infrastruktur

Temaområdet kommunikasjonsteknologi og infrastruktur omfatter fysisk informasjonstransport, nettverk og protokoller og distribuerte systemer og tjenester. Området utgjør ryggraden i informasjonssamfunnet, og er i stadig økende grad en forutsetning for at det moderne samfunn fungerer. Kapasitet, pålitelighet og tilgang er derfor nøkkelord i forbindelse med den kommunikasjonsteknologiske infrastrukturen.

Norges langstrakte geografi har gitt opphav til spesielle kommunikasjonsbehov, som er forsterket av det politiske ønsket om å opprettholde en spredt bosetning. Næringsstrukturen med fiske, skipsfart og kraftkrevende industri i distriktene og olje- og offshoreindustrien har forsterket kommunikasjonsbehovet. Dette har skapt en norsk industri innenfor radiokommunikasjon. Spesielt har satellittkommunikasjon vist seg å være en meget slagkraftig teknologi som ivaretar det behov som vårt naturlige utgangspunkt gir.

Digitale nettverk (inkludert Internett) vil i fremtiden fremstå i ulike former for å kunne tilby kapasitet og funksjonalitet tilpasset forskjellige behov. Nær sagt alle elektroniske innretninger og IT-anvendelser vil om få år ha kommunikasjonsfunksjonalitet. Dette øker behovet for sikkerhet, kommunikasjonskapasitet og mer optimal utnyttelse av ressursene både i nettverk og tilknyttede systemer.

*Distribuerte systemer* gjør det mulig å konstruere systemer som er mer pålitelige enn de enkelte maskinvarekomponenter som benyttes, og åpner for ubegrenset deling av data samtidig som hver enkelt bruker tilbys nødvendige datamaskinressurser gjennom å benytte ressurser koblet sammen i et nett. ”Mellomvare” er systemkomponenter som ligger mellom applikasjonene og de grunnleggende nettverks- og endesystemressursene og forenkler oppgaven med å utvikle distribuerte applikasjoner og tjenester. Konstruksjon av storskala distribuerte systemer krever kunnskaper som få, om noen, industrielle aktører besitter, herunder kunnskap om design, konstruksjon, feilfinning og feilretting, testing og drift.

Nettbaserte applikasjoner og distribuerte systemer trenger teknologi som binder sammen noder i høyhastighetsnett. Støtte for distribuert samarbeid på systemnivå krever et homogent sett med nettverkstjenester og standarder, og et høyt kvalitetsnivå på disse tjenestene. Behovet for mellomvare for distribuert samarbeid er stort. Betegnelsen GRIDS refererer til kommende applikasjoner og systemer som fokuserer på organisering av tunge, ofte dataintensive, beregninger i et nettverk av datamaskiner sammenkoblet over internett/intranett. Utvikling av mellomvare og applikasjoner for GRIDS er et viktig forskningstema i dag.

Det er behov for rikere tjenester og å forbedre tilgang til kommunikasjonsinfrastrukturer. For å møte utfordringene ”innvevd IKT” reiser, må neste generasjon trådløs, mobil- og satelittkommunikasjon utvikles. Det er behov for heloptiske nett, og bedre systemer for nettverksintegrasjon og -administrasjon. Det er behov for nye tilnæringer innenfor programvarearkitektur og distribuerte systemer for utvikling og kontroll med storskala komplekse systemer bestående av et utall kommuniserende komponenter.

Krav og utfordringer til kommunikasjonsteknologien inkluderer:

- Håndtering av kompleks heterogenitet med sømløs mobil og fastnett infrastruktur og med akseptabel tjenestekvalitet
- Konvergens mellom aksess- og stamnett
- Optisk svitsjing
- Dynamisk rekonfigurerbare nettverk, programmerbare aktive nettverk
- Mer optimal utnyttelse av eksisterende og nye frekvensområder for ytterligere kapasitetsøkning
- Teknikker (f.eks. adaptasjon, filtrering) for tjenestekvalitet koplet til fysisk transport, signalbehandling og effektiv bruk av kanalen.

Krav og utfordringer til infrastruktur og nettverkene inkluderer:

- Dynamiske og massivt distribuerte nettverk av enheter med utallige kommuniserende enheter over ulike kommunikasjonsnett (trådløst, kabel, mobil, fast)
- Konfigurering av distribuerte nettverk på ad hoc basis for kortvarige oppgaver med mange aktører og komponenter, eksempelvis mikrobetalingsystemer for innhold
- Multidomene nettverk med innebygd ”intelligens”
- Distribuert dataforvaltning og lagringssystem,
- Mellomvare og agentteknologi

- Håndtering av heterogenitet og skalerbarhet for distribuerte systemer, tjenester og applikasjoner
- Ende-til-ende tjenestekvalitet i nettverk og distribuerte systemer
- Sikkerhet og pålitelighet i transaksjoner og infrastrukturer (for e-handel, forvaltning, m.v.)
- Optimalisering med hensyn på ytelse og ressursforbruk for distribuerte systemer

### 6.3.3 Mikroteknologi, mikrosystemer og nanoteknologi

Visjonen om ”innvevd IKT” vil realiseres ved at grensene for miniatyrisering tøyres. Komponentene får økt kosteffektivitet og forbedret funksjonalitet. Kunnskap om design og produksjon av mikro/optoelektroniske og fotoniske komponenter vil være essensielt. Utviklingen innenfor, mikroteknologi, mikrosystemer og nanoteknologi krever nye materialer og man nærmer seg kvanteenheter. Det er også behov for nye modeller og konsepter for databehandling

Mikroteknologiens første store kommersielle resultat, mikroelektronikken, utgjør det materielle grunnlaget for dagens IKT-produkter. Utviklingen av elektronikken følger fortsatt en rivende utvikling med dobling av regnekraft og lagringskapasitet hver 18. måned, og helt nye komponenter vokser frem; mikrosystemene. Mikrosystemene omfatter mikrokomponenter som i tillegg til mikroelektronikk inneholder enheter som kan måle og kontrollere fysiske parametere, utføre fysiske operasjoner og kommunisere med omverden.

Steget fra mikroelektronikk til mikrosystemer muliggjør anvendelse av billig datakraft i stadig flere produkter. Trenden går i retning av systemer bestående av små og *miniatyriserte anvendelsesspesifikke mikrosystemer* som kommuniserer over trådløse nettverk. Det forventes en enda mer omfattende utvikling på maskinvaresiden de neste 20 årene enn den vi har opplevd de siste 20 år. Instrumenteringsalderen kommer.

Som mikroelektronikken gjorde IKT til allemannseie vil mikrosystemene skape en instrumentert hverdag for oss alle. De vil åpne for betydelige forbedringer og besparelser innenfor sentrale samfunnsområder som helse, miljø, informasjon, kommunikasjon, underholdning, mobilitet og næringsmidler. De *miniatyriserte instrumenteringssystemene* vil finne et utall av nye anvendelser; implantert i menneskekroppen, i alle hvitevarer, i leketøy, i smarte klær og i våre omgivelser for å kontrollere miljøet. De vil utgjøre forutsetningen for ”innvevd IKT”.

I løpet av de neste 20 år vil maksimal kompleksitet på en silisiumbrikke ha økt fra ca 40 millioner transistorer i dag, til over en milliard. Lavt energiforbruk for mobile enheter og selvtestende systemer krever nye løsninger. Nye funksjonelle materialer, både elektroniske og sensoriske blir nødvendige.

Utviklingen av mikrosystemene vil kreve ny kompetanse og forståelse ned til atomært nivå hvor forskningen innenfor nanoteknologi<sup>23</sup> vil spille en vesentlig rolle, og åpne muligheter for å lage systemer der egenskapene til enkeltmolekyler fullt ut blir benyttet

Nye markeder vil vokse frem, fra nisjeområder som instrumentering i fiskemærer til volummarkeder som ”smarte” kjøleskap. I Norge finnes en sterk *instrumenteringsindustri*, spesielt mot maritim- og offshoremarkedet. Vi har høyt utdannet arbeidskraft til konkurransedyktig pris og sterke nasjonale fagmiljøer med betydelig internasjonalt nettverk. Nisjeorientering passer godt for en fokusert norsk satsing på både utvikling av egne produkter og egenproduksjon. Norge har mange selskaper med betydelig vekstpotensiale.

<sup>23</sup> Nanoteknologi betegner teknikker for å manipulere stoffer eller materiale på nanometernivå, og er sentralt bl.a. i forbindelse med miniatyrisering.

Mens mikroteknologien i hovedsak tidligere har vært basert på kunnskap innen elektronikk, materialfysikk og dels kjemi og optikk, skaper den brede anvendelsen av mikrosystemene i realiseringen av ”innvevd IKT”, et behov for en mye bredere kunnskapsplattform som også vil kreve kompetanse innen områder som medisin, mekanikk, kjemi, biologi m.v.

Krav og utfordringer til mikroteknologi og mikrosystemer inkluderer:

- Maskinvaren skal være svært lite påtrengende (”unobtrusive”) og den genererer strøm selv
- Større ytelse, ytterligere miniatyrisering og ny funksjonalitet krever videreutvikling av design, test og produksjonsprosesser.
- Samkonstruksjon av maskinvare og programvare
- Det må utvikles nye skjermtyper, smarte overflater, maling og film med smarte egenskaper,
- Aktive enheter med sensorer og aktuatorer trengs til grensesnittsystemer
- Ny kompetanse og forståelse ned til atomært nivå hvor forskningen innen nanoteknologi vil spille en vesentlig rolle, og åpne muligheter for å lage systemer der egenskapene til enkeltmolekyler fullt ut blir benyttet
- Brukergrensesnitt og bruksomgivelser som er konsistente

#### **6.3.4 Samfunnsmessige, kulturelle og økonomiske utfordringer og anvendelser**

”Innvevd IKT” skaper muligheter for nye anvendelser. Det er behov for å utvikle kunnskap om nye teknologier, løsninger og anvendelser som kan møte store og viktige samfunnsmessige og økonomiske utfordringene i forhold til helse, mobilitet, sikkerhet og miljøovervåking og kulturelle utfordringer knyttet til fritid, opplevelser og bevaring av kulturarven. Innenfor næringslivet er elektronisk og mobil forretningsdrift, sikre transaksjoner og pålitelige infra-strukturer sentralt. Robotteknologi vil overta mye lagerhold, bestilling og levering av varer og tjenester. Det er behov for nye arbeidsverktøy, behov for løsninger for eLæring og systemer som legger til rette for en døgnåpen elektronisk forvaltning.

I nærings- og samfunnsliv trengs kunnskap om de transformasjoner innføring av storskala distribuerte systemer inkludert anvendelser av GRIDs, vil medføre for å håndtere komplekse problemer i miljø, energi, helse, transport og industriell design. For eksempel vil sensorteknologi redusere behovet for laboratorieservice i helsevesenet ved at sensorer blir plassert på pasienten ved innleggelse og overvåker biologiske funksjoner og klinisk kjemiske verdier. All medisinsk informasjon blir digitalisert og kommunisert ved hjelp av telemedisinske systemer, spesielt i servicetjenester innenfor bildediagnostikk. Sykehusene vil endre organisering og struktur pga endrede oppgaver. Store sentra vil ved hjelp av telemedisin ta over de tyngre servicefunksjoner, mens enkle operative funksjoner vil bli desentralisert.

Nettbaserte applikasjoner muliggjør nye typer samarbeid. Gjennom samhandlingsteknologi og teknologi for nettbasert læring (skapes organisasjoner og sosiale enheter som raskt kan sette sammen distribuerte grupper og kompetanse, eller tilegne seg ny kompetanse. Lange avstander i Norge, samt at Internett allerede er blitt en selvfølgelig teknologi for mange, gjør samhandlingsteknologi og systemer for nettbasert læring til sentrale applikasjonsområder.

Teknisk programvare omhandler utvikling av metoder, teknikker og programvare for dataintensive beregninger. Stadig tyngre og mer omfattende beregninger basert på avanserte modeller av fenomener og prosesser har gitt oss ny kunnskap og erkjennelse innen praktisk talt alle områder i samfunnet. Et aktuelt eksempel er de store utfordringene som avdekkes innenfor bio-/nevroinformatikk i forbindelse med kartlegging av det menneskelige proteom. Kunnskapsutviklingen i den post genome tidsalder vil kreve nye IKT-løsninger, driver frem datasy-

stemer med større regnekraft og lagringskapasitet, og vil ikke minst påvirke store deler av det IKT-faget vi kjenner i dag. Innen medisin ser vi nå at såkalt ”*in silico*” forskning blir et supplement og delvis et alternativ til *in vivo* og *in vitro* eksperimenter. Tilsvarende utvikling ser vi innen klassiske naturvitenskaper der simuleringer utgjør et stadig viktigere verktøy for forskningen. Utviklingen har åpnet en tredje vei til erkjennelse; mens man tidligere baserte sin innsikt på fysiske eksperimenter og matematiske modeller, blir nå bruken av numeriske simuleringer stadig viktigere for å forstå naturvitenskapelige prosesser. Værmelding, klimautvikling og utvinning av olje og gass er eksempler på fagområder der bruk av simuleringer utgjør grunnlaget for virksomheten. Samspillet mellom IKT-forskningen og klassisk naturvitenskap, teknologi og medisin står foran enorme utfordringer i årene som kommer. Hele grunnlaget for naturvitenskaplig forskning er i ferd med å endres.

Vi har allerede sett *transformasjoner med IKT* i en rekke sektorer, og stadig flere samfunnsområder blir berørt. Men ikke alle transformasjoner lykkes. Noen stoppes fordi premissene var helt feil, andre gir konsekvenser som menneskelig, økonomisk eller samfunnsmessig er uakseptabelt. For å forstå dette bedre er det behov for tverrfaglig forskning i samarbeid med IKT-næringen. Problemstillinger knyttet til den IKT-baserte økonomien, verdiskapningen og IKT, regulering av IKT, IKT i det globale samfunnet og internasjonalisering av IKT-produkter og tjenester er viktige forskningsområder.

Et av de mest fremtredende utviklingstrekk i samfunnet fremover vil være økt *mobilitet* ved hjelp av IKT som åpner for større fleksibilitet i organiseringen i hverdags- og arbeidsliv. Neste generasjon mobilnett med Internett, multimediamkommunikasjon, epost etc. ventes å gjøre mobil kommunikasjon enda mer alminnelig. Mobilkommunikasjon åpner muligheten for ekstremt fleksibel organisering og stedsuavhengighet noe som kan medføre fremvekst av et mer ”nomadisk”, flatere og mer skreddersydd samfunn. Men det er ikke gitt at det vil bli et mer fragmentert samfunn. Og vi vet lite om hvilke konsekvenser dette vil ha for samfunnets sosiale og kulturelle kvalitet. Hvilke nye koder og genre i språk og skrift vokser frem som følge av mobilkommunikasjon? Og gir mobilkommunikasjon bedre muligheter for organisering av kriminalitet og illegalitet?

”*Innhold*” er i endring og utviklingen går i retning ”*digitalt i alle kanaler*” som følge av konvergens mellom tradisjonelle medier og IKT. Utviklingen preges av fremveksten av nye digitale medier og nye formidlingskanaler, som for eksempel bredbånd, nye konsesjonsregimer og reguleringsgrep og strukturelle endringer i medie- og innholdsindustrien. Viktige spørsmål er hva som hindrer og fremmer konvergenstendenser og hvordan samfunnets interesser kan ivaretas, herunder om det er mulig å lage reguleringsregimer som kan ivareta alle interesser. Hele mediesektoren står overfor store utfordringer, både i å utvikle og etablere nye forretningsmodeller og strukturer. Det er også endringer i hvordan mediene brukes. Vil økt interaktivitet i bredbåndsmidlene skape nye publikumssegmenter med nye former for innholdsproduksjon? Hva kan skje med design og uttrykksform? Ikke minst har Norge som et lite land særlige utfordringer mhp språk og kultur. Hva skal til for å bevare mediemangfoldet? Selv om en god del av disse problemstillingene tilhører andre fag, er det også tverrfaglige problemstillinger innenfor området. Ikke minst gjelder det innholdsproduksjon der det utvikles nye metoder, teknikker og verktøy og legges grunnlag for helt nye genrer og medietyper med flermedialitet og flerkanal innholds- og kommunikasjonsformer. Spill og underholdning er sentralt, og det vil bli utviklet nye genrer, typer spill, nye fortellerteknikker og nye former for interaktivitet.

*IKT som kultur* har gitt grunnlag for en rekke nye symboler, retorikker, ytringsformer, fortellinger og diskurser. Det er mange og ulike individuelle og kollektive opplevelser av IKT og det finnes mange ulike strategier for mestring av IKT. Det har oppstått skillelinjer mellom de som makter å forholde seg til kulturens språk og koder, og er satt fokus på konsekvenser av å bli satt utenfor. Det er derfor behov for kunnskap om hva som kan gjøre IKT til en venn eller

fiende. Mange problemstillinger er knyttet til formgivning av IKT, både når det gjelder brukergrensesnitt, design og estetiske faktorer, men også bruk av symbolsystem, kommunikasjonssystem og muligheter og begrensninger i teknologien som sådan. IKT er blitt en del av kulturindustrien, og det har vokst frem motkulturer basert på IKT, samtidig som tradisjonelle kulturformer har bidratt til IKT. I dette møtet skapes både nye kulturformer og nye genrer.

Kunnskap om hvordan *rettslige rammevilkår* endres er svært viktig. Det er for eksempel langt vanskeligere å beskytte investeringer i programvare og andre rene kunnskapsprodukter, enn investeringer i mer tradisjonelle produkter fordi kostnadene nesten utelukkende er knyttet til produktutvikling, mens (re)produksjonen koster forsvinnende lite. Dette innebærer at metoder for og kunnskap om beskyttelse av teknologi gjennom bl.a. immaterialrett er en viktig forutsetning for å kunne ta vare på de investeringer som gjøres i teknologiutvikling, og vi trenger langt mer kunnskap om distribusjonskanalene for rettighetsbeskyttede digitale produkter. Nye organisasjonsmønstre og nye tjenester krever nye samarbeidsformer, herunder nye avtaleformer, avklaring av ansvarsfordeling, m.m.. Vi har en lang tradisjon i å håndtere avtaler om produksjon, distribusjon og salg av varer. Men vi mangler kunnskap om de *avtaler* som trengs i en *nettverksbasert tjenesteøkonomi*. Retten er tradisjonelt territoriell, slik at det enkelte lands lover gjelder innfor dette lands territorier. Dette grunnprinsipp utfordres av de globale nettverk. De uavklarte forhold på dette området medfører betydelig forretningsmessig risiko. En relatert utfordring er utvikling av nye modeller for håndtering av tvister som oppstår i internasjonal nettbasert virksomhet.

IKT har vært en del av vår teknologi- og samfunnsutvikling gjennom hele forrige århundre. Fortsatt er det ubesvarte spørsmål i et *historisk perspektiv* om "IKT-revolusjonen" representerer et paradigmeskifte eller bare en ordinær teknologiforbedring. Få av de omfattende transformasjonene som har skjedd, er analysert. Og Internettets historie i Norge og norsk IKT-nærings historie er ennå ikke skrevet. Siden vi også i årene fremover venter at IKT vil spille en sentral rolle i omformingen av samfunnet, ville det være nyttig å få utarbeidet forskningsbaserte *scenarier* for IKT mot 2030 med transformasjoner av hverdagsliv, næringsliv, arbeidsliv og samfunnet.

Krav og utfordringer til anvendelser og samfunnsmessige, økonomiske og kulturelle forhold inkluderer:

- Nye, gjennomgripende og omsluttende anvendelser på viktige samfunnsområder
- Nettbaserte anvendelser og distribuerte applikasjoner for ulike former for samarbeid, læring, undervisning, kunnskapsdeling m.v.
- Transformasjoner med IKT og hva som kreves for å lykkes
- Mobilitet, endringer i organisering og samfunnsmessige konsekvenser
- Innhold, konvergens og nye medier, språkteknologiske anvendelser, norsk språkbank
- IKTs kulturelle betydning og hvordan IKT kan bidra til å bevare kulturarven
- Rettslige rammevilkår for nettbasert tjenesteyting og forretningsvirksomhet
- IKT i historisk perspektiv og fremtidsperspektiver på IKT i samfunnet
- Anvendelse av IKT i klassiske naturvitenskaper, teknologi og medisin

## 6.4 Anbefalinger

Viktige kriterier når denne strategien skal konkretiseres mhp. innretning og temaområder er:

- Samfunnsmessig viktighet, herunder bidrag til verdiskapning på kort og lang sikt og innovasjon
- Bidrag til utfordringer knyttet til sårbarhet, sikkerhet, pålitelighet og tillit
- Anvendelser av stor vitenskapelig og samfunnsmessig betydning

- Særlige norske utfordringer, knyttet bl.a. til norsk språk og kultur, vår geografi, nærings- og bosettingsmønster, og plassering i forhold til viktige markeder

IKT-forum anbefaler at IKT-forskningen fremover gis følgende innretning:

- Det satses på IKT-forskning innenfor de tematiske områdene som er presentert foran. Spesielt prioriteres områder med verdiskapings- og nyskapingspotensial, sterke norske fagmiljøer, samt områder med stor potensiell nærings- og samfunnsmessig nytte eller kulturell verdi.
- Det satses på IKT-forskning i skjæringsflaten med de øvrige prioriterte områdene i Forskningsmeldingen: medisinsk og helsefaglig forskning, marin forskning og forskning i skjæringsfeltet mellom energi og miljø.
- Det satses for å sikre basiskompetansen innenfor IKT gjennom en generell styrking av de eksisterende miljøene ved universiteter, høyskoler og institutter.
- Det satses på kvalitet, bl.a. gjennom SFF-ordningen og internasjonale peer-reviews for å utvilke forskningsgrupper på høyt nivå.

IKT-forum ser det som avgjørende at satsingen kombinerer bredde og kvalitet med tematisk prioritering, og at dette ses i lys av IKT-næringens, næringslivet forøvrig og samfunnets behov for ny forskningsbasert kunnskap. Det må legges særlig vekt på forskning som bidrar til verdiskaping, som har industrialiseringspotensial og som bidrar til nyskaping, innsikt og innovasjon – ikke minst på lang sikt. Men dette betyr ikke nødvendigvis snever avgrensning innenfor temaområdene. Både grunnleggende forskning og mer anvendt forskning vil gi viktige forskningsbaserte bidrag med stor samfunnsnytte og verdiskapingspotensial.

IKT-forum ser likevel behov for å foreslå noen konkrete prioriteringer innenfor temaområdene, for å sikre at Norge har sterke toneangivende miljøer og fremragende kompetanse på områder som har eller vil få stor betydning fremover. Nedenfor følger IKT-forums forslag til prioriteringer innenfor de fire temaområdene:

Temaområde og prioriteringer	Kommentar
<b>1. Programvareteknologi, informasjonsforvaltning og brukergrensesnitt</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Prosesser, metoder og teknikker for utvikling og drift av robust og pålitelig programvare for virksomhets- og sikkerhetskritiske IKT-systemer, herunder empiriske studier av utviklingsprosesser og programvareutviklingsprodukter med sikte på forbedringer i prosesser, metoder og verktøy.</li> </ul>	<p>Siden IKT-systemer tas i bruk på de fleste områder i nærings og samfunnsliv, blir kvalitet på programvare og gode grensesnitt tilpasset brukeren og bruksomgivelsene avgjørende. Av samme grunn er metoder og teknikker for å utvikle storskala systemer og for forvaltning av enorme informasjonsmengder sentralt. På dette området er det en rekke sterke fagmiljøer i Norge, og vi har en stor programvareindustri som trenger slik kunnskap.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Informasjonsforvaltning med håndtering av uklare, motstridende og ustabile brukerkrav, semantisk modellering av heterogen og distribuert informasjon og tilhørende prosesser, samt lagring og forvaltning av store distribuerte datamengder og evolusjon av informasjonssystemer og informasjonssystemarkitekturer.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tillitsteknologier som sikker ID/autentisering, mikrobetalingsystemer, biometri og bruk av avanserte krypteringsteknikker.</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>– Brukergrensesnitt som tilpasser seg brukerens krav, preferanser og omgivelser, herunder multimodale systemer (multilinguale, multikanal og multiformål) for norsk tale, mønstergjenkjenning, gestikulering m.v.</li> </ul>	
<b>2. Kommunikasjonsteknologi og infrastruktur</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Håndtering av kompleks heterogenitet med sømløs mobil og fastnett infrastruktur og med krav til tjenestekvalitet og mer optimal utnyttelse av frekvensressurser for å øke kapasiteten i trådløs kommunikasjon.</li> </ul>	<p>Konvergens mellom faste og mobile nett og økende vekt på mobil kommunikasjon skaper forskningsutfordringer som sterke norske fag- og forskningsmiljøer har gode forutsetninger til å bidra til. Bygging av store og massivt distribuerte nettverk og systemer er en sentral utfordring fremover, og vil bl.a. kunne bidra til løsninger knyttet til tjenestekvalitet og betaling for innhold på nettet, en utfordring som er sentral for videre utvikling og fremvekst av bredbånd.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dynamisk rekonfigurerbare nettverk, herunder programmerbare aktive nettverk, og dynamiske, massivt distribuerte ad hoc nettverk med utallige aktører og enheter for kortvarige oppgaver, eks. mikrobetalingsystemer for ”innhold”.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Håndtering av heterogenitet og skalerbarhet for distribuerte systemer, tjenester og applikasjoner.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sikkerhet og pålitelighet i transaksjoner og infrastrukturer (for e-handel, e-forvaltning m.v.)</li> </ul>	
<b>3. Mikroteknologi, mikrosystemer og nanoteknologi</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Design, test og produksjonsprosesser for økt ytelse, ytterligere miniatyrisering og ny funksjonalitet</li> </ul>	<p>Mikrosystemer og ytterligere miniatyrisering ved hjelp av nanoteknologi skaper store forskningsutfordringer innenfor et bredt IKT-faglig spekter, og ventes å være et viktig område for nyskaping, innovasjon og verdiskaping fremover.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktive enheter med sensorer til grensesnittsystemer</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Miniatyriserte instrumenteringssystemer</li> </ul>	
<b>4. Samfunnsmessige, økonomiske og kulturelle utfordringer og anvendelser</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nettbaserte anvendelser og distribuerte applikasjoner for ulike former for nettbasert samarbeid, læring, undervisning, forskning, kunnskapsdeling m.v.</li> </ul>	<p>En rekke nye utfordringer oppstår når distribuerte nettbaserte løsninger skal tas i bruk, og særlig når et stort antall brukere og organisasjoner skal delta i en transformasjon til en helt ny måte å organisere og utføre oppgaver på. Også de rettslige rammevilkåene må oppdateres, når de forretningsmessige omgivelsene endres. Et område der dette er særlig synlig er de endringer vi ser i media og innholdsindustrien. Norge og norske fagmiljøer har gode muligheter til både teoretisk og empirisk forskning, bl.a. fordi Norge har høy utbredelse og bruk av IKT i så godt som alle samfunnssektorer.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Empiriske studier av store transformasjoner med IKT som lykkes og ikke lykkes.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Innhold, konvergens, nye medier og språkteknologi.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rettslige rammevilkår og forretningsmodeller for nettbasert tjenesteyting og forretningsvirksomhet.</li> </ul>	

## 7. Handlingsplan og gjennomføring

IKT-forum har ikke sett det som sin oppgave å foreslå konkrete handlingsplaner med tidsfrister, ansvarlige og medvirkende til gjennomføringen av det enkelte tiltak. Dette må gjøres i den videre oppfølgingen av denne strategien og sees i forhold til finansieringen av satsingen. De viktigste aktørene i dette arbeidet vil være Forskningsrådet samt de mest sentrale bevilgende departementene, Kirke-, utdannings- og forskningsdepartementet, Nærings- og handelsdepartementet og Samferdselsdepartementet. IKT-forum understreker at IKT-næringen og IKT-forskningsmiljøene bør trekkes aktivt med i planleggingen. IKT-forum kan om ønskelig ivareta en koordinerende rolle i denne prosessen og være et felles samlende kontaktpunkt.

For å møte hovedutfordringene fremover mener IKT-forum det er behov for en tredobling av den offentlig finansierte IKT-forskningen innen 2005. Dette innebærer en økning fra dagens 350 mill. kroner til 1 mrd. kroner innen 2005 og vil redusere etterslepet som har oppstått i forbindelse med det økte studentopptaket og den raske utviklingen i IKT-næringen de senere årene. Det er et samlet finansieringsbehov på 1,9 mrd. kroner for denne 4-årsperioden.

Dersom dette gjennomføres, foreslår IKT-forum en påfølgende dobling av den offentlig finansierte IKT-forskningen i perioden 2006-2010, slik at det blir en bedre balanse mellom den offentlig finansierte IKT-forskningen og IKT-næringens egenfinansierte FoU-innsats. Dette vil kreve ytterligere 3 mrd. kroner i friske midler for denne 5-årsperioden. Samlet vil IKT-forums forslag innebære en satsing på 8,15 mrd. kroner for 9-årsperioden 2002-2010.

Det er viktig at tiltakene konkretiseres raskt, slik at den foreslåtte profilen i opptrappingsplanen fra IKT-forum kan følges opp. I sitt forslag har forumet forsøkt å gripe fatt i de mest preserende utfordringene som vil legge fundamentet for en stor og vellykket satsing på IKT-forskningen i Norge frem mot 2010.

Forumet mener det i første omgang (2002-2005) i særlig grad er behov for et løft på følgende områder og indikerer hvordan økningen fra dagens 350 mill. kr. til 1 mrd. kr. bør fordeles:

- 250 mill.kr. foreslås til en styrking av forskerrekutteringen gjennom dr.gradsstipender og postdocstipender, samt den forskningsbaserte undervisningen og til å bedre rammebetingelsene for lærerne/forskerne. Det er i dag personellmangel på flere av IKT-instituttene ved universitetene/høgskolene. Stillinger står ledige pga mangel på kvalifiserte søkere, og i noen fag er det et svært stort antall studenter pr. lærer. Her er det behov for betydelige strakstiltak. (Strategi 1 og 2)
- 250 mill.kr. foreslås til en økning i anvendt næringsrettet IKT-forskning, bl.a. på avanserte anvendelser og innovativ bruk av IKT, utstys-, programvare- og tjenesteutvikling, bredbånd og til økt internasjonal deltakelse og kunnskapsoverføring. Norge er blant de ledende i verden når det gjelder utbredelse av IKT, men det er behov for kvalifiserte forskere og forskningsbasert kunnskap for å sikre verdiskaping og å realisere de samfunnsøkonomiske gevinstene av IKT-investeringene. (Strategi 3 og 4)
- 100 mill.kr. foreslås til å styrke tverrfaglig IKT-forskning. Dette omfatter bl.a. forskning med innretning mot konvergensmediens behov for innholdsproduksjon, forskning på effektiv utnyttelse av IKT i bedrifter og organisasjoner og forskning på IKT i forhold til norske kulturelle forhold. Dette vil også omfatte bl.a. forskning for å frembringe mer kunnskap om IKTs samfunnsøkonomiske betydning og å adressere sentrale samfunnsmessige utfordringer som følger av fremveksten av informasjons- og kunnskapssamfunnet

f.eks. i forhold til lov og rett og samfunnsmessige forhold som bidrar til en bærekraftig utvikling. Videre må forskningen rettet mot intensivt bruk av IKT innen naturvitenskap, teknologi og medisin styrkes.

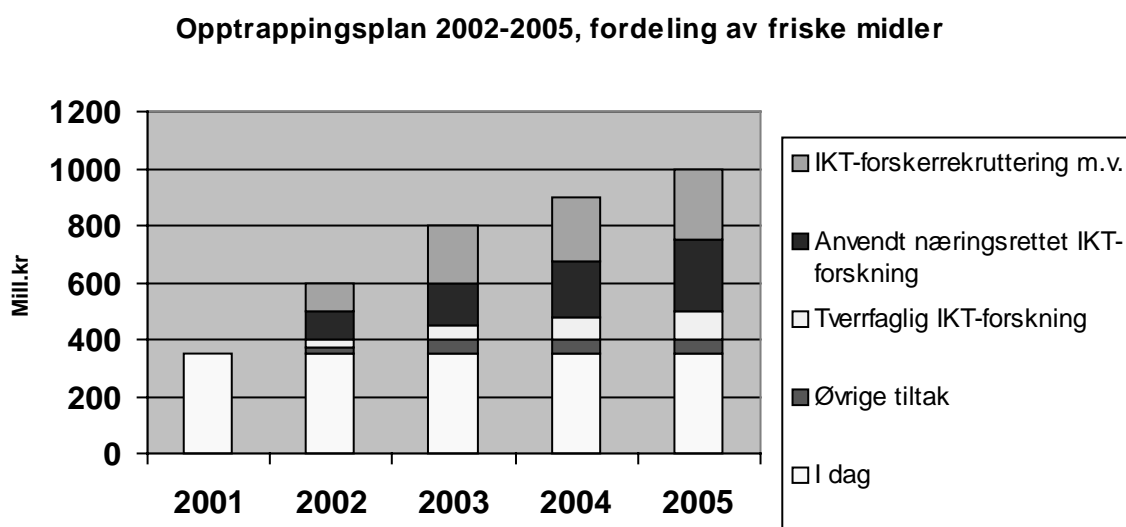
- 50 mill.kr. foreslås til tiltak som bl.a. forskningsformidling, miljøstøtte, etablering av en ordning med ”foresight”-studier, m.v.

Tabell 6. 1 Opptrapping første fase, 2002-2005, med forslag til fordeling

I mill.kr. (2001-kroner)	2002	2003	2004	2005	Sum 2002- 2005
IKT-forskerrekruttering m.v.	+100	+100	+25	+25	<b>+250</b>
Anvendt næringsrettet IKT-forskning	+100	+50	+50	+50	<b>+250</b>
Tverrfaglig IKT-forskning	+25	+25	+25	+25	<b>+100</b>
Øvrige tiltak	+25	+25	+0	+0	<b>+50</b>
Økning i friske midler pr. år	<b>+250</b>	<b>+200</b>	<b>+100</b>	<b>+100</b>	<b>+650</b>
I dag (Tall fra 2000-budsjettet)	350	350	350	350	350
Totalt pr. år	<b>600</b>	<b>800</b>	<b>900</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>
Akkumulert økning friske midler fra 2002	+250	+450	+550	+650	<b>+1900</b>

I den første perioden foreslår IKT-forum at IKT-forskerrekruttering og anvendt næringsrettet IKT-forskning får den største andelen av de friske midlene. Innenfor forskerrekuttering legges det opp til en stor vekst i de første årene og påfølgende utflating, mens anvendt næringsrettet IKT-forskning etter første året får en noe flatere vekst. Innenfor tverrfaglig IKT-forskning legges det opp til en jevn vekst i hele perioden. De øvrige tiltakene som bl.a. er rettet mot forskningsformidling, etablering av en ”foresight”-ordning m.v., får tildelinger i de to første årene. Profilen IKT-forum foreslår er altså en kraftig initiell vekst som avtar noe utover i perioden. Det forutsettes at de årlig tilførte friske midlene videreføres i hele perioden og fremover.

Figur 6.2 Opptrappingsplan 2002-2005 med fordeling av friske midler

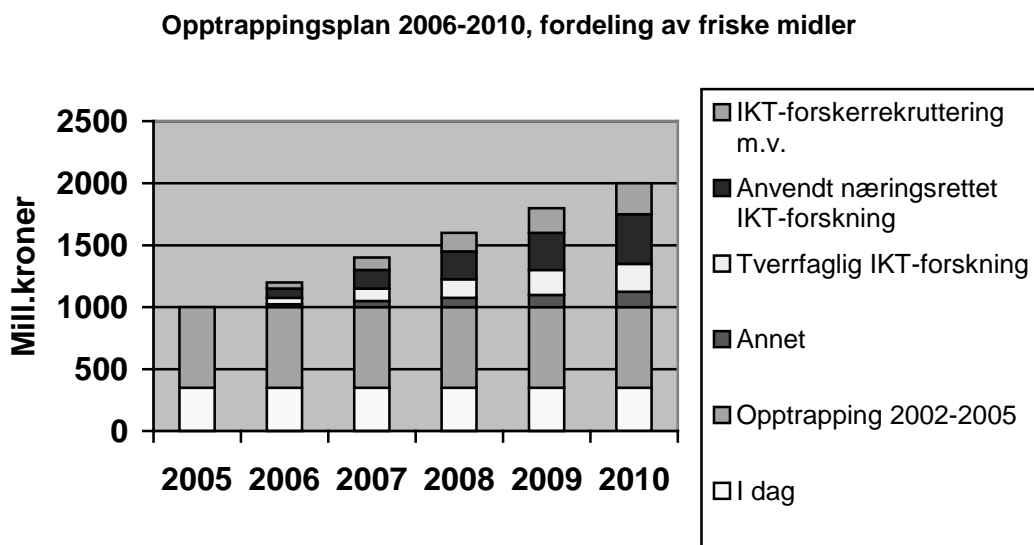


For perioden 2006 til 2010 har IKT-forum foreslått en tentativ jevn lineær vekst for alle områdene, se tabell 2. Forutsetningene for denne veksten er at de tiltakene som iverksettes i første periode gir ønsket effekt bl.a. i form av flere dr.gradskandidater og økt forskerrekuttering.

Tabell 6.2 Opptrapping andre fase, 2006-2010, med skisse av forslag til fordeling

I mill.kr. (2001-kroner)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Sum 2006- 2010	Sum 2002- 2010
IKT-forskerrekuttering m.v.	250	+50	+50	+50	+50	+50	<b>+250</b>	<b>+500</b>
Anvendt næringsrettet IKT-forskning	250	+75	+75	+75	+75	+100	<b>+400</b>	<b>+650</b>
Tverrfaglig IKT-forskning	100	+50	+50	+50	+50	+25	<b>+225</b>	<b>+325</b>
Øvrige tiltak	50	+25	+25	+25	+25	+25	<b>+125</b>	<b>+175</b>
<b>Økning i friske midler</b>		<b>+200</b>	<b>+200</b>	<b>+200</b>	<b>+200</b>	<b>+200</b>	<b>+1000</b>	<b>+1650</b>
I 2005	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	350
<b>Totalt pr. år</b>	<b>1000</b>	<b>1200</b>	<b>1400</b>	<b>1600</b>	<b>1800</b>	<b>2000</b>	<b>2000</b>	<b>2000</b>
Akkumulert økning friske midler fra 2005		+200	+400	+600	+800	+1000	+3000	-
Akkumulert økning friske midler fra 2002	<b>+1900</b>	+850	+1050	+1250	+1450	+1650	<b>+6250</b>	<b>+8150</b>

Figur 6.3 Opptrappingsplan 2006-2010 med fordeling av friske midler



## Referanser

Forskningsrådet: Handlingsplan for IKT-forskningen i Forskningsrådet, oktober 2000  
Forskningsrådet: Grunnleggende IKT-forskning (IKT2010). Programplan, mars 2000  
Forskningsrådet: Grunnleggende IKT-forskning (IKT2010). Handlingsplan, februar 2000  
Forskningsrådet: Langtidsplan for informasjons- og kommunikasjonsteknologi, april 2000

Information Technology Research within the Technical-Industrial Research Institutes in Norway. An Evaluation, Forskningsrådet desember 1995

Informatikk: Research and Teaching in Norway. A Critical Evaluation, NAVF 1992

Høringsuttalelser. Informatikk: Research and Teaching in Norway. A Critical Evaluation, Forskningsrådet 1993

Forskningsrådet: Evaluering av informatikk ved norske universiteter. Konklusjoner og forslag til tiltak 1993

EU-kommisjonen/IST: ISTAG Scenarios for Ambient Intelligence in 2010, CEU 2001

UK Foresight studies, 2001

US President's IT Advisory Committee: Information Technology Research: Investing in Our Future, februar 1999

J. Hartmanis and H. Lin (ed.): Computing the future: a broader agenda for computer science and engineering. National Research Council, National Academy Press, 1992.

NOU 2000: 24 Et sårbart samfunn - Ufordringer for sikkerhets- og beredskapsarbeidet i samfunnet

SSB m.fl.: The ICT Sector in the Nordic Countries, utgitt desember 2000

SSB m.fl.: Use of ICT in Nordic enterprises 1999/2000, utgitt januar 2001

SSB: IKT-statistikk for sysselsetting (utgitt nov 2000), omsetning (utgitt nov 2000), verdiskapning (utgitt des 2000), eksport (utgitt april 2000), se <http://www.ssb.no/emner/10/03/ikt/>

SSB: IKT i næringslivet. Rapporter 2000/24, utgitt september 2000

SSB: FoU-statistikk 1999 (utgitt januar 2001), se <http://www.ssb.no/emner/10/03/fou/>

Post- og teletilsynet: Det norske telemarkedet. Statistikk og analyse 1999, utgitt november 2000.

Reve et.al. Et verdiskapende Norge, Universitetsforlaget 2001

Fjeldstad, Andersen, Viken: Verdiskaping og internasjonal konkurransedyktighet i norsk IKT-sektor, BI Research report 11/2000

Stortingsmelding nr. 39 (1998-99) Forskning ved et tidsskille

MIT Oxygen: <http://www.lcs.mit.edu/>

## Medlemmer i IKT-forum

- Frank Eliassen (UiO) (leder)
- Sigurd Gjertsen (IKT Norge)
- Jørn Sørstad (Abelia/NHO)
- Marit Døving (Consorte)
- Per Kveim (Software Innovation)
- Morten Toverud (Tandberg Data)
- Hilde Lovett (Telenor FoU)
- Helge Godø (NIFU)
- Reidar Conradi (NTNU)
- Torbjørn Svendsen (NTNU)
- Mette Vestli (SINTEF)
- Anders Hanneborg (SINTEF)
- Andreas Opdahl (UiB)
- Aslak Tveito (UiO)
- Knut Lundby (UiO)
- Dag Johansen (UiTø)

### Sekretariat:

- Kjell Ove Kjølaas, Norges forskningsråd
- Jostein Håøy, Siemens Business Services

## Grupper som har utarbeidet innspill til temaområdene

### Programvare

- Mette Vestli, SINTEF, leder
- Geir Amsjø, ITTF
- Sigurd Gjertsen, IKT-Norge
- Dag Sjøberg, UiO
- Mona Domaas Wibe, STEP

### Mikroteknologi og mikrosystemer

- Anders Hanneborg, SINTEF, leder
- Einar J. Aas, NTNU
- Henrik Jakobsen, SensoNor
- Erik Wold, SINTEF

### Kommunikasjonsteknologi og

### Infrastruktur

- Torbjørn Svendsen, NTNU, leder
- Terje Røste, NERA,
- Fritz Bekkadal, Abelia/NHO
- Gunnar Hartvigsen, UiTø
- Jon Peter Sæther, Post- og teletilsynet

## Redaksjonsgruppe som har utformet endelig rapport

- Ernst Kristiansen, SINTEF
- Hilde Lovett, Telenor FoU
- Frank Eliassen, UiO
- Kjell Ove Kjølaas, Norges forskningsråd
- Jostein Håøy, Siemens Business Services