

Nora Levold

Ingeniører som infrastruktur
i innovasjonsprosesser

STS-arbeidsnotat 4/88

ISSN 0802-3573-07

arbeidsnotat
working paper



UNIVERSITETET I TRONDHEIM

SENTER FOR TEKNOLOGI OG SAMFUNN

Nora Levold:

INGENIØRER SOM INFRASTRUKTUR

I INNOVASJONSPROSESSER

STS-ARBEIDSNOTAT NR. 4/88

INNHold:¹

1. Innledning: Om mesonivået i innovasjonsprosesser
2. Subtronics - eksempel på en celle i et kompetansesystem.
 - 2.1. Størrelse, etablering, produkt- og markedsprofil
 - 2.2. Intern kompetanseflyt: avdelingsstrukturer og arbeidsdelings-systemer
 - 2.3. Ekstern kompetanseflyt: forhold til de andre cellene i kompetansesystemet.
3. Nettverkspregede vs. hierarkiske organisasjoner: Et spørsmål om kompetanseflyt?
4. To sivilingeniør-grupper - to karrieresystemer?
5. Avslutning: Flere typer kompetansesystem?

Litteratur

¹ Dette notatet er opprinnelig innlevert som paper til den nasjonale konferansen "Ny teknologi - en utfordring for samfunnsforskningen", Røros 20. - 22. april 1988.

INGENIØRER SOM INFRASTRUKTUR I INNOVASJONSPROSESSER

1. Innledning: Om mesonivået innovasjonsprosesser

Utover i 80-årene har det utviklet seg en allmenn politisk enighet om at norsk industri bør endres i mer kunskapsintensiv retning for å bli mer fleksibel og omstillingsdyktig. Slike målsetninger er bl.a. nedfelt i offentlige dokumenter som Stortingsmelding 54, 1982/83 og i "Nasjonal handlingsplan for informasjonsteknologi" (jmf. St.prp.nr.1 1986/87). Medisinen som blir anbefalt, er en mer offensiv industripolitikk med satsing på FoU og teknologisk omstilling, noe som betyr at man heretter skal stimulere til industriell og økonomisk vekst gjennom en såkalt aktiv innovasjonspolitik; en slags fusjon av industripolitikk og forskningspolitikk.

Studier av innovasjonsprosesser og av teknologiutvikling er også forskningsmessig kommet i fokus. Flere aspekt ved dette er i dag i ferd med å bli kartlagt, på ulike nivå og med ulike faglige perspektiv. Teknologihistorikere har f.eks. argumentert for viktigheten av å se på dynamikken i spesielle teknologiske system hvor innovative aktiviteter blir stimulert gjennom oppdagelsen av såkalte "reverse salients" (Hughes 1983). Økonomer og økonomiske historikere har studert nasjonal innovasjons/forskningspolitikk (Freeman 1982) og lagt vekt på behovet for å balansere "market pull" og "technology push"- effekter (Rosenberg 1982).

Undersøkelser av dette slaget har det til felles at de stort sett har fokusert enten på makronivået (økonomiske drivkrefter eller forsknings- og innovasjonspolitik) eller på mikronivået (hva som skjer i det enkelte foretak eller i det enkelte FoU-laboratorium). Vi står dermed igjen med et mindre synlig og mindre studert "felt" mellom disse to nivåene. I dette notatet skal jeg derfor se nærmere på innovasjonsprosessens meso-nivå, eller sagt på en annen måte: Jeg vil undersøke de aktører/nettverk av aktører som "formidler" mellom makro og mikronivået mellom "drivkrefter" og "resultater" i innovasjonsprosessen.

Hva blir så mitt studieobjekt? Hva eller hvem er det som "omsetter" drivkrefter til resultater i en innovasjonsprosess? Og hvordan gjøres dette? Denne rollen innehas av den teknologiske kompetansen. Vi kan dermed kalle organiseringen av denne kompetansen, eller det nettverk av aktører som den består av, for innovasjonsprosessers teknologiske infrastruktur.

Teknologisk kompetanse skal altså her studeres som en personbåret størrelse. Dette innebærer dermed et fokus på bærerne av denne kompetansen: på ingeniørene og sivilingeniørene. På den måten kan vi si at studiet av innovasjoners infrastruktur blir en studie av hvordan ingeniørkompetanse erverves, organiseres og utnyttes i industriell virksomhet.

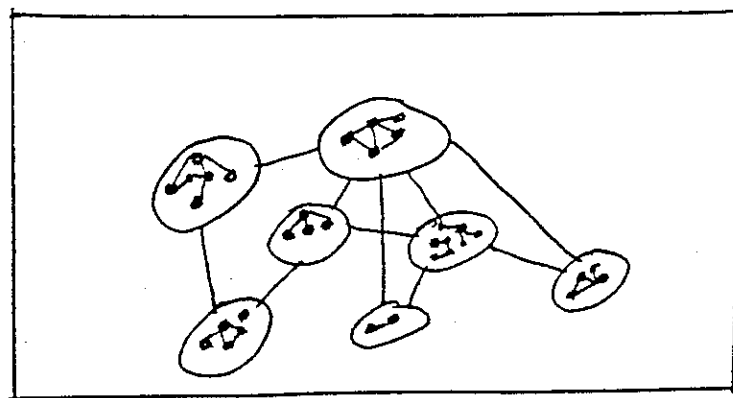
For å få et inntak til dette kan vi stille oss følgende spørsmål: Hva er det som skjer når teknologisk kompetanse organiseres, uansett hvordan den organiseres? Jeg kommer her til å betrakte organisering av teknologisk kompetanse som ulike måter å bringe ulike delkompetanser sammen på (eller bringe folk med ulike delkompetanse sammen.) Dette har sitt utgangspunkt i en bestemt måte å forstå begrepet "teknologi" på (Constant 1984). Et teknologisk problem blir som regel dekomponert i flere delproblemer, som igjen innvolverer ulike teknologisk spesialkompetanse. Organisering av teknologisk kompetanse blir dermed den måten de personer som forvalter hver sin delkompetanse bringes sammen på. Med andre ord: Hvor og hvordan koples de mot hverandre, hva utveksles og hvordan, osv. På den måten blir teknologiutvikling i tillegg til å være et rent teknologisk spørsmål også et spørsmål om "koplingsformer" eller om "kompetanseflyt", dvs et spørsmål om sosial organisering av teknologiske kompetanseressurser.

La oss ta et eksempel (som vi kommer tilbake til). En bedrift skal produsere avanserte instrumenter for undervannsinspeksjon. Disse instrumentene representerer en teknologi bestående av flere delspesialiteter: software, finmekanikk, kunnskap om akustikk og optikk under vann m.v. For at et slik instrument skal initieres, utvikles og komme i bruk må mange delkompetanser koples til hverandre: i form av kunder med spesifikasjonskrav, ulike kompetanser i den bedriften som utvikler/producerer instrumentet, og dessuten leverandører som bidrar med kompetanse

bedriften selv ikke har eller ikke finner det lønnsomt å utvikle. Kanskje hyres et FoU-institutt til å utvikle deler av instrumentet? Måten disse instansene virker sammen, representerer det jeg her kaller "organiseringen av den teknologiske kompetansen" eller "kompetanseflyten".

En slik kompetanseorganisering/kompetanseflyt kan studeres på to nivå: Internt i en og en bedrift. Det vil innebære en studie av bedriftens avdelingsstruktur, arbeids- og oppgavefordelingssystemer og karrieremønster. Dessuten på mellomnivå: Som kommunikasjon mellom ulike bedrifter i form av kunde-produzent-leverandør relasjoner. Dette vil bli en studie av betingelser for danning og funksjonering av ulike typer aktørnettverk.

En billedlig måte å se for seg dette på kan være å forestille seg ingeniørarbeid som ulike "celler" med teknologisk kompetanse. Slike "celler" finnes det ofte flere av innenfor en og samme virksomhet (bedrift), feks. i ulike avdelinger. Når disse så samarbeider med hverandre, "flyter" den teknologiske kompetansen. Den måten dette skjer på, er uttrykk for den sosiale organiseringen av kompetansen. På mellomnivå snakker vi om slik "kompetanseflyt" når ulike "celler" fra ulike bedrifter kommunisere med hverandre, dvs. at ingeniørene fra ulike enheter samarbeider med, kjøper av, eller selger til hverandre. Et samlet begrep på slikt system av kompetanseceller kan være et kompetansesystem. Skjematisk kan vi se for oss dette som vist i figur 1:



Figur 1. Skjematisk fremstilling av et kompetansesystem.

Rammen rundt tegningen i figuren illustrere kompetansesystemets avgrensning. De ulike sirklene illustrerer "cellene" på mellomnivå, dvs. bedrifter (som er leverandører for- og kunder hos hverandre), det kan også innkluderes Fou-institutter, utdanningsinstitusjoner m.v. Cellene samhandler med hverandre og derigjennom "flyter" det teknologisk kompetanse rundt.

Jeg forestiller meg altså at et slikt kompetansesystem kan organiseres på forskjellige måter, avhengig av type virksomhet. Noen virksomhetstyper vil ha kompetansesystem med tette koblinger mellom og/eller innen cellene, andre med mindre tette. Noen kompetansesystem vil inneholde mange celler, andre få. Noen ganger vil kompetansen flyte lett mellom cellene i systemet, andre ganger flyter den tyngre.

La oss nå se på dette gjennom et eksempel fra virkeligheten. Jeg vil se på den teknologiske kompetansens vilkår i en bedrift (her kalt Subtronics). Ved å analysere denne bedriftens interne og eksterne kompetanseflyt, vil jeg forsøke å komme på sporet av det som konstituerer ulik organisering av teknologisk kompetanse eller ulike former for teknisk infrastruktur.

2. Subtronics - eksempel på en celle i et kompetansesystem.

Vi betrakter altså den tekniske kompetansen i denne bedriften, dvs. ingeniørarbeidskraften, som en celle med teknisk kompetanse i et større kompetansesystem. Med utgangspunkt i kvalitative informantintervju² med sivilingeniører og ingeniører i bedriften, skal jeg først prøve å analysere organiseringen av denne kompetansen (kompetanseflyten) internt i bedriften, dvs. i form av avdelingsstrukturer, arbeidsdelingssystemer og mulige karrieremønstre. Deretter vil jeg fokusere på hvilke andre enheter i det større "systemet" bedriften kommuniserer med. Hvilke aktørnettverk blir det dannet gjennom samtaler og diskusjoner, avtaler og kontrakter, jobbskift og karriereveier.

²Disse intervjuene i Subtronics utgjør ett case i en større undersøkelse. Jeg vil i den sammenheng få takke stud.polit Morten Hatling som har intervjuet sammen med meg i denne bedriften.

2.1. Størrelse, etablering, produkt- og markedsprofil

Subtronics er en ung, liten high-tech bedrift, etablert høsten 1984. Bedriften utvikler, produserer, markedsfører og selger avanserte instrumenter for oseanografiske datainnsamlinger. I tillegg utfører de konsulent- og engeneeringtjenester på dette området. Det betyr at bedriften er en mellomting mellom en produksjonsbedrift,³ en FoU-bedrift og et konsulentfirma. Ca 40-50% av årlig omsetning er FoU, finansiert gjennom statlige midler (NTNF), resten fordeler seg på konsulenttjenester (stort sett mot oljebransjen og dens underleverandører) og på produksjon/salg av spesialinstrumenter. Subtronics orienterer seg stort sett mot off-shore bransjen, og omstillingsbehovet er derfor blitt stort i takt med redusert satsing på utbygging i nordsjøen.

Det er selvfølgelig en nær sammenheng mellom bedriftens ulike aktiviteter: Å påta seg konsulenttjenester innen bedriftens spesialfelter er en måte å få oversikt over markedet på. Det gir i sin tur viktige innspill til egen produktutvikling (foruten å være en god inntektskilde). Dette blir så en god indikator på hva det kan være relevant å søke NTNF-midler til, som igjen er grunnlaget for utviklingen av de instrumentene de selv produserer/selger.⁴

Subtronics er en såkalt spinn-off bedrift fra et forskningsinstitutt som til 1984 var et selvstendig NTNF-institutt, men som nå er en del av SINTEF. To seniorforskere (sivilingeniører) som lenge hadde arbeidet sammen på dette instituttet, så høsten 1984 gode muligheter for å kommersialisering av en del av sine prosjekter. Denne høsten var en urolig tid på instituttet i forbindelse med fusjonen med SINTEF. De aktuelle senioringeniørene befant seg dermed i en slags "oppbrudds-

³men de produserer foreløpig ingen instrumenter i stor skala, bare et og et som "tilpasses" hver kunde.

⁴ Når det gjelder oseanografiske instrumenter er det ikke vanlig at kundene betaler for all FoU-aktivitet knyttet til de instrumentene de kjøper. Til det er disse produktene for forskningsintensive. Uten statlig delfinansiering gjennom NTNF-systemet ville mye forskning på dette området vært umulig. Dette er ikke spesielt for Norge.

situasjon" og det hersket ifølge en av våre informanter, et "godt psykologisk miljø" for nyetablering. De to sivilingeniørene fikk med seg et par venner/kolleger og 1 september 1984 var bedrift A et faktum med 4 ansatte. De fire, som nå utgjør et ledelsesteam, har helt fra starten av hatt en betydelig aksjeandel i selskapet.

Bedriften har siden høsten -84 vokst raskt. Etter godt og vel et års drift var staben ved årskiftet 85/86 økt fra 4 til 9 fast ansatte. Ved påfølgende årskifte hadde bedriften 18 medarbeidere, og ved inngangen av dette året 21, nå 22. Av dagens 22 ansatte er 12 sivilingeniører, 6 er ingeniører (2 av disse med spesielt ansvar for markedsføring/salg), videre har de 3 teknikere/montører og 2 i sekretariatet. Det finnes ingen med "ren" merkantil utdanning (men en av de fire i ledelsen har BI "på kveldstid"). Kvinneandelen av de ansatte er 3 personer, 1 ingeniør og 2 sekretærer.

Produkter

Subtronics har som allerede nevnt ingen storskalaproduksjon. De har utviklet et lite antall meget avanserte instrumenter for målinger under vann. Disse selges et og et, med tildels avanserte "lokale" tilpasninger. Til sammen er det snakk om tre ferdige produkter, ett nesten ferdig, og to nye under utvikling.

Bedriftens første produkt, Produkt A, er et oseanografisk datainn-samlingssystem, hvorav en bølgehøyde- og bølgeretningsmålebøye utgjør hovedkomponenten. Dette instrumentet utviklet de to "utbryterne" nesten ferdig før de startet for seg selv, og de skaffet seg en markedsrettighetsavtale med sin gamle arbeidsgiver da de brøt ut. En avtale med A/S Norske Shell om et omfattende kvalifiserings- og industrialiseringsprogram for Produkt A ble så inngått, for å finansiere ferdigstillelsen. Til nå er tre slike systemer produsert, tilpasset og levert til såvel norske som utenlandske kunder.

Bedriftens produkt nr 2 er en programpakke, Produkt B, til bruk ved GPS-posisjonering (Global Positioning System - et globalt satellittsystem for

posisjonering- og kartleggingsarbeid).⁵ Også denne er solgt i fire eksemplarer. Sent i 1985 inngikk Subtronics en utviklingskontrakt med Spisstek A/S (NTNF) på 11,5 mill kr (i 1986 utvidet til 13,5 mill). Dette skulle brukes til å utvikle avanserte undervanns inspeksjonsinstrumenter, basert på laserteknologi. Det første instrumentet, Produkt C, ble lansert våren 1987 og er nå produsert i 3-4 eksemplarer. Det neste instrumentet, Produkt D, er under utvikling. Subtronics har også en NTNF-kontrakt gjennom Nyskappingsprogrammet. Her finansieres en forstudie og lab-eksperimenter for å evaluere nye sensorer og måle-prinsipper for bølgebevegelsesmålinger, med tanke på å utvikle bedre slike instrumenter.

Markeder

Som nevnt innledningsvis er Subtronics virksomhet hovedsakelig rettet mot offshorebransjen i Norge. Dette er imidlertid blitt et noe usikkert marked, så bedriften ser seg også aktivt om etter flere markedssegment å operere på. De som da peker seg ut som relevante er områder tilknyttet kjernekraftsinspeksjon og militære anvendelser, i tillegg til et eventuelt måleinstrumentmarked på land (landmåling). Bedriften prøver også å bygge opp markedsinnsatsen internasjonalt (mot Spania, Italia, India og USA).

2.2. Intern kompetanseflyt - avdelingsstrukturer og arbeidsdelings-systemer

Subtronics sysselsetter altså bare 22 personer. Vi ventet derfor ikke å finne altfor rigide avdelingsstrukturer. Denne antakelsen slo til. Allerede etter første besøk i Subtronics kunne vi slå fast at her fantes ingen hierarkisk organisasjonsstruktur, snarere tvert imot. Bedrift-organisasjonen må kalles så "flat" som vel mulig, uten noen som helst avdelingssystem. Mangel på hierarki kom også til syne gjennom bruk av stillingsbetegnelser. I praksis eksisterte det nesten ikke stillingshierarki, stillingsbetegnelser ble bare brukt når ytre omstendigheter

⁵ Ved årskiftet 86/87 oppnådde videre bedriften en utviklingskontrakt med NTNF om utvikling av programvare for også å utnytte GPS-systemet til meget nøyaktige landmålinger (som kan bli et nytt satsingsfelt for bedriften i fremtiden)

krevde det. De fire grunnleggerne ble omtalt som "ledelsen", alle de andre som "de andre" enten de var seniorsivilingeniører eller montører.

Organisasjonsformen var et bevisst valg fra de fire grunnleggerne side. De kalte den Norsk-Data-modellen og karakteriserte det hele som "organisert geriljavirksomhet". Den flate organisasjonsstrukturen innebar videre at bedriften var organisert i prosjektgrupper. Dette mente de selv var uttrykk for et syn på bedriften som en ressurs. De ønsket ikke en tradisjonell linjeorganisasjon som bare utnyttet "formelle" ressurser og binder de "uformelle". Ved å bemanne de enkelte "jobbene" etterhvert, avhengig av kompetanse og hvem som "var ledig", vil de kunne trekke det maksimale utav alle arbeidstakerne. Prosjektgruppene skulle i prinsippet ikke være faste. Det var meningen at samarbeidsrelasjonene skulle skifte, men i praksis hadde det etterhvert dannet seg noenlunde faste grupper rundt de største aktivitetene. Dette skyldtes at de ansatte er få, og at de ikke har "overlappende" kompetanse.

I Subtronics ble det lagt stor vekt på nærhet mellom FoU-arbeideren (sivilingeniøren) og kunden/oppdragsgiver. Dette mente ledelsen økte engasjementet, effektiviteten og ansvarligheten hos Fou-arbeiderne. Bedriften har derfor som et eksplisitt mål å unngå utviklingen av en egen "stab" eller et eget administrasjonsskikt mellom FoU/produksjon og oppdragsgiver/kunde.

Hva så med arbeidsdeling og kompetanseutnyttelse? Alle i denne bedriften, med unntak av sekretærene, hadde en eller annen form for teknologisk utdanning. Det skulle derfor kunne ligge tilrette for flere typer arbeidsdelingssystemer. Arbeidsdelingen mellom ingeniører og sivilingeniører i denne bedriften viste seg imidlertid ikke å være "prinsipielt" fastsatt. Både sivilingeniørene og ingeniørene oppga at arbeidsfordeling avhang av kompetanse ikke av formell utdanning. Dette ble i enkelte tilfeller forholdsvis flytende fordi de fleste ingeniørene i bedriften hadde lang erfaring (flere var til og med rekruttert fra forskningsinstituttet ved nyetableringen), mens det fantes mange ferske sivilingeniører i Subtronics.

Det rent teoretiske utviklings-/beregningsarbeidet sto likevel oftest sivilingeniørene for. I praksis fungerte det ofte slik at senior-

sivilingeniørene ofte hadde de teknologisk mest raffinerte ideene, mens de yngre utviklet dem og jobbet dem ut i samarbeid/nær diskusjon med senioren (som oftest også var prosjektlederen). Når ideene så skulle realiseres til et produkt, kjøpte Subtronics mye av det "mekaniske" arbeidet fra leverandører (finmekanikkfirma). En del sammenstilling og lodding foregikk det imidlertid i produksjons"rommet" på bedriften også, og det var en tendens til at ingeniørene, i noe høyere grad enn sivilingeniørene, utførte dette. Men også sivilingeniører brukte tid på lodding og "mekking" av kort, uten at noen av dem var misfornøyd med det.

Alle de vi intervjuet, ledelsen såvel som "de andre", var svært fornøyd med denne måten å organisere arbeidet på. Alle la vekt på at de lærte av hverandre, og alle fremhevet at miljøet var interessant og faglig givende, med store utviklingsmuligheter og utfordringer. Vi ser altså at arbeidsdelingen og samarbeidsrelasjonene på Subtronics var svært fleksible. Faktisk så lite formaliserte at en av sivilingeniørene vi snakket med ikke engang visste om den eller den kollegaen hans var ingeniør eller sivilingeniør. Vi kan dermed slå fast at kompetansen fløt forholdsvis fritt mellom yrkesgruppene og mellom "nivåene". Også ledelsen, som altså besto av 4 sivilingeniører, deltok aktivt i såvel prosjektutformingen som prosjektgjennomføringen.

De interne karrieremulighetene, slik bedriften er pr. idag, ligger enten i å kunne skifte arbeidsområde ("på tvers"), eller i å få overordnet prosjektansvar, som, i tillegg til å komme med tekniske innspill, også innebærer å være ansvarlig for prosjektfremdrift og kundekontakt/søknadsskriving til NTNF. Det fantes altså ikke karrieremuligheter i denne bedriften over til en stab med "ikke -tekniske" funksjoner.

2.3. Ekstern kompetanseflyt: forhold til de andre cellene i kompetansesystemet.

La oss nå se på Subtronics forhold til omverdenen. Hva fant vi om den eksterne kompetanseflyten? De fire personene som startet Subtronics, startet med 8 tomme hender, men med et meget stort nettverk. De hadde alle tidligere jobbet innenfor "den oceanografiske" sektoren med FoU og oppdragsforskning. Det betydde at de hadde med seg et nettverk av gamle

oppdragsgivere, de kjente meget godt til NINF-systemets virkemåte, og de kjente meget godt til sin "gamle arbeidsgiver", SINTEF-systemet.

Etterpå har de rekruttert sin stab meget systematisk. De har ansatt et knippe nyutdannede sivilingeniører, som de har hatt "på prøve" i en diplomperiode, for å "teste" om de "passet til organisasjonen". De har ansatt et par sivilingeniører fra ulike deler av SINTEF-systemet og en dr.ing fra et "strategisk" NIH-institutt. De har videre rekruttert flere som har jobbet i andre bedrifter i samme bransje, det jeg her kaller andre celler i samme kompetansesystem. Begge de personene som idag jobber med markedsføring i Subtronics har feks. tidligere gjort det samme i andre bedrifter i offshorebransjen, bedrifter som i det ene tilfellet har vært Subtronics kunde.

Mulighetene for at Subtronics kan ha stor ekstern kommunikasjon/kompetanseflyt forholdsvis "kostnadsfritt" skulle derfor være de beste. I intervju med en av lederne sier da også han helt åpent at rekrutteringspolitikken mht. personale og bruken av gamle bekjentskaper er en "bevisst satsing" og en forutsetning for at denne bedriften skal gjøre det bra. Han legger videre vekt på at markedssegmentet er så "nytt" og "lite" at mye er svært gjennomsluktig. De fleste har gamle og nye relasjoner til hverandre i skjønn forening. Noen har studert sammen, noen har jobbet sammen før, ikke nå. Eller nå, ikke før. Det virker også som om de opprettholder en slags arbeidsdeling innen segmentet ved at de lar hverandre ha sine "spiss-spesialiteter" i fred. "Den og den kompetansen kjøper vi, det legger vi ikke vekt på å utvikle selv" er en setning han brukte flere ganger. Dermed kommer de også ofte sammen for å "tilpasse" kompetanse til hverandres.

Vi stilte også de ansatte flere spørsmål om hvem de har ekstern kontakt med, hvordan den kontakten arter seg, hvem som lærer hva i relasjonen, osv. De fleste oppga stor ekstern kontaktflate (med unntak av de nyrekrutterte sivilingeniørene). De ringer opp og spør gamle kolleger om faglige spørsmål, kolleger de i neste runde kan risikere å få som kunder eller ha som leverandører. De møter hverandre om igjen og om igjen på ulike utstillinger og messer, hvor en stor del av aktiviteten går med til å "kjenne og bli kjent" - skaffe seg oppdrag og markedsføre produkter - i tillegg til faglige (vitenskapelige) foredrag som representanter fra

Subtronics også bidrar med. Det foregår læring begge veier i slike relasjoner, noen ganger i den enes favør, andre ganger omvendt, ble det fremhevet. Dette tyder på en meget høy ekstern kompetanseflyt med stor læringseffekt.

Vi har altså funnet ut at vår eksempelbedrift, en liten høyteknologisk bedrift i den oceanografiske bransje, tilhører et større kompetansesystem hvor kompetansen flyter forholdsvis effektivt. I vårt tilfelle utveksles kompetansen hurtig, både internt og eksternt, og det foregår mye læring sammen med denne utvekslingen. Utvekslingen er i høy grad basert på personlig kjennskap til hverandre og felles bakgrunn; enten fordi en har studert sammen, jobbet sammen før, eller hatt kunderelasjoner til hverandre. De interne karrieremulighetene i Subtronics gikk ikke over i administrasjon eller stabsfunksjoner, noe som gjorde at de yngre kunne trekke mye på de eldres teknologiske kunnskaper. Rekrutteringen til bedriften var stort sett fra forskningssektoren (SINTEF) eller fra andre høyteknologiske bedrifter i samme bransje. Det er mao. teknologisk spisskompetanse som er rekrutteringsgrunnlaget.

Vi har her sett på en bedrifts organisering av sin teknologiske kompetanse eller på hvilken måte den tekniske kompetansen flyter mellom personer såvel internt i, som inn og ut av, en bedrift. I Subtronics fant vi en teknisk infrastruktur med stor og effektiv "flyt" mellom seg og med store læringspotensialer. Av fremstillingen har det gått frem at en viktig indikator på den tekniske kompetansens mulighet til å flyte, er bedriftens organisasjonsstruktur. La oss jamføre dette med tidligere funn.

3. Nettverkspregede vs. hierarkisk organisasjoner: Et spørsmål om kompetanseflyt?

Noen organisasjonsteoretikere opererer med en dikotomi i sine analyser av intern organisering i bedrifter. De skiller (idealtypisk) mellom bedrifter med henholdsvis hierarkisk vs. nettverkspreget, eller mekanisk vs. organisk struktur. Burns og Stalker (1961) har påpekt at ulike organisasjonstyper egner seg for ulike typer foretak, på den måten at hierarkiske organisasjoner er mest funksjonelle for bedrifter som opererer på statiske produktmarkeder, dvs. der hvor fornyelses-/innovas-

jonsbehovet er lavt. Derimot er mer nettverkspregede organisasjonsformer gunstigst hvis bedriften opererer på et omskiftelig marked, og i en situasjon med stadig nye produkter og store krav til omstilling, fornyelse og innovasjon. La oss nå først se hvilke vilkår det er rimelig å anta hver av disse organisasjonstypene gir den teknologiske kompetansen.

Nettverkspregede organisasjoner er, i motsetning til hierarkiske, kjennetegnet av lavt utviklede formelle hierarkier og lite rigide grenser mellom ulike områder og funksjoner. Dette vil sannsynligvis bety at den teknologiske kompetansen utnyttes godt fordi samarbeidsrelasjonene er uformelle og fleksible (kompetansen flyter lett). Folk kommuniserer og utveksler ideer uten at det fins rigide avdelingsgrenser, eller andre mer formelle hindringer. Dette fant vi da også i Subtronics.

I hierarkiske organisasjoner derimot er samarbeidsrelasjonene ofte fastere og knyttet til bestemte posisjoner. Det betyr at all kommunikasjon ut av en avdeling skjer gjennom bestemte personer (i bestemte posisjoner) og ofte på bestemte formelle måter.⁶ Man kan videre anta at det er en sammenheng mellom intern organisasjon i en bedrift og kontaktformen ut av bedriften. Dermed er det sannsynlig at ekstern kontakt ut av nettverkspregede organisasjonen like gjerne kan være av uformell som formell art, mens den i hierarkiske som oftest vil være formell.

Videre vet vi at karriereveiene i nettverksprede organisasjoner går like mye "på tvers" (over til nye områder eller til utvidelse av ansvarsområde) som "oppover" i systemet (Rasmussen 1986). Dette betyr at den teknologiske kompetansen vil "flytte seg" på kryss og tvers i en nettverkspreget organisasjon og dermed spres på flere områder i organisasjonen. I hierarkiske organisasjoner derimot, består ofte jobbskift og karriere av faste hopp oppover en stige. Dette betyr at kompetansen i slike organisasjoner stort sett bare flyter i "linje".

⁶En bedrifts organisasjon kan imidlertid forandre seg over tid. Det fins mange eksempler på at bedrifter beveger seg fra en nettverkspreget til en hierarkisk organisasjon, feks. med økende størrelse eller økende behov for økonomistyring. Noen hevder at når bedriftsøkonomene kommer inn og konkurrerer med ingeniørene om lederstillinger er det et tegn på at organisasjonen er i ferd med å bevege seg i en mer hierarkisk retning (Rasmussen 1986).

Det skulle ikke være vanskelig å plassere vår bedrift i dette skjemaet. Subtronics er et typisk eksempel på en bedrift som befinner seg på et omskiftelig marked og med et høyt omstillingsbehov. Bedriften har da også, som vi har sett, tilpasset seg dette ved bevisst å velge en nettverkspreget organisasjonsform. Bedriften er dessuten liten, noe som gjør at en nettverkspreget organisasjon har bedre sjanser for å være effektiv.

Som nevnt ser det ut til å være en sammenheng mellom organisasjonstype og ingeniørenes karrieremuligheter (Rasmussen 1986). Mens det i hierakiske organisasjoner stort sett "tilbys" tradisjonelle karrierer mot arbeid i ledelse/administrasjon/stab, har man i nettverkspregede organisasjoner ofte forsøkt å etablere såkalte teknologiske karrierer for å hindre stort gjennomtrekk i utviklingsavdelinger (Kanter 1984, Wolfe 1982). Dette som et svar på behovet til bedrifter med høy innovasjonsaktivitet for å holde på kvalifiserte ingeniører til utviklingsarbeid.

4. To sivilingeniør-grupper - to karrieresystemer?

Det har vært forsket svært mye på norske sivilingeniørers arbeidsorientering, karriereønsker og karrieremuligheter (Holter 1961, Lange 1967, Stemerdig 1968, Halgunset 1979, Paasche 1983, Solem og Jarle 1983, Kvande og Rasmussen 1985). Et samlet funn har vært at sivilingeniørenes karrierer har gått fra jobber med teknisk innhold til jobber med mer administrativt innhold, eller fra jobber i utviklings- og drifts-avdelinger til jobber i ledelse og administrasjon. Sivilingeniørenes arbeidsorientering har tradisjonelt først og fremst vært rettet mot karrierer som industrielle ledere. I kraft av dette har de dermed spilt rollen som gode teknologiadministratører, men samtidig vært mindre opptatt av teknologiutvikling (Levold 1987). Dette har antakelig sammenheng med at norsk industri ikke har vært spesielt innovativt orientert. Stort sett har vi vært lite risikovillige; for det meste har vi importert utenlandsk teknologi for tilpassing til "lokale" forhold. Norske sivilingeniørene har derfor heller orientert seg mot ledelse av innføring av teknologi, mer enn for utvikling.

Det kan imidlertid se ut som dette er i ferd med å endre seg. En ny undersøkelse av yngre sivilingeniørers yrkesgrunnlag og arbeidsorienter-

inger har funnet spor av to typer sivilingeniører (Gjøn 1988). Blant annet pga. fremveksten av IT-næringen og nødvendigheten av å satse på teknologisk FoU for å bedre innovasjonsevnen, mener Gjøn at en ny type sivilingeniør er i ferd med å vokse fram. Disse er ikke i samme grad orientert mot industrielle ledelseskarrrierer som de "tradisjonelle", men er kjennetegnet ved at de har et yrkesgrunnlag som teknologer (og eksponerer det Gouldner (1957) kaller "kosmopolittiske" holdninger) og ved at de ønsker seg teknologiske karrierer framfor administrative. Videre finner hun at disse først og fremst er sysselsatt i nye, mer forskningsintensive bransjer og i elektronikkindustrien.

Dermed vil det ikke være urimelig å anta at de deler av norsk industri som er mest avhengig av rask omstilling og høy innovasjonsevne, antakelig er de samme som de Gjøn finner de nye ingeniørene i (forskningsintensive og elektronikk-tilknyttet/off-shore). Det er antakelig også her vi finner de løseste, mest nettverkspregede organisasjonsformene, rett og slett fordi innovative potensialer ser ut til å være avhengig av at kompetansen flyter fort og lett. Det er også i slike systemer at karriereveiene går mer på kryss og tvers i organisasjonen og i større grad representerer teknologinærhet.⁷

Vår bedrift Subtronics er et eksempel på en slik bedrift. Den opererer i høyeste grad på et usikkert og omskiftelig marked, med strenge krav til omstilling og fornyelse. Bedriften lever rett og slett av sin innovasjonsevne, og som vi har sett, har den en utpreget nettverkspreget organisasjon. Hva så med karriereforventningene til ingeniørene som jobber der? Kan vi finne spor av det Gjøn identifiserte som "nye ingeniørgrupper" i Subtronics?

Da vi spurte sivilingeniørene i Subtronics om deres karriereønsker for fremtiden, svarte de unge at de ønsket mer prosjektansvar etterhvert og mer markedskontakt/markedskunnskap. De som hadde prosjektansvar idag, så for seg en lignende stilling i feks. en utskilt datterenhet fra Sub-

⁷Sannsynlig vil derimot store deler av den tradisjonell industrien i Norge fremdeles bestå av hierarkiske organisasjoner, slik at de tradisjonelle karriereveiene i "linje" mot ledelsesfunksjoner i toppen, fremdeles vil være et "tilbud" til noen grupper sivilingeniører.

tronics i fremtiden. Vi hadde videre et spørsmål i vår guide om sivilingeniørene kunne tenke seg en ren administrativ lederstilling i fremtiden. Ikke en eneste av de vi intervjuet på Subtronics kunne tenke seg det. Noen oppga at de ønsket en form for lederansvar, men det skulle være en form for "teknologisk" lederskap, dvs. ledelse uten å miste de teknologiske utfordringene. Andre la vekt på å unngå ledelsesfunksjoner, for å få drive så forskningsrettet arbeid som mulig.

De yngste sivilingeniørene eksponerte opplagt de mest "kosmopolittiske" holdninger. På spørsmål om de helst ønsket anerkjennelse fra bedriften eller fra fagmiljøene, oppga de fagmiljøet. Senioringeniørene derimot, med større prosjektlederansvar og ansvar for å selge, ønsket begge deler (pluss litt anerkjennelse fra kundene også). Så selv om den faglige orienteringen absolutt var sterk blant ingeniørene på Subtronics, var også bedriftslojaliten stor i den forstand at det var stor oppslutning omkring "bedriftens prosjekt og ide".

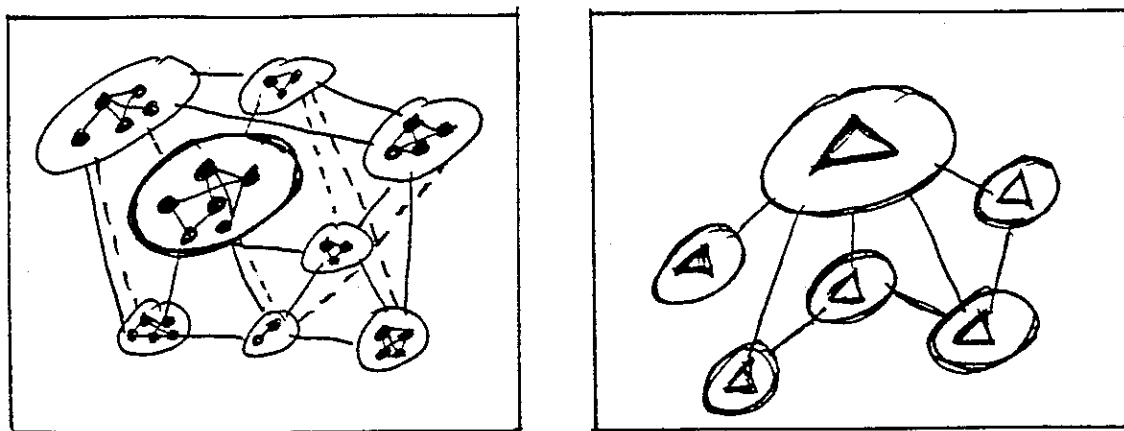
5. Avslutning: Flere typer kompetansesystem?

Med utgangspunkt i en eksempelbedrift, Subtronics, har jeg i dette notatet kommet med noen antakelser omkring sosial organiseringen av teknologisk kompetanse, eller det jeg har kalt konstituering av en teknologisk infrastruktur. Det kan se ut som om det er en sammenheng mellom en virksomhetstypes behov for omstillinger og den samme virksomhetens interne og eksterne organisering av sin teknologiske kompetanse, på den måten at jo større innovasjonsbehovet er, jo mer hensiktsmessig ser nettverkspregede organisasjoner ut til å være. Dette først og fremst fordi slike organisasjoner genererer såvel stor intern som ekstern kompetanseflyt både formelt og uformelt.

Videre har jeg pekt vi på det fenomen at nettverkspregede organisasjoner sjelden kan "tilby" sine ingeniører tradisjonelle karriereveier, som vil si i linje mot toppen. Det ser imidlertid ut som om innovasjonseven i slike virksomhetstyper er avhengig av at den teknologiske kompetansen ikke forsvinner ut til ledelsesfunksjoner. Nå kan det imidlertid se ut som om dette er i ferd med å bli et mindre problem enn det har vært: vi mener å kunne se en nyorientering blant yngre sivilingeniører i innova-

tive bransjer: nemlig at de i høyere grad enn likesinnede i tradisjonell industri, ytrer ønsker om teknologinære karrierer.

Inntil videre kan slike antakelser bare tjene som arbeidshypoteser, men hvis dette har noe for seg kan det hende vi kan se konturene av to ulike kompetansesystem som vil generere ulik organisering av teknologisk kompetanse og innebære ulike karrieresystemer for ulike grupper sivilingeniørene. Etter denne gjennomgangen ville i så fall de kunne se slik ut:



Figur 2. To typer kompetansesystem tilhørende henholdsvis bransjer med stort og mindre stort omstillingsbehov.

"Kompetansesystemet" til venstre i figuren vil ifølge mine antakelser "tilhøre" virksomhetstyper med høyt omstillingsbehov. Jeg ser da for meg lite rigide organisasjonsformer såvel innen som mellom cellene (mange stier på kryss og tvers, både inni og mellom cellene), dermed er muligheten for stor "flyt" til stede. Det betyr videre at jeg forventer stor interaksjon mellom enhetene, både formelt og uformelt bl.a. pga. personlig kjennskap gjennom forholdsvis hyppige jobbskift "på tvers". Dessuten vil det antakeligvis være endel variasjon i posisjonering, dvs at to celler både kan være "kjøpere" og "selgere" (eller "user" - "prod-user") i forhold til hverandre. Ingeniørenes karrieremønster forventer jeg dermed kan være av den "nye" sorten, på den måten at personer skifter jobb både "oppover" og "på tvers" innen systemet. Motivasjonen for

jobbskift er antakelig ønske om mer teknologisk interessante oppgaver. Dette forventer jeg er det mest innovative kompetansesystemet.

Modellen til høyre i figuren viser et kompetansesystem, slik jeg ser det for meg, rundt virksomhetstyper på mer statiske produktmarkeder. Jeg forventer her mer rigid kontakt mellom de ulike cellene, og en mer hierarkisk organisasjonsstruktur internt. Karrieretypen er antakelig mer tradisjonell i den forstand at jobbskift er motivert av ledelsesorientering. Det betyr at i den grad personene flyter mellom cellene er det med et "sprang oppover" hver gang, noe som innebærer at "teknologinærheten" ikke flyter sammen personen. Dette er antakelig det minst innovative systemet.

Et eksempel på et slikt lite innovativt kompetansesystem er det rundt det såkalte fordistiske industriforetak. Det klassiske eksemplet er her General Motors bilproduksjonskonsept. Selv om vi i Norge aldri har hatt storforetak av GMs dimensjoner, har norsk prosessindustri hatt mange likhetstrekk med fordistisk produksjonsideal: effektiv, høyt automatisert storskalaproduksjon for statiske produktmarkeder. Organisatorisk er fordismen også et utmerket eksempel på et hierarkisk system: store, topptunge enheter med vellutviklede kontroll og komandolinjer og med en svært byråkratisk struktur. Kommunikasjon og kompetansen flyter bare langs formelle linjer, og man bruker så og si bare intern kompetanse. Dette systemers lave innovasjonsevne har da også blitt dets "bane", og gitt opphav til alternative industrimodeller som feks. fleksibel spesialisering (se bl.a. Sabel 1985, Hull Kristensen 1986), modeller hvis funksjonsmåte minner mye om kompetansesystemet til venstre i figur 2. Vår bedrift Subtronics er et godt eksempel på dette.

Vi må imidlertid være klar over at det her er snakk om idealtypiske system. I virkeligheten vil ikke kjennetegnene ved systemene være så "renskårne" som i min figur. Vi vil sansynligvis heller ikke bare finne to "rene" system, men i tillegg flere typer "blandingssystem". Det vil antakelig heller ikke være vanskelig å finne bedrifter som tilhører flere kompetansesystem-typer, dvs som opererer på flere typer markeder og deltar i flere typer aktørnettverk. Likevel vil jeg tro at dikotomien i figur 2 kan være analytisk fruktbar hvis en ønsker å studere sammenhengen

mellom industribedrifters kompetanseutnyttelse og deres innovasjonsevne.

Til syvende og sist vil imidlertid en slik dikotomis fruktbarhet være et empirisk spørsmål som ikke lar seg endelig evaluere, før vi har studert flere typer industribedrifter og deres deltakelse i større kompetanse-system.

6. Litteratur

Burns, T. og Stalker, G. M.: The management of innovations, Tavistock Publ. London, 1961

Constant E. W.: "Communities and hierarchies: Structure in the practice of science and technology" i R. Laudan (red): The nature of technological knowledge, Dodrecht, 1984

Freeman, C.: The economics of industrial innovation, London, 1982

Gjøn, H.: Endelig på rett plass? Om endringer i norske sivilingeniørers yrkesgrunnlag, Sevits-rapport nr. 5, Senter for teknologi og samfunn, Trondheim 1988

Gouldner, A. W.: "Cosmopolitans and locals: Toward an analysis of latent social roles," Administrative Science Quarterly, Dec. 1957 and March 1958

Halgunset J. (red): Sivilingeniørers utdanning og yrke. 20 års forskning ved IFIM, Trondheim, IFIM 1979

Holter P.A.: Ingeniøren og hans stilling. Om profesjon - arbeid-personlighet, Trondheim, IFIM 1961

Hughes, T.P.: Networks of power, Baltimore, 1983

Kanter, R. Moss: "Variations in managerial career structures in high-technology firms: The impact of organizational characteristics on internal labor market patterns", i P. Ofteman (red.): Internal labor markets, MIT Press, 1984

Kristensen, Peer Hull: Teknologiske prosjekter og organisatoriske prosesser, Forlaget Samfunnsøkonomi og Planlægging, Roskilde 1986

Kvande, E. og B. Rasmussen: "Er det organisasjonene eller kvinnene som mangler mot?" Seminarinnlegg, stensil IFIM, Trondheim 1985

Lange, K.: Sivilingeniørers yrkesforventninger og karrierer, Institutt for psykologi og sosialforskning, NTH, Trondheim 1967

Levold, N.: Norske sivilingeniører: Teknologiutviklere eller teknikk-administratorer? Paper til nordisk symposium om teknologi og arbeidsliv. Korsør, Danmark 1987, Arbeidsnotat 4/87, Senter for teknologi og samfunn, Universitetet i Trondheim, 1987

Paasche, T.: Om sivilingeniørers utdanning og yrkeskarriere, Institutt for organisasjon og arbeidslivsfag, NTH, Trondheim, 1983

Rasmussen, B.: "Sivilingeniøryrket idag - like sjanser for kvinner og menn?", Stensil, IFIM, Trondheim, 1986

Ramussen, B.: "Innovasjonsevne og organisering av ingeniørarbeid", i NAVF/RSF: Teknologi og samfunn; Rapport nr.4: Seminar 1986, Oslo 1986

Rosenberg, N.: Inside the black box: Technology and economics, Cambridge 1982

Sabel, C.: "Historical alternatives to mass production: Politics, markets and technology in nineteenth-century Industrialisation", Past and Present, nr. 108, august 1985

Solem, O. og Jarle, I.: Lederkvalifikasjoner hos norske sivilingeniører, Institutt for organisasjon og arbeidslivsfag, NTH, Trondheim, 1983

Stemerding, A. H. S.: The careers of engineers. A developmental process, Trondheim, 1968

Sørensen, K. H.: "Arbeid og utdanning for norske sivilingeniører 1960-1990. Vedlegg til søknad til NAVF", Institutt for sosiologi, Universitetet i Trondheim 1986

Sørensen, K. H.: "Norwegian engineers: From "captains of industry" to technical consultants", Paper presentert på "Teknologihistorieseminalet 1987", Orkanger 17-18. 9. 1987

Tøssebro, J.: Om tekniske innovasjoner. Organisasjons- og ledelsesaspekter, IFIM, Trondheim, 1985

Wolff, M. F.: "Revamping the dual ladder at General Mills" i Tushman, M and W. Moore (red): Readings in management of innovation. Boston 1982.

STS--ARBEIDSNOTAT/WORKING PAPER

1987:

- 1/87 Knut H. Sørensen: Deciding technology: Decisions and negotiations in a Norwegian research organization (33 sider, kr. 35,-).
- 2/87 Knut H. Sørensen: Sentrale datafag og sære datamiljøer? Noen sosiologiske perspektiver på verdisyn og miljø innen datafag (11 sider, kr. 20,-).
- 3/87 Knut H. Sørensen: Innovasjon "nedenfra": En drøfting av beslutningsforhold ved innføring av ny teknikk i foretak (42 sider, kr. 40,-).
- 4/87 Nora Levold: Norske sivilingeniører: Teknologiutviklere eller teknikkadministratorer? (25 sider, kr. 30,-).

1988:

- 1/88: Senter for teknologi og samfunn, Universitetet i Trondheim: En kort presentasjon med vekt på senterets oppgaver og funksjon (12 sider, kr. 20,-).
- 2/88 Knut H. Sørensen: Teknologiske visjoner og sosiologisk snusfornuft: En dekonstruksjon av informasjonssamfunnet (15 sider, kr. 20,-).
- 3/88 Knut H. Sørensen: Hva kan sosiologien lære oss om teknologien? (18 sider, kr. 20,-).
- 4/88 Nora Levold: Ingeniører som infrastruktur i innovasjonsprosesser (21 sider, kr. 30).
- 5/88 Håkon W. Andersen: Teknologen og hans ambivalente forhold til ny teknologi. Ansatser til en forståelse (22 sider, kr. 30,-).
- 6/88 Håkon W. Andersen: 'Brandy and cigars': Om teknologer og menneskelige verdier (9 sider, kr. 10,-).
- 7/88 Trond Buland: Forskningspolitikk nedenfra? Nasjonal handlingsplan for informasjonsteknologi blir til (33 sider, kr. 35,-).

- 8/88 Trond Buland: Networking from above? Information Technology in the Norwegian Health Services (28 sider, kr. 30,-).
- 9/88 Knut H. Sørensen: Gender and technological R&D. A challenge to social studies of technology (25 sider, kr. 30,-).
- 10/88 Knut H. Sørensen/
Nora Levold: Engineers as infrastructure: On technological innovation, heterogeneous technology and networks of competence (20 sider, kr. 20,-).

Arbeidsnotater kan bestilles fra: / Working papers can be ordered from:

Senter for teknologi og samfunn
Universitetet i Trondheim
7055 Dragvoll

Centre for Technology and Society
The University of Trondheim
N-7055 Dragvoll, Norway

Telefon:
Sentralbord: (07) 92 04 11

Telephone:
Switchboard: + 47 7 92 04 11

STS - RAPPORTER

1986:

- 1/86 Johan Willy Bakke: Teknologi-arbeidsorganisasjon-bedriftsdemokrati. Sosioteknisk forskning i England og Norge (116 sider, kr. 40,-)
- 2/86 Nora Levold: Kvinners økte yrkesdeltakelse: Langsom revolusjon eller rask integrasjon (utsolgt).
- 3/86 Håkon W. Andersen: Fra det britiske til det amerikanske produksjons-ideal. Forandringer i teknologi og arbeid ved Aker mek. Verksted og norsk skipsbyggingsindustri 1935-1970 (679 sider, kr. 120,-).
- 4/86 Knut H. Sørensen/
Nora Levold: En rettferdig teknologi? NTH-studenters syn på etiske og verdimessige spørsmål knyttet til teknologi og sivilingeniøryrket (57 sider, kr. 25,-).

1988:

- 5/88 Heidi Gjøn: Endelig på rett plass? Om endringer i norske sivilingeniørers yrkesgrunnlag (200 sider, kr. 50).
- 6/88 Knut H. Sørensen: Forsknings- og innovasjonspolitikk (170 sider, kr. 50,-).
- 7/88 Elisabeth Piene: Vilkår og verdier. Om kvinner og menn i informasjonsteknologisk orientert forskning (145 sider, kr. 60,-).

Rapporter kan bestilles fra: / Reports can be ordered from:

Senter for teknologi og samfunn
Universitetet i Trondheim
7055 Dragvoll

Centre for Technology and Society
The University of Trondheim
N-7055 Dragvoll, Norway

Telefon:
Sentralbord: (07) 92 04 11

Telephone:
Switchboard: + 47 7 92 04 11