

# UNIVERSITETET I OSLO

HELSEØKONOMISK  
FORSKNINGSPROGRAM

## Hva betyr forskning, utdanning og reisetid for sykehusenes kostnader?

**Sverre A.C Kittelsen**

**Fredrik Niclas Piro**

*Frischsenteret og HERO*

**Jon Magnussen**

*SINTEF Unimed*

*Helsetjenesteforskning*

**Skriftserie 2002: 18**



# Hva betyr forskning, utdanning og reisetid for sykehusenes kostnader?

Sverre A.C Kittelsen, Jon Magnussen  
& Fredrik Niclas Piro

*Desember*

**Helseøkonomisk forskningsprogram ved Universitetet i Oslo  
HERO 2002**

HERO Skriftserie 2002:18

*Forfatterne:*

Sverre A.C. Kittelsen – Frischsenteret og HERO, [sverre.kittelsen@frisch.uio.no](mailto:sverre.kittelsen@frisch.uio.no)  
Jon Magnussen – SINTEF Unimed Helsetjenesteforskning  
Fredrik Niclas Piro – Frischsenteret og HERO

## Sammendrag

Rapporten ser på konsekvensene av forskning, utdanning og reisetid på sykehusenes kostnader. Analysen er gjennomført ved å estimere en generell sammenheng mellom sykehusens driftskostnader på den ene siden og pasientbehandling, forskning, undervisning og reisetid på den andre. Sykehusene har til nå ikke hatt god statistikk på hvor mye som produseres av forskning og undervisning, så data har blitt innhentet fra eksterne kilder som en del av prosjektet. Med kun tre års observasjoner av 53 norske sykehus er en nødt til å bruke metoder som legger føringer på hva slags tallmessige sammenhenger som finnes. Analysene er dermed bedre egnet til å svare på hvorvidt en variabel har stor eller liten effekt på kostnadene enn til å beregne nøyaktige kostnader pr forskningsenhet eller undervisningsenhet.

Resultatene viser at forskning koster, og at det ikke oppveies av noen økt produktivitet fra sykehus med mye forskning. Kostnaden for en ekstra doktorgrad er anslått til mellom 2 og 6 millioner kr, og en artikkel i et vitenskapelig tidsskrift vil koste mellom 125 og 600 tusen kr avhengig av kvaliteten på tidsskriftet. Forskningsaktiviteten er imidlertid ujevnt fordelt. Ansatte ved regionsykehusene og Radiumhospitalet er medforfattere på over 80% av alle publiserte artikler. Resultatene tyder på at det også er ved disse sykehusene det er billigst å drive forskning.

Sykehusenes kostnader øker neppe vesentlig med økende omfang på medisinerutdanningen, og øker kun svakt med økende omfang på utdanning av høgskolestudenter, sannsynligvis fordi studentene gjør nyttig arbeid for pasientene og sykehuset som en del av utdanningen. Kostnadene for sykehusene øker derimot klart ved økende omfang på turnuskandidater, og med økende andel leger i spesialistutdanning. Det er imidlertid vanskelig å komme med gode tallanslag for kostnadene ved utdanning.

Det er ikke mulig å etablere noen entydig sammenheng mellom pasientenes gjennomsnittlige reisetid til sykehusene og sykehusenes kostnader. Dersom det er pasientgrupper som heller blir innlagt enn behandles poliklinisk fordi de har lange reiser, kan sykehusene få økt sine kostnader. For sykehusene i analysen motvirkes slike kostnadsøkninger av at pasienter med lang reise oftere blir overført mellom sykehus, noe som ikke fanges opp tilfredsstillende i dagens pasientstatistikk.

## 1. Innledning

I Lov om spesialisthelsetjenester presiseres det at sykehusene særlig skal ivareta fire oppgaver:

- pasientbehandling
- utdanning av helsepersonell
- forskning
- opplæring av pasienter og pårørende

I den offentlige debatt og oppmerksomhet knyttet til finansiering av sykehustjenester og forskjeller i kostnadsnivå mellom sykehus er oppmerksomheten imidlertid i stor grad rettet mot pasientbehandlingen. Samtidig uttrykkes det fra flere hold bekymring over at vilkårene for forskning og utdanning er lite tilfredsstillende, og det reises også spørsmål ved om eksisterende analyser av kostnadsforskjeller i tilstrekkelig grad tar høyde for forskjeller i omfanget av forskning og utdanning.

Til en viss grad har dette sammenheng med at det har vært vanskelig å kvantifisere omfanget av forskning og utdanning ved sykehusene. Dette er f.eks. ikke opplysninger som samles inn i forbindelse med den styringsinformasjonen som presenteres i SAMDATA publikasjonen. Det har heller ikke ligget incitament i finansieringsordningene som har fått sykehusene til å dokumentere omfanget av forskning og utdanning. Finansiering av forskning og utdanning har, i hovedsak, inngått som en del av det såkalte regionsykehustilskuddet, men uten at tilskuddene har vært godt knyttet mot målbare aktivitetsstørrelser. Det er også uklart hvorvidt størrelsen på tilskuddene samsvarer med de reelle kostnadene.

Denne rapporten er utarbeidet som ledd i et oppdrag for Helsedepartementet for evaluering av statlig eierskap og foretaksmodell. Arbeidet med denne rapporten har vært rettet inn mot problemstillinger reist av "Utvalg som skal vurdere framtidig finansieringssystem for spesialisthelsetjenesten" (Hagen-utvalget). Utvalget har særlig bedt om en vurdering av:

- Eventuelle merkostnader knyttet til sykehusenes forskningsaktivitet
- Eventuelle merkostnader knyttet til sykehusenes utdanningsaktivitet

I tillegg har det også vært reist spørsmål ved om sykehusenes beliggenhet i forhold til den befolkning de skal betjene vil påvirke deres kostnader. Utvalget har derfor også bedt om en vurdering av:

- Forholdet mellom pasientenes reisetid til sykehus og sykehusenes kostnader

I det videre vil vi i avsnitt 2 redegjøre kort for eksisterende litteratur rundt disse problemstillingene. Operasjonalisering og måling av størrelsene "forskning og utdanning" diskuteres i avsnitt 3. I avsnitt 4 etableres en kostnadsfunksjon for somatiske sykehus og resultatene av estimering av denne. En konkluderende diskusjon foretas i avsnitt 5.

## 2. Tidligere analyser<sup>1</sup>

Forskning, utdanning og pasientbehandling er det som i fagterminologien kalles sammenkoblede produkter. Forskning og undervisning vil i det daglige være integrert i pasientbehandlingen, og det vil derfor være vanskelig å isolere kostnadene knyttet til denne aktiviteten i f.eks. en regnskapssammenheng (Hadley, 1983). En alternativ fremgangsmåte er derfor å identifisere kostnadmessige konsekvenser av forskning og undervisning indirekte ved hjelp av økonometriske modeller. Dette har vært forsøkt i flere land, med ulike tilnærminger og med ulikt resultat. En mer utdypende sammenfatning av denne litteraturen finnes bl.a. i Linna et al (1998).

Resultatene fra de analysene som er gjennomført spriker kraftig. De samlede kostnadene ved forskning og utdanning er beregnet til å ligge mellom 0 og 25 prosent av driftskostnadene. Universitetssykehusene alene er beregnet til å ha kostnadsnivå som ligger 7-15 prosent over de øvrige sykehusene. Vår vurdering er imidlertid at den praktiske nytten for vårt formål av store deler av denne litteraturen er lav. Dette skyldes dels metodiske forhold, dels forhold rundt måling og operasjonalisering av forsknings- og utdanningsvariablene.

De langt fleste analysene baseres på det som i litteraturen har blitt kalt "behavioural cost functions" (Evans, 1971). Dette innebærer at gjennomsnittlig kostnad pr utskrevet pasient benyttes som avhengig variabel, og at man som forklaringsvariable inkluderer det man måtte mene påvirker kostnadene. En typisk kostnadsfunksjon vil dermed se ut som (en log lineær transformasjon av):

$$c = a + b \text{ CASEMIX} + g \text{ SIZE} + f \text{ OTHER} + d \text{ TEACHING} + e$$

Hvor,  $c$  er gjennomsnittskostnad,  $\text{CASEMIX}$  et forsøk på å fange opp pasientsammensetning,  $\text{SIZE}$  et uttrykk for størrelse og  $\text{OTHER}$  er andre variable som forskeren mener kan påvirke kostnadene. Effektene av forskning og utdanning fanges i sin helhet opp av variabelen  $\text{TEACHING}$ , en dummyvariabel som indikerer om sykehuset driver forskning og utdanning eller ikke. Svakheten med denne type analyser er dermed både at de er *ad-hoc* og dermed ikke fanger opp produksjonsteknologien, og at merkostnadene ved forskning og utdanning ikke knyttes direkte til denne aktiviteten men kun til sykehusenes institusjonelle status.

Et mindre antall analyser har imidlertid et bedre datagrunnlag for forskning og utdanning, og noen baseres også på tradisjonell nyklassisk produksjonsteori, dvs modellerer en spesifisert kostnadsfunksjon hvori inngår outputvariable og (om tilgjengelig) prisvariable. For vårt formål er det særlig to analyser som er av spesiell interesse.

Den første er Lopez-Casasnovas og Saez (1999) studie av spanske sykehus. Denne er i første rekke relevant fordi finansieringen av forskning og undervisning i de spanske sykehusene har likheter med den norske modellen, og fordi man i den spanske studien har et skille mellom grad av undervisningsomfang innenfor gruppen av

---

<sup>1</sup> Vi har ikke funnet analyser som fokuserer på reisetid, dette avsnittet konsentreres derfor om effekter av forskning og utdanning på sykehusenes kostnader.

undervisningssykehus. Resultatene fra denne studien tyder på at kostnadene var 19% høyere ved undervisningssykehus enn ved sykehus uten utdanningsfunksjoner, og halvparten av den observerte forskjellen i reelle kostnader ble tilskrevet undervisningsstatus. Det siste momentet er særdeles interessant i forhold til analyser som kun benytter en institusjonsspesifikk dummy for å fange opp de samlede merkostnadene ved forskning og utdanning.

Den andre studien av særlig interesse for oss er en finsk studie (Linna et al, 1998). Denne er også den eneste analysen hvor man både anvender et velfundert produksjonsteoretisk fundament og har opplysninger om faktisk utført forskning og undervisning. Linna et al operasjonaliserer undervisning gjennom tre variable, som måles i form av antall uker med undervisning/praksis ved sykehuset. De operasjonaliserer videre forskningen gjennom tre variable; internasjonale publikasjoner, nasjonale publikasjoner og doktorgrader. Vi vil i det videre i denne rapporten basere analysene på et opplegg som tar utgangspunktet i analysene fra Linna et al.

### **3. Måling av forskning, utdanning og pasientenes reisetid**

Formålet med dette prosjektet er å identifisere sammenhengen mellom produksjonen av forskning og utdanning og sykehusenes kostnader samt å se om det er mulig å etablere en sammenheng mellom kostnader og reisetid. Det er ulike utfordringer knyttet til disse variablene. Forskning er en type aktivitet hvor vi tradisjonelt har manglet både en klar operasjonalisering og informasjon om omfanget. Avsnitt 3.1 diskuterer derfor operasjonalisering og måling av forskningsvariabelen. Utdanningsaktiviteten skjer både som undervisning og gjennom praksis. Det kan også argumenteres for at studenter kan bidra til pasientbehandlingen, og det er dermed ikke gitt i samme grad at utdanningsaktiviteten skal øke kostnadene. Dette diskuteres i avsnitt 3.2. Reisetid er ikke på samme måte et produkt, og utfordringen som diskuteres i avsnitt 3.3 er her i større grad å begrunne hvorfor reisetid skulle påvirke sykehusenes produksjonsforhold, og dermed deres kostnader.

#### **3.1 Forskning**

Kyvik (2001) viser at innen medisinsk forskning ved norske universiteter og høyskoler utgjør artikler 93% av alle publikasjoner. Av disse er nærmere 90% skrevet på et fremmedspråk. Den helt dominerende publikasjonsformen i medisin er en artikkel i et internasjonalt tidsskrift skrevet av to eller flere forfattere. Vi antar i det videre at Kyviks funn kan generaliseres til medisinsk forskning som helhet, og dermed karakterisere deler av forskningsaktiviteten ved de somatiske sykehusene. En annen publiseringsform som gir et grovt mål på forskningsaktivitet ved sykehusene, er antall medisinske doktorgrader. En typisk doktoravhandling vil bestå av publiserte artikler fra anerkjente vitenskapelige tidsskrifter, samt et sammendrag som viser hvordan artiklene til sammen utgjør et helhetlig prosjekt (Friis og Vaglum 1999). Vår antakelse er at disse to publiseringsformene på en god måte representerer en parameter for sykehusenes totale forskningsomfang.

Det viste seg at det var vanskelig å innhente denne typen informasjon direkte fra sykehusene. Rapporteringen var svært mangelfull og vilkårlig, og ga lite pålitelige

resultater. For å sikre lik behandling av sykehusene, samt god etterprøvnbarhet ble det besluttet å bruke databasen Science Citation Index (SCI)<sup>2</sup>, som er verdens største tverrfaglige bibliografiske database innen naturvitenskap, medisin og teknologi. Det er en utbredt oppfatning at den samling av tidsskrifter som dekkes av SCI representerer hovedmengden av den forskning som utføres. Et kriterium for å bli indeksert av SCI er at tidsskriftet er sentralt i sitt fagfelt, internasjonalt anerkjent og benytter referee-ordning (Bruen Olsen 1998). I en SCI registrering av en publikasjon finnes det følgende informasjon: Forfatters og medforfatters navn, tittel på artikkelen, publiseringsår, adresser til de institusjonene som forfattere kommer fra og en kort oppsummering av artikkelens innhold. For å unngå de vanligste feilkildene ved SCI – nemlig manglende initialer, stavefeil, samt en overraskende liten grad av standardisering mht institusjonsnavn – ble det ikke søkt på de norske sykehusene. I stedet ble alle artikler i basen som i tidsrommet 1999-2001 var indeksert ved NORWAY gjennomgått, for på denne måte å identifisere de enkelte sykehusene.

### 3.1.1 Sitering og gjennomslagskraft

Antall artikler kan altså ses på som en indikator for omfanget av forskningsproduksjonen. Antall siteringer en artikkel har oppnådd, kan videre tas som uttrykk for i hvilken grad publikasjonen har fått gjennomslag, eller er blitt synliggjort. Det er imidlertid alminnelig enighet blant bibliometrikere om at man skal være ytterst varsom med å tolke publiserings- og siteringsfrekvens som et direkte uttrykk for forskningens kvalitet (Bruen Olsen og Kaloudis, 1997). Samtidig er vi av den oppfatning at "en artikkel ikke er en artikkel" – dvs at det ikke er urimelig å anta kvalitetsforskjeller mellom artikler, og dette bør fanges opp i en kostnadsanalyse. Den enkle antakelsen bak dette er at desto høyere kvalitet, desto mer ressurser og innsats har blitt benyttet i forskningsprosessen som har ledet frem til publikasjonen.

Allikevel er ikke siteringsaspektet irrelevant. Basert på et *tidsskrifts* oppnådde siteringer de to foregående årene, lages en såkalt "Impact Factor" – heretter IF, som representerer den gjennomsnittlige årlige siteringsraten for artikler publisert i et tidsskrift, målt under de to første årene etter publisering – basert på referanser fra alle artikler i tidsskrifter som er med i SCI. Impact-kalkulasjonene er basert på originalforskning og review-artikler. Leserbrevev av typen som ofte publiseres i BMJ og Lancet er ikke inkludert i publikasjonstillingen (Garfield 1996; Opthof 1997). Tidsskrifters IF som publiseres årlig av SCI Journal Citation Reports betraktes gjerne som en kvalitetsrangering av tidsskrifter (Hansen et al 1996:507; Opthof 1997:1; ). I vår studie har vi valgt å benytte oss av SCI-databasens Impact-faktorer for å vekte de ulike artiklene. For hver artikkel vi hentet fra SCI, ble dermed også tidsskriftets IF, der artikkelen var trykket, registrert.

Bruk av IF for å vekte publikasjoner for kvalitet er imidlertid omstridt. Alle artikler publisert i ett tidsskrift gis samme IF, men de enkelte artiklenes siteringsrater er ofte meget skjevt fordelt. Det er også anført som et generelt problem mot bruk av IF, at det ikke gjøres noe skille mellom ulike medisinske disipliner, og at sammenligning av tidsskrifter innen ulike disipliner ikke kan gjøres. I bunn handler det om et dilemma i forhold til hvor på akse for basis-/klinisk forskning et tidsskrift ligger. Høy IF finnes

---

<sup>2</sup> Se: <http://isi5.isiknowledge.com/portal.cgi>

gjerne i tidsskrifter som dekker brede områder for basisforskning med en hurtig ekspanderende, men kortlivet, litteratur, som bruker mange referanser per artikkel. Artikler om biokjemi og molekylærbiologi siteres ca 5 ganger så ofte som artikler om farmasi (Seglen 1997). I unge og hurtig voksende forskningsområder, vil antallet publikasjoner med siteringsrater være relativt høyt i forhold til mengden siterbart materiale, hvilket medfører høy siteringsrate for artiklene, og høy IF for tidsskrifter på området (Seglen 1997). Det er også viktig å notere seg at de ulike forskningsfeltene og medisinske spesialitetene har ulike tradisjoner for siteringer (Aksnes 2002:11; Hansen et al 1996; Opthof 1997). En annen kilde til variasjoner tidsskriftene imellom mht IF, som ikke kan tilskrives kvalitet alene, er tidsskriftets språk. Engelskspråklige artikler blir av naturlige årsaker hyppigere sitert enn artikler på andre språk, skjønt disse av og til har engelske abstracts, titler, søkeord etc (Lehrl 1999:149). Det hevdes videre at et tidsskrifts IF ikke representerer artiklenes kvalitet, da det er svært skjev spredning mht artiklenes egne siteringsrater (Seglen 1997). Det er imidlertid en generell enighet om at IF kan benyttes som en hensiktsmessig indeks for forskningskvalitet, når man når et høyt aggregeringsnivå – dvs 150 artikler eller mer (Hansen et al 1996; Opthof 1997).

Riktignok er det rimelig å anta at et tidsskrift med høyere IF enn et annet i gjennomsnitt publiserer bedre artikler, men hvor store tallmessige størrelser mellom tidsskrifter er det rimelig å se som reelle kvalitetsforskjeller? Når, for eksempel, Lancet's IF økte fra 13,25 til 17,49 i perioden 1986-1997, er det rimelig å hevde at kvaliteten på tidsskriftet økte med 32 prosent? For vår analyse er det relevant å spørre om en artikkel i et tidsskrift med IF 20 er skal telle lik 20 artikler i et tidsskrift med IF 1. En metode som kan legge en demper på skjeve og systematiske tallstørrelser i IF, er gjennomført i Linna et al (1998) studie, der de vekter IF etter følgende modell:

**Tabell 1: Vekter i Linna et al.'s forskningsvariabel**

	Impact-factor (IF)	Vekt
Finske journaler	-	0,5
Internasjonale journaler	< 1,0	1,0
Internasjonale journaler	mellom 1,0 og 4,0	2,0
Internasjonale journaler	> 4	3,0
Doktorgrader	-	6,0

I likhet med Linna et al ønsker vi å inkludere et tidsskrift som ikke er indeksert i SCI, men som allikevel er viktig; Tidsskrift for den norske Lægeforening. Dette fordi det er den aller mest benyttede publiseringsarenaen for norske sykehus. Tidsskriftet benytter referee-ordning i likhet med tidsskriftene indeksert i SCI, og tilfredsstillende dermed de samme kvalitetskriteriene som tidsskriftene i SCI gjør. I analysene som følger vil også ulike vektinger bli benyttet.

### 3.1.2 Første- og annetforfatterskap

Under innsamling av artiklene, har vi også registrert hvorvidt sykehuset er representert på forfattersiden som førsteforfatter eller som medforfatter. Denne distinksjonen er vesentlig innen medisinsk forskning. En typisk norsk publikasjon i



medisin involverer gjennomsnittlig 3,9 forfattere og som oftest er mer enn én forskningsinstitusjon oppført i artiklenes adressepost. Dette betyr at de norske publikasjonene i medisin er et resultat av et nettverk av samarbeidsrelasjoner mellom forskjellige aktører innenfor og utenfor det norske forskningssystemet (Bruen Olsen og Kaloudis 1997). Det synes å være fundamentale forskjeller mellom fagområdene med hensyn til hvem som blir kreditert som medforfatter. Satt på spissen; den hjelp og innsats fra kolleger, assistenter og seniorpersoner som belønnes med samforfatterskap i de medisinske, teknologiske og naturvitenskapelige fag avspises med en takk i en fotnote i publikasjoner fra samfunnsvitenskapelige og humanistiske miljøer (Kyvik 2001). Det er derfor ikke uvesentlig hvem som er forfattere, og i hvilken rekkefølge de står. Gjelder artikkelen funn som kan føre til økonomisk inntjening, kan det være avgjørende hvem som er forfattere (Friis og Vaglum 1999).

### 3.2 Utdanning

Omfanget av utdanning ved sykehusene, og særlig universitetssykehusene er betydelig. Følgende grupper får sin praksis og delvis den teoretiske undervisningen ved sykehusene: medisinerstudenter, sykepleierstudenter, radiografer, bioingeniører, fysioterapeuter, ergoterapeuter, spesialsykepleiere, turnuskandidater, spesialistkandidater, enkelte hovedfagsstudenter, psykologer, odontologer, barnevernpedagoger, logopeder osv, samt ulike grupper helsepersonell under etterutdanningskurs (NOU 1996:5; NOU 1999:15) Undervisning og veiledning knyttet til noen grupper er aktivitetsfinansiert:

- Turnusplasser i sykehus for jordmorkandidater, fysioterapikandidater og medisinerere. Fra 1997 er det innført en ordning med tilskudd til sykehus for delvis å kompensere for sykehusenes kostnader til veiledning av turnuskandidater fra de tre gruppene. Tilskuddet er 25 000 kr for kandidater med ett års turnustjeneste (medisinerere og jordmødre) og 12 500 kr for kandidater med halvårs turnustjeneste (fysioterapeuter). Samlet tilskudd til fylkeskommunene er blitt beregnet ved å summere antall årsverk som er utført av turnuskandidater ved sykehusene i løpet av året. I 1998 ble det gitt tilskudd for om lag 680 årsverk.
- De regionale helseforetakene er gitt et tilskudd over Helsedepartementets budsjett som blant annet skal dekke aktivitet ved universitetsklinikken til forskning og undervisning av medisinstudenter. For medisinstudentene gis sykehuseierne tilskudd som et driftsulempetilskudd per medisinstudent. Dette tilsvarer 860 000 kr totalt gjennom studieløpet per student. Praksisdelen av medisinerutdanningen består av to typer praksis: a) Klinisk praksis (bed-side-teaching) på sykehusavdelinger finansieres delvis fra tilskuddet til undervisning i regionsykehustilskuddet og delvis av universitetene ved professor I og professor II stillinger og kliniske stipendiater samt driftsmidler. b) Utplassering/praksis i allmenmedisin, psykiatri og praksissykehus finansieres vesentlig av universitetene (Iversen 2000).

Det er ikke noe tilsvarende finansiering av praksis i sykepleierutdanningen. Det er imidlertid lagt inn 18 millioner kroner i høgskolenes rammer som i stor grad brukes til frikjøp av praksisveileder (vikarutgifter). Noe av midlene brukes også til fagutviklingstiltak som innkjøp av litteratur og i noen grad til opplæring av veiledere i

praksisperiodene. Dette beløpet varierer ikke automatisk med behovet for praksisplasser (Iversen, 2000).

En stor del av kostnadene knyttet til spesialistutdanningen for leger blir finansiert av Legeforeningen gjennom foreningens utdanningsfond. Disse fondene er bygget opp ved årlige avsetninger i forbindelse med forhandlinger om Normaltariffen. Avsetningens størrelse varierer fra år til år (Nasjonalt Råd 2001). Den største delen av kostnadene for spesialistutdanningen er imidlertid lønnskostnader som i dag blir dekket over sykehusenes ordinære driftsbudsjetter. Dette gjelder både lønnskostnader for den tid assistentlegene benytter til de utdanningsaktiviteter som inngår i spesialistutdanningen, inklusiv praktisk opplæring, samt lønn for den tid overordnede leger benytter til veiledning og opplæring av assistentleger (Nasjonalt Råd 2001). De øvrige undervisningsoppgavene forutsettes dekket innenfor budsjettammen (NOU 1999:15).

### **3.2.1 Er utdanning en ren utgift for sykehusene?**

Utdanningsaktivitet kan øke kostnadene ved et sykehus både direkte og indirekte. Direkte kostnader er tilleggsinvesteringer i FoU-programmer, undervisningsrom, laboratorier og utstyr. En indirekte følge av FoU er tap av arbeidskraft i pasientbehandlingen; studenter og forskningsprosjekter absorberer fagpersonalets tid. Desto flere studenter, desto mer tid må settes av til undervisning (Linna et al 1998). Utdanning antas generelt å øke sykehusenes kostnader, delvis på grunn av studentenes manglende ferdigheter og effektivitet i forhold til heltidsansatte, og delvis på grunn av den negative påvirkningen utdanning har på produktiviteten til de faste ansatte. Studenter kan imidlertid også benyttes som substitutter for de faste ansatte, og i så fall vil de bidra til aktiviteten og også kunne være inntektsgenererende (Blewett et al, 2001).

Turnustjenesten er overgangen mellom det medisinske studium og selvstendig arbeid som lege. Tjenesten kompletterer grunnutdanningen og er obligatorisk for å oppnå autorisasjon som lege i Norge. Turnustjenesten er ikke en fortsettelse av universitetsstudiet, men en opplæring under arbeid hvor man gjennom praktisk virksomhet skal skaffe seg mer erfaring og viten. Målet for turnustjenesten, er at turnuslegen gjennom arbeid som lege under særskilt veiledning, oppfølging og supervisjon skal få nødvendig erfaring og praktisk rutine for å selvstendig å kunne utføre vanlig legevirkosomhet på en forsvarlig måte (IK-17/98, Statens Helsetilsyn<sup>3</sup>).

Spesialistutdanningen starter etter autorisasjon som norsk lege, dvs etter minst seks års medisinstudium og påfølgende ett og et halvt års turnustjeneste. Minimumstiden for utdanning etter fullført embetseksamen og turnustjeneste er 5-6 år i hovedspesialitetene og 7 år i grenspesialitetene. Mediantid for utdanning i hovedspesialitet var 8 år i 1997. Det meste av den praktiske gjennomføringen av utdanningen foregår på tjenestesteder, dvs på sykehusavdelingen for de sykehusbaserte spesialitetene. Det innebærer at arbeidsgiveren har en sentral rolle for

---

<sup>3</sup> ”Turnustjeneste for leger. Forskrifter, retningslinjer, målbeskrivelse, gjennomføring”. Rundskriv IK-17/98. Oslo: Statens Helsetilsyn.

å legge forholdene til rette for gjennomføringen av utdanning, og legers deltakelse i undervisning, veiledning og forskning. Her har arbeidsgiveren en plikt som er hjemlet i sykehusloven §8. Det er også hjemlet i ny lov om spesialisthelsetjeneste (§3-8) (Nasjonalt Råd; 2001).

Det er usikkert i hvilken grad den lange utdanningstiden oppleves som problematisk på sykehusavdelingene. Utdanningskandidatene går inn i et team og gjør fullverdig innsats på sin plass. Det kan derfor hevdes at det betyr lite for avdelingen om kandidaten får sin godkjenning ett år før eller ett år senere (Nasjonalt Råd, 2001). Assistentlegene medfører likevel indirekte kostnader i form av relativt omfattende bruk av diagnostiske tjenester av klinisk uerfarne assistentleger, redusert produktivitet blant sykepleiere og annet mannskap som hjelper til med undervisning og veiledning, og bruk av dyr medisinsk teknologi til forsknings- og utdanningsaktiviteter (Nicholson og Song 2001). Det er derfor ikke gitt at sykehusene i framtiden vil se seg tjent med å opprette det nødvendige antall utdanningsstillinger i de ulike spesialitetene. Kravene til produktivitet i sykehusdriften er økende, ikke minst gjennom ISF som utgjør en vesentlig del av sykehusets finansieringsgrunnlag. Også den polikliniske virksomheten er stykkprisfinansiert. Disse forhold kan tenkes å medføre at sykehusene ofte kan se det som mest fordelaktig med få eller ingen assistentleger, og heller satse på flere fullt utdannede spesialister – overleger (Nasjonalt Råd 2001:68).

### 3.3 Pasientenes reisetid

Pasientbehandlingen ved sykehusene kan skje gjennom innleggelse, som dagbehandling eller ved poliklinikkene. Tradisjonelt har hoveddelen av sykehusbehandlingen skjedd ved det sykehus pasientene ”soknet til”, men etter innføring av fritt sykehusvalg ser vi nå også at en større andel pasienter velger sykehus som ligger lengre fra bostedet (SAMDATA, 2002). Avstand til sykehus vil imidlertid kunne påvirke valg av behandlingsform, og dermed også kostnader for sykehuset<sup>4</sup>. Særlig vil vente at:

- Sannsynligheten for å bli innlagt øker, *ceteris paribus*, med reisetid.
- Sannsynligheten for å bli utskrevet avtar, *ceteris paribus*, med reisetid.

Dette vil kunne ha implikasjoner for sykehusenes kostnader i den grad økt innleggelseshyppighet og lengre liggetid gir høyere kostnader. Det er derfor mulig å formulere som en hypotese at sykehusenes kostnader vil øke med økende reisetid for pasientene. Det er imidlertid flere forhold som gjør at denne sammenhengen vil kunne være vanskelig å etablere empirisk:

#### *Spesifisering av reisetidsvariabelen*

---

<sup>4</sup> Vi må understreke at analysen *ikke* tar opp de fulle samfunnsøkonomiske kostnadene ved pasientenes reisetid. Slike kostnader omfatter også den enkelte pasients tid, påkjenning og reisutgifter, pårørendes tid og reiseutgifter, samt rikstrygdeverkets refusjon av reiseutgifter, i tillegg til eventuelle sykehuskostnader. Å beregne slike kostnadskomponenter ligger utenfor prosjektoppdraget og ville dessuten kreve et bredere datagrunnlag.

Det er ikke klart på hvilket nivå reisetiden skal være før man velger enten å foreta en innleggelse istedenfor en dagbehandling, eller velger å la pasienten ligge en dag ekstra. Det er derfor et åpent spørsmål om reisetid skal inngå som en kontinuerlig variabel, som en kategorisk variabel med ulike intervaller eller som en dummyvariabel med større eller mindre enn reisetidsgrensen. Vi vil i analysene eksperimentere med ulike spesifikasjoner.

#### *Overføringer mellom sykehus*

I en del tilfeller vil pasienter som bor langt unna f.eks. et regionsykehus kunne være innom lokalsykehus på veg ”til eller fra” regionsykehuset. Dermed kan liggetiden for begge (alle) oppholdene være lavere enn hva liggetiden er for pasienter som bor nærme sykehuset. Dette trekker dermed i retning av at sykehusenes kostnader blir lavere pga lang reisetid, selv om de samlede pasientkostnadene selvfølgelig blir høyere.

#### *Overvekt av pasienter med kort liggetid.*

Det siste problemet er knyttet til pasienter som får innleggelse istedenfor poliklinisk behandling/dagbehandling. Disse pasientene vil ofte kunne ha kortere liggetid enn de øvrige pasientene med samme diagnoser. Slik vi her beregner sykehusenes produksjon vil dermed disse pasientene bli relativt lite kostnadskrevenne som inneliggende pasienter, og dermed bidra til et negativt forhold mellom sykehusenes kostnader og reisetid.

På denne bakgrunn er vi derfor i utgangspunktet usikre på i både i hvilken grad vi empirisk kan etablere en sammenheng mellom reisetid og sykehusenes kostnader.

## **4. Estimering av kostnadsfunksjonene**

### **4.1 Datagrunnlag**

Datagrunnlaget er aktivitets- og kostnadsdata fra 53 somatiske sykehus for perioden 1999-2001. Pga mangel ved data eller organisatoriske endringer (sammenslåinger) inngår ikke alle sykehusene alle tre årene, slik at vi har totalt 156 observasjoner. Oversikt over deltakende sykehus er gitt i vedlegg 1. Følgende variable inngår:

Brutto driftsutgifter: Defineres som sykehusenes samlede kostnader til pasientbehandling, forskning og undervisning. Det innebærer at vi også inkluderer basisdelen av regionsykehustilskuddet i sykehusenes brutto driftsutgifter. Utgiftstallene er i 2001 kroner, og 1999 og 2000 tallene er deflatert med prisindeks for kommunalt konsum; henholdsvis 4,7 % fra 1999 til 2000 og 8,1 % fra 2000 til 2001.

*Pasientbehandling:*

Elektive opphold: Defineres som DRG-vektede opphold med liggetid > 1, og med innmåte kodet som elektiv.

Øyeblikkelig hjelp: Defineres som DRG-vektede opphold med liggetid >1 og innmåte kodet som ø-hjelp samt opphold med fødsler.

Fødeopphold: Defineres som DRG vektete opphold med fødsler.

Dagopphold: Defineres som sum av DRG-vektede dagopphold og DRG-vektet dagkirurgi.

Langtidsliggedager: Er lik antall liggedager over en øvre liggetidsgrense (trimpunkt) i hver DRG. Langtidsliggedagene gir en indikasjon på omfanget av pleiepasienter i sykehusene.

Polikliniske refusjoner fra staten: Benyttes som en indikasjon på den øvrige polikliniske virksomheten.

*Forskning:*

Doktorgrader: Defineres som antall doktorgrader hvor minst halvparten av arbeidet er utført ved sykehuset. Merk at dette innebærer at hele arbeidsbelastningen legges på det året kandidaten disputerer.

Internasjonale artikler: Med utgangspunkt i Science Citation Index databasen har identifisert alle artikler i perioden, der sykehusene er representert på forfattersiden. Som førsteforfatter er regnet den forfatter som står først. Det er brukt ulike vekter i forhold til IF og første/andreforfatter.

Nasjonale artikler: Fra Tidsskr Nor Lægeforen er det inkludert artikler fra følgende tre kategorier: Klinikk og forskning, basalfagene, diagnostikk og behandling.

*Undervisning:*

Assistentleger: Innhentet fra Nasjonalt Råd for Spesialistutdanning. Antall årsverk. Leger som er ferdig med spesialistutdanningen, men fremdeles går i assistentlegestilling vil være med.

Turnuskandidater: Antall turnusleger ved sykehusene i årsverk, antall turnusjordmødre ved sykehusene i årsverk og antall turnusfysioterapeuter ved sykehusene i årsverk.

Medisinerstudenter: Omfatter undervisnings- og utplasseringsuker for medisinerstudenter.

Andre studenter: Utplassering av studenter fra høyskolesystemet: Sykepleie, ergoterapi, bioingeniører, radiografer, og fysioterapeuter. Måles i antall utplasseringsuker.

*Reisetid:*

Reisetid måles som kjøretid med bil én vei fra kommunesentrum i pasientens bostedskommune til sentrum i sykehuskommunen (Iversen og Kopperud 2002).. Når bostedskommune og sykehuskommune er lik måles reisetid som personminutter med utgangspunkt i personminuttberegninger fra Kommunal og Regionaldepartementet. Reisetiden er beregnet for hvert sykehus for pasientene i Norsk pasientregister. Enkelte sykehus med avdelinger i flere kommuner har i enkelte år ikke hatt en avdelingsnummerering som kunne brukes til å lokalisere avdelingen.

## 4.2 Grunnmodellen

Det metodiske utgangspunktet for denne analysen er den samfunnsøkonomiske produksjonsteorien hvor kostnadsfunksjoner står sentralt. Kostnadsfunksjonen for et sykehus er definert som de minste nødvendige kostnadene ved å frembringe et nivå på tjenesteproduksjonen målt ved flere produkter, gitt de lønninger og andre innsatsfaktorpriser som sykehuset står ovenfor. Kostnadene er derved en funksjon av produksjonskvanta og faktorpriser, men vi har ikke tilgang til gode faktorpriser og vil her begrense oss til å se på kostnadene som en funksjon av produktkvanta.

Å finne de minste nødvendige kostnadene er begrenset av teknologien i vid forstand, og sykehusene har ikke nødvendigvis incentiver til å være fullt ut effektive. Det finnes ulike metoder for å ta hensyn til eksistensen av ineffektivitet, og disse er ofte brukt i andre norske studier av sykehuskostnader (f.eks. Biørn et al 2002). Slike metoder har til dels mindre presise anslag for grensekostnader, og mindre velutviklede statistiske tester. Siden fokus for denne analysen er eksistensen og styrken på kostnadsvirkninger er det i praksis enklere å benytte metoder for å anslå gjennomsnittskostnadsfunksjoner, der all uforklart variasjon blir tolket som støy heller enn ineffektivitet.

Det har kun vært mulig å fremskaffe konsistent data for tre år for sykehusene i analysene, og det er heller ikke alle norske sykehus som er mulig å få med i analysen pga manglende data eller manglende sammenlignbarhet. Vi har derved kun 156 observasjoner av kostnader og produksjon, noe som er et begrenset antall når en ønsker å bruke statistiske metoder til å beregne effekten på driftskostnadene i sykehusene av nivået på ulike produksjons- og tjenesteaspekter. Når vi i første omgang vil bruke modellene til å velge ut hvilke variable som best fanger opp de ulike aktivitetene, er det derfor nødvendig med en liten modell med begrenset kompleksitet.

Vi tar derfor utgangspunkt i en enkel Cobb-Douglas kostnadsfunksjon definert over produktnivåer alene:

$$C(y) = \mathbf{a} y_1^{b_1} y_2^{b_2} y_3^{b_3} \dots y_n^{b_n} e^e$$

hvor  $C$  er totalkostnadene, og  $y_i$  er nivået på produksjon av tjeneste  $i=1..n$ . Parametrene i modellen som skal estimeres er et konstantledd  $\mathbf{a}$  og en produktparameter  $b_i$  for hvert produkt<sup>5</sup>. Produktparameteren kan tolkes som kostnadselastisiteten til produktet, mao hvor stor prosentvis økning en får i totalkostnadene ved 1% økning i produksjonen av vedkommende tjeneste.

---

<sup>5</sup> Alle variable er normalisert slik at gjennomsnittsnivået er 1, noe som gjør parametrene lettere å tolke.

Cobb-Douglas formen har fordel av å være lett å linearisere ved å ta logaritmen, den har få parametere og mye brukt i litteraturen. Ulempen ved å ha få parametre er bl.a. at egenskapene vil måtte følge et bestemt forløp i alle deler av definisjonsområdet, dvs for alle mulig kombinasjoner av tjenesteproduksjon. Blant ulempene knyttet til Cobb-Douglas formen selv er at den pålegger spesialiseringsfordeler og utelukker samdriftsfordeler. I tillegg kan Cobb-Douglas formen ikke brukes direkte for verdier av  $y=0$ , men disse kan inngå ved å transformere variablene.

Felles for alle modeller som er rapportert i denne rapportens hoveddel er at det er brukt vanlig minste kvadraters metode på regresjon av Cobb-Douglas formen, med brutto driftsutgifter som avhengig variabel. Vedlegg 4 ser på alternative funksjonsformer og spesifikasjoner, men i vårt begrensede datamateriale er det vanskelig å få nytte av mer fleksible former.

**Tabell 2: Cobb-Douglas grunnmodeller**

	Variabel- beskrivelse		Modell A		Modell B	
	Snitt	Standarda vvik	Koeff.	t	Koeff.	t
Avhengig variabel						
BRUTTOD Brutto driftsutgifter i 100 kr	586241	643146				
Uavhengige variable						
(Konstant)			0.046	3.6 ***	0.052	4.0 ***
ELEKTIV Elektive innleggelser DRG- vektet	5883	7298	0.286	9.9 ***	0.305	11.1 ***
DAGOPPH Dagopphold	1582	1645	0.125	4.1 ***	0.101	3.6 ***
DPSTAT Prisjusterte polikliniske refusjoner (fra stat)	52809	63180	0.275	7.1 ***	0.267	6.9 ***
LGDOT Liggedager over trimpunkt	6008	8242	0.112	5.4 ***	0.110	5.2 ***
OHJELP Øyeblikkelig hjelp innleggelses DRG-vektet	10147	9364	0.164	5.5 ***		
FODE Fødsler	994	1099	-0.011	-1.6		
OHOGFODE Øyeblikkelig hjelp og fødsler	11140	10381			0.162	5.4 ***
F			1442 ***		1700 ***	
df1			6		5	
df2			149		150	
R <sup>2</sup>			0.983		0.983	
R <sup>2</sup> adjusted			0.982		0.982	
Condition index			12.785		12.024	
Test A bedre enn B	F=	3.613 *	Aksepter B			

En \* markerer at t-verdien er signifikant på 10%-nivå, \*\* på 5%-nivå og \*\*\* på 1%-nivå.

I tabell 2 variablene i grunnmodellene beskrevet, og standardavvikene viser at størrelsen på alle variablene har en betydelig spennvidde. I den første modellen (A) er det benyttet en hovedinndeling av DRG-vektede opphold, med tillegg av variable som fanger opp polikliniske behandlinger utenfor DRG-systemet og liggedager for pasienter utover det vanlige i sin DRG. I modell A har fødsler en negativ parameter, noe som åpenbart er feil fortegn, idet vi med sikkerhet kan si at fødsler påfører sykehusene kostnader. Imidlertid er modellens anslag for t-verdi lav og ikke-

signifikant, hvilket innebærer at den negative fødselsparameteren godt kan skyldes tilfeldigheter. Det er for mye variasjon i datamaterialet til at modellen kan gi et presist anslag på kostnadene ved fødsler.

Fødsler må imidlertid være med i en spesifisering av sykehusenes produksjon, så i stedet for å sløyfe variabelen har vi slått den sammen med øyeblikkelig hjelp. I modell B har vi rimelige resultater på parametrene, samtidig som alle t-verdiene er klart signifikante. Modellen som helhet er også klart signifikant, med en F-verdi på hele 1700 og en  $R^2$  på 0.983. Selv om det ikke er uvanlig ved estimering av kostnadsfunksjoner å få høy  $R^2$ , er en så stor andel av driftsutgiftene forklart ved variablene i modellen at det er lite rom for nye forklaringsvariable. Det kan bety at andre variable ikke betyr så mye for kostnadene, men det kan også skyldes samvariasjon mellom variabler i og utenfor modellen. Samvariasjonen mellom variablene innenfor modellen er begrenset, med en Condition indeks på ca 12, der 20 regnes som kritisk nivå.

Problemet med fødsler illustrerer for det første godt at en i en analyse ikke bare kan se på punktestimatene for parametrene, men også på hvor sikre anslagene er målt ved t-verdiene og deres signifikans. For det andre illustreres at en i både valg av modell og tolkning av resultater må bruke økonomisk teori og kjennskap til virkeligheten som korrektiver til rene tallmessige resultater.

### 4.3 Forskningsvariable i modellen

**Tabell 3: Forskningsvariable**

	Minimum	Maximum	Snitt	Standardavvik
FORSK Linnas forskningsvariabel	0	900.0	64.1	162.8
DRGRAD Doktorgrader	0	26.0	1.7	4.9
LINVEKT Linnas tidskriftvekting	0	750.0	54.1	134.6
ANTARTIK Antall artikler	0	401.0	30.6	73.9
INTARTIK Antall artikler internasjonale	0	365.0	26.6	66.5
INTIMP Samlet internasjonal impact	0	1185.0	72.0	189.2
INTVIMP Vektet impact (1+ 0.25) int	0	685.3	44.0	118.5
TDNLF Artikler i Tidsskriftet	0	41.0	4.0	8.2
TDNLV Vektet tidsskriftet (1+0.25)	0	31.5	3.0	6.3
TOTIMP Total impact (tdnlf=0.5)	0	1203.0	74.0	192.6
TOTVIMP Total vektet impact (tdnlf=0.5)	0	700.0	45.5	121.1
KVARTVEK Kvartilbasert tidskriftvekting	0	971.0	68.6	172.4

Tabell 3 viser et utvalg av forskningsindikatorerne som er undersøkt. Samtlige er basert på den kartleggingen av doktorgrader og artikkelproduksjon som er gjennomført som en del av prosjektet. For hver variabel er minimum 0, dvs at det er sykehus som ikke har produsert noen doktorgrad eller artikkel internasjonalt eller i Tidsskrift for den norske lægeförening i hvert år. Snittet er også nærmere minimum enn maksimum, slik at det er skjeve fordelinger med noen få sykehus som står for storparten av forskningsproduksjonen.

Linnas forskningsvariabel (FORSK) er bygget opp som vist i tabell 1, der finske tidsskrifter er byttet ut med norske. De samme impactvektene ligger også til grunn for



variabelen LINVEKT, der doktorgradene ikke er medregnet. Antall artikler og summen av IF er representert samlet og separat for internasjonale og norske artikler. De vektete variablene INTVIMP, TDNLFV og TOTVIMP er konstruert ved å vekte førsteforfatterskap med en og de øvrige medforfatterskapene med en kvart, jfr diskusjonen i avsnitt 3.1.2. Variabelen KVARTVEK er derimot et forsøk på andre vektorer og grenser enn i LINVEK variabelen, der grensene er basert på kvartiler i fordelingen av IF over artikler.

**Tabell 4: Modeller med forskningsvariable.**

	Modell B		Modell F3		Modell F2	
	B	t	B	t	B	t
Avhengig variabel						
BRUTTOD						
Uavhengige variable i modellen						
(Konstant)	0.052	4.0***	0.134	8.0***	0.118	7.0***
ELEKTIV	0.305	11.1***	0.238	9.1***	0.233	9.0***
DAGOPPH	0.101	3.6***	0.131	5.3***	0.123	4.9***
DPSTAT	0.267	6.9***	0.222	6.4***	0.222	6.5***
LGDOT	0.110	5.2***	0.079	4.1***	0.085	4.5***
OHOGFODE	0.162	5.4***	0.176	6.6***	0.198	7.2***
FORSK			0.071	6.7***		
DRGRAD					0.057	2.6**
LINVEKT					0.048	3.2***
Uavhengige variable utenfor modellen, hvis de hadde vært inne enkeltvis						
FORSK		6.7***				-0.3
DRGRAD		6.3***		2.4**		
LINVEKT		6.7***		1.0		
ANTARTIK		6.8***		1.7*		0.1
INTARTIK		7.0***		-0.2		0.2
INTIMP		6.2***		1.5		-0.6
VINTVIMP		6.8***		-0.1		0.4
TDNLF		4.3***		0.4		-0.9
TDNLFV		4.5***		-0.5		-0.6
TOTIMP		6.3***		1.7*		-0.7
TOTVIMP		6.9***		0.2		0.7
KVARTVEK		3.5***		2.0**		0.8
F	1700***		1836***		1630***	
df1	5		6		7	
df2	150		149		148	
R <sup>2</sup>	0.983		0.987		0.987	
R <sup>2</sup> adjusted	0.982		0.986		0.987	
Condition index	12.024		13.021		13.870	
Test F3 bedre enn B	F=	44.696 ***	<b>Forkast B</b>			
Test F2 bedre enn F3	F=	6.257 **	<b>Forkast F3</b>			

En \* markerer at t-verdien er signifikant på 10%-nivå, \*\* på 5%-nivå og \*\*\* på 1%-nivå.

Tabell 4 viser i første kolonne grunnmodell B sammen med forskningsvariablenes t-verdier dersom de hadde vært inkludert i modellen enkeltvis. Tall som rapporteres for grunnmodellvariablene og modellen som sådan (F-verdier etc) , gjelder modellen *uten* noen forskningsvariable<sup>6</sup>. Her ser en klart at samtlige forskningsindikatorer gir signifikante utslag, eller med andre ord at forskning koster. Med unntak av den kvartilbaserte publiseringsindikatoren KVARTVEK og de to indikatorene basert på TDNLVF er t-verdiene svært like, og variablene er også svært høyt korellerte. Dette skyldes selvsagt delvis at de er konstruert på tildels samme grunnlag, internasjonale publikasjoner, men det gjelder ikke antall doktorgrader.

For valg av hvilken eller hvilke forskningsindikatorer som det er fruktbart å basere analysen på gir disse verdiene ikke noe klart svar. Antall internasjonale artikler har den høyeste t-verdien, men dette målet inkluderer ikke nasjonale artikler eller doktorgrader. Her har vi valgt å begynne med den samme forskningsvariabelen som i Linna et al. (1998) som har omtrent like høy signifikans men er et (vektet) aggregat av de tregruppene doktorgrader, nasjonale og internasjonale artikler. Modell F3 i tabell 4 viser signifikant høyere F-verdi og høyere  $R^2$ . Dermed forsvinner også signifikansen til nesten alle andre forskningsindikatorer, med unntak av doktorgrader og den kvartilbaserte publiseringsvariablen KVARTVEK.

Ved å ta inn antall doktorgrader i modellen, og dermed også skille ut publiseringsvektene til Linna i publiseringsindikatoren LINVEKT får en modell F2. Modellen har signifikant bedre forklaringskraft målt ved F-verdi enn modell F3, selv om  $R^2$  kun øker svakt. Resultatet sier at det er bedre å ta hensyn til doktorgrader og publisering separat enn å forhåndsvekte doktorgrader til 6 ganger et publiseringspoeng. Parameterestimaten antyder at en økning i internasjonal publisering med en prosent ville øke sykehuskostnadene med ca en halv promille, mens det for doktorgrader er en noe høyere kostnadselastisitet. Siden det produseres langt færre doktorgrader enn publiseringspoeng, er grensekostnaden ved en ekstra doktorgrad langt høyere enn for et ekstra publiseringspoeng, noe vi kommer tilbake til i avsnitt 4.6.

Nå er det ikke lenger noen av de andre forskningsindikatorerne som hadde vært signifikante dersom de var med i modellen, mens samtlige variable i modellen har signifikante t-verdier. Et annet resultat, som ikke er vist i tabellen, er at det er LINVEKT som er den mest signifikante kandidaten til å inkluderes i en modell der doktorgradene er inngår som den eneste av forskningsindikatorerne. Det er også verdt å merke seg at grunnmodellvariablene ikke har fått endret mye på parameterestimer eller styrke ved å inkludere forskningsvariable. Til tross for at IF-vektene i Linnas publiseringsvariabel er relativt ad hoc konstruert, og at den ikke tar hensyn til første- og medforfatterskap, synes den å fange opp kostnadsvirkningen av forskning minst like godt som de andre indikatorforslagene. Vi går derfor videre med modell F2.

---

<sup>6</sup> Derimot er t-verdiene for forskningsvariablene for en modell der den enkelte variabelen var med, og da vil ikke estimatene for grunnmodellvariablene eller modellen som helhet være de samme. Både parameterestimaten, t-verdiene, F-verdier etc ville endres av det.

## 4.4 Utdanningsvariable i modellen

**Tabell 5: Utdanningsvariablene**

	Minimum	Maximum	Snitt	Standardavvik
STUDMED Undervisning og utplassering medisinerstudenter i uker	0	12 873	974	2 601
STUDANDR Undervisning og utplassering høgskolestudenter i uker	70	6 273	1 537	1 404
TURNUS Turnuskandidater (alle kategorier) i årsverk	1	46	14	9
ASSLEGER Assistentleger i årsverk	0	280	44	61
ANDASSLE Assleger som andel av legeårsverk	0.00	0.59	0.26	0.12

Tabell 5 beskriver fordelingen av utdanningsvariablene som er brukt i analysen. Selv om vi har samlet inn relativt detaljerte data for undervisnings- og utplasseringsuker for de ulike helseprofesjonene, er enkelte grupper så små at det neppe vil kunne registreres en statistisk signifikant effekt på kostnadene. Vi har derfor aggregert utdanningsvariablene til en medisinerstudentvariabel og en høgskolestudentvariabel målt i studentuker, samt antall turnuskandidater i årsverk og antall assistentleger målt i årsverk.

Det er grunn til å påpeke behovet for varsomhet i bruk og tolkning av en variabel som assistentleger. For det første har det ikke vært mulig å skaffe data for hvor mange av disse som faktisk er i spesialistutdanning, og hvor mange som fortsatt står i en assistentlegestilling etter endt spesialistutdanning. Det har likevel vært antydning at andelen ikke varierer mye mellom sykehusene.

For det andre, og betydelig viktigere, er at assistentleger i utgangspunktet er mer en kategori arbeidskraft (og derfor en innsatsfaktor) enn en utdanningstjeneste (et produkt). Avlønningen til arbeidskraftkategorien assistentleger er allerede med i modellen som del av brutto driftsutgifter, og vi introduserer en feilspesifikasjon i modellen ved å ta denne variabelen med også på produksiden. Et symptom på dette at korrelasjonskoeffisienten mellom brutto driftsutgifter og antall assistentleger er så høy som 97.3%, høyest av alle produkter i modellen. Det kan derfor lett bli at antall assistentleger fanger opp for mye av kostnadseffekten. Som et alternativ har vi også beregnet variabelen ANDASSLE som antall assistentlegeårsverk som andel av totalt antall legeårsverk, men det er heller ikke gunstig at denne har mindre variasjon i forhold til nivå enn de andre variablene, slik at antall assistentleger er svært høyt korrelert med det totale antallet leger. Tolkningen av eventuelle signifikante positive koeffisienter må være ytterst forsiktige, men i prinsippet skal kostnadseffekter reflektere økte brutto driftsutgifter for gitt nivå på tjenesteproduksjonen ellers, dvs kostnader utover verdien av deres arbeidsinnsats som følge av utdanningsvirksomheten deres. I praksis kan variabelen meget vel også fange opp den direkte effekten av deres lønn og endog av andre utgifter som følger med hver legestilling.

Denne kollineariteten kan også være et problem for TURNUS-variabelen, siden turnuskandidatene lønnes av sykehuset, og antas å være nyttig arbeidskraft for sykehuset. Likevel er turnuskandidatstillingene i mye større grad motivert for å være utdanning framfor å tilfredsstille sykehusenes behov for arbeid, og stillingen vil være

mindre jevnt fordelt på sykehusene. For studentukene er dette neppe et problem; selv om også disse kan tenkes å gjøre et nyttig arbeid som helt eller delvis oppveier for kostnadene sykehuset ellers har for å gi dem utdanning, og at fortegnet på deres kostnadselastisiteter derfor er uvisst, er de ikke lønnet av sykehuset og er neppe i det hele tatt til stede fordi sykehuset trenger deres arbeidskraft.

**Tabell 6: Modeller med utdanningsvariable**

Avhengig variabel	Modell F2			Modell G1			Modell G2		
	Koeff.	t		Koeff.	t		Koeff.	t	
BRUTTOD									
Uavhengige variable i modellen									
(Konstant)	0.118	7.0	***	0.141	8.5	***	-0.077	-1.5	
ELEKTIV	0.233	9.0	***	0.200	9.7	***	0.218	9.2	***
DAGOPPH	0.123	4.9	***	0.080	4.0	***	0.096	4.2	***
DPSTAT	0.222	6.5	***	0.100	3.4	***	0.182	5.7	***
LGDOT	0.085	4.5	***	0.033	2.0	**	0.056	3.0	***
OHOGFODE	0.198	7.2	***	0.112	4.7	***	0.146	5.5	***
DRGRAD	0.057	2.6	**	0.070	3.6	***	0.086	3.7	***
LINVEKT	0.048	3.2	***	0.043	3.5	***	0.051	3.6	***
STUDMED				0.002	0.5		0.001	0.3	
STUDANDR				0.015	0.8		0.046	2.2	**
TURNUS				0.082	4.0	***	0.087	3.5	***
ASSLEGER				0.212	8.6	***			
ANDASSLE							0.645	4.5	***
Uavhengige variable utenfor modellen, hvis de hadde vært inne enkeltvis									
STUDMED		1.0							
STUDANDR		1.7	*						
TURNUS		1.2							
ASSLEGER		4.6	***				4.3	***	
ANDASSLE		2.2	**		-2.1	**			
F	1630		***	1710		***	1283		***
df1	7			11			11		
df2	148			144			144		
R <sup>2</sup>	0.987			0.992			0.99		
R <sup>2</sup> adjusted	0.987			0.992			0.989		
Condition index	13.870			19.992			22.800		
Test G1 bedre enn F2	F=	24.7	***	Forkast F2					
Test G2 bedre enn F2	F=	9.6	***	Forkast F2					

En \* markerer at t-verdien er signifikant på 10%-nivå, \*\* på 5%-nivå og \*\*\* på 1%-nivå.

Til tross for problemene med assistentlegevariabelen og til dels også turnusvariabelen, er det fullt mulig at utdanningen til disse gruppene medfører ekstra kostnader for sykehusene, slik det ofte hevdes. I tabell 6 begynner stiller vi derfor opp kandidatvariablene i forhold til modell F2, den foretrukne modellen fra forrige avsnitt. Det er de to assistentlegevariablene som klart vil inkluderes i modellen etter kriteriet

om høyest t-verdi, mens medisinerstudenter og turnuskandidater ikke har noen signifikant effekt. Også høyskolestudenter har kun en svakt signifikant effekt.

Mens vi for forskning ønsket å plukke ut hvilken eller hvilke indikatorer som best fanget opp kostnadseffekten av forskning, og deretter var interessert i størrelsen på denne effekten, har vi for utdanning et ønske om å beregne kostnadseffekten av fire forhåndsbestemte utdanningskategorier. Det er kun for assistentleger vi har alternative variable. I modell G1 tar vi derfor alle fire utdanningsgruppene inn som forklaringsvariable på nivåform, dvs ASSLEGER heller enn ANDASSLE. Som helhet er F-verdien til modell G1 signifikant bedre enn modell F2, og  $R^2$  stiger til hele 0.992.

I denne modellen har ikke studentturer signifikant effekt for noen gruppe, mens turnuskandidater har en klar kostnadseffekt. Det gjelder i enda høyere grad assistentleger, men en kostnadselastisitet på over 20% tolket som merkostnader ved spesialistutdanning er høyere enn det er mulig å tro på. Her er det antakelig den direkte kostnadseffekten av assistentlegenes lønninger og kollineariteten med andre innsatsfaktorer som slår igjennom i stor grad. Dette støttes også av Condition index-målet har gjort et hopp fra 13.8 til helt oppunder den kritiske verdien på 20.

For å forsøke å unngå dette kollinearitetsproblemet har vi kjørt en alternativ modell G2, som i stedet for nivå (som inngår loglineært i Cobb-Douglas formen), bruker andelsvariabelen ANDASSLE (som ikke inngår logaritmisk og må da tolkes som en skiftparameter). I denne modellen synes parameterestimatene å være mer rimelige, men F-verdien går derimot ned og Condition index tyder på enda større multikollinearitet. Alt i alt kan ikke resultatene for G2 tolkes som noen forbedring fra G1.

Desverre står vi da igjen med en motsetning. Det er klare indikasjoner på at parameterverdien til assistentleger i modell G1 ikke er noe godt mål på kostnadseffekten av deres utdanning, men som helhet synes modell G1 å være bedre egnet til å forklare kostnadene enn modell F2 uten utdanningsvariable. Vi velger derfor å gå videre med modell G1, men uten å tolke parameteren til assistentlegevariabelen som et godt mål på kostnadselastisiteten.

#### **4.5 Reisetidsvariable i modellen**

I avsnitt 3.3. var vi inne på mulige grunner til at pasientenes reisetid skulle påvirke sykehusenes kostnader, først og fremst gjennom å gjøre innleggelse mer sannsynlig og utskrivning mindre sannsynlig med økende reisetid, men påpekte at det finnes mekanismer som kan tenkes å gjøre det vanskelig å gjenfinne effekten i datamaterialet. Dessuten er det vanskelig å fastslå hva som eventuelt skulle være den rette måten å operasjonalisere reisetiden for sykehusene. Selv om vi har anslag for alle pasientenes reisetid, vil disse fordelingene måtte uttrykkes som en eller et mindre antall indikatorer for hvert sykehus.

**Tabell 7: Reisetidsvariable**

	Minimum	Maximum	Snitt	Standardavvik
RTID_MEA snitt til reisetid i minutter	10.9	295.0	72.8	54.5
RTID_MED median til reisetid i minutter	5.4	201.0	43.7	42.6
LNRTID snitt ln til reisetid i minutter	2.1	4.8	3.3	0.6
RTID_0.5 andel reisetid > 0.5 timer	0.01	0.96	0.48	0.22
RTID_1.0 andel reisetid > 1.0 timer	0.01	0.96	0.33	0.21
RTID_1.5 andel reisetid > 1.5 timer	0.01	0.85	0.23	0.20
RTID_2.0 andel reisetid > 2.0 timer	0.00	0.75	0.17	0.18
AND0.5 Andel mellom 0.5 og 1 timer	-	0.52	0.15	0.13
AND1.0 Andel mellom 1 og 1.5 timer	-	0.47	0.11	0.10
AND1.5 Andel mellom 1.5 og 2 timer	-	0.24	0.06	0.06
AND2.0 Andel over 2 timer	0.00	0.75	0.17	0.18
ANT0.5 Antall mellom 0.5 og 1 timer	-	24 221	2 600	3 954
ANT1.0 Antall mellom 1 og 1.5 timer	-	6 354	1 440	1 407
ANT1.5 Antall mellom 1.5 og 2 timer	-	5 852	912	1 060
ANT2.0 Antall over 2 timer	50	23 172	2 725	4 329

I tabell 6 har vi listet de viktigste reisetidsindikatorerne som er beregnet fra pasientdataene. Vi ser at gjennomsnittlig reisetid varierer helt fra 11 minutter til nesten tre timer, og medianen har nesten samme spennvidde om enn på et lavere nivå. For å fange opp en eventuell ikke-linearitet i kostnadseffekten har vi også beregnet snittet av logaritmen til reisetiden for de enkelte pasientene.

I stedet for å være monotont økende i gjennomsnittlig reisetid drøftet vi om det ikke heller var pasienter som hadde over en viss reisetid som var kostnadsdrivende. RTID-variablene uttrykker derfor hvilken andel av pasientene som hadde over hhv ½, 1, 1½ og 2 timers reisetid. Også for disse andelene er det stor variasjon mellom sykehusene; mens noen sykehus har færre enn 1% som må reise mer enn en halv time, er det andre sykehus der 75% må reise mer enn to timer.

Effekten av å inkludere én av disse variablene i en utvidelse av modell G1 er vist i tabell 8. Gjennomsnittlig reisetid hadde ingen signifikant effekt. Derimot er det en viss effekt av medianen til reisetid, av snittet av logaritmen til reisetid og av andelen med reisetid over 2 timer. Litt mer overraskende er det at andelen med reisetid over en halv time er vel så sterk, mens andelen over én time eller halvannen time ikke har noen effekt. Siden også medianen og logaritmen til reisetid vektlegger økt reisetid i den nedre enden av fordelingen, og ikke økt reisetid for når snittet allerede er høyt, tyder disse resultatene på en svært sammensatt eller ikke-lineær effekt av reisetid.

**Tabell 8: Modeller med reisetidsvariable**

Avhengig variabel	Modell G1		Modell H8		Modell H9	
	Koeff.	t	Koeff.	t	Koeff.	t
BRUTTOD						
Uavhengige variable						
(Konstant)	0.141	8.5 ***	0.110	4.8 ***	0.122	6.4 ***
ELEKTIV	0.200	9.7 ***	0.210	9.9 ***	0.243	9.5 ***
DAGOPPH	0.080	4.0 ***	0.104	5.6 ***	0.088	4.3 ***
DPSTAT	0.100	3.4 ***	0.114	3.9 ***	0.096	3.1 ***
LGDOT	0.033	2.0 **	0.052	3.4 ***	0.033	2.0 *
OHOGFODE	0.112	4.7 ***	0.114	4.9 ***	0.112	4.6 ***
DRGRAD	0.070	3.6 ***	0.073	4.0 ***	0.078	3.9 ***
LINVEKT	0.043	3.5 ***	0.032	2.6 **	0.032	2.4 **
STUDMED	0.002	0.5	0.003	0.9	0.003	0.8
STUDANDR	0.015	0.8	0.015	0.8	0.034	1.7 *
TURNUS	0.082	4.0 ***	0.050	2.5 **	0.073	3.4 ***
ASSLEGER	0.212	8.6 ***	0.179	7.5 ***	0.191	6.9 ***
AND0.5			0.261	4.3 ***		
AND1.0			-0.147	-1.8 *		
AND1.5			-0.466	-3.2 ***		
AND2.0			0.138	2.8 ***		
ANT0.5					0.000	0.0
ANT1.0					0.004	0.8
ANT1.5					-0.015	-2.8 ***
ANT2.0					-0.010	-1.2
Uavhengige variable <i>utenfor</i> modellen, hvis de hadde vært inne enkeltvis						
RTID_MEA		0.7		-3.4 ***		1.3
RTID_MED		2.5 **		1.0		3.2 ***
LNRTID		2.2 **		-1.3		3.5 ***
RTID_0.5		2.4 **				3.4 ***
RTID_1.0		0.4				0.9
RTID_1.5		1.1				4.1 ***
RTID_2.0		2.0 **				5.5 ***
AND0.5		2.9 ***				4.1 ***
AND1.0		-1.2				-4.1 ***
AND1.5		-3.0 ***				-1.2
AND2.0		2.0 **				5.5 ***
ANT0.5		0.1		-1.2		
ANT1.0		-0.1		1.7 *		
ANT1.5		-2.6 **		-0.6		
ANT2.0		-0.9		-4.2 ***		
F	1710 ***		1503 ***		1284 ***	
df1	11		15		15	
df2	144		138		138	
R <sup>2</sup>	0.992		0.994		0.993	
R <sup>2</sup> adjusted	0.992		0.993		0.992	
Condition index	19.992		23.419		24.723	
Test H8 bedre enn G1	F=	8.418 ***	(Forkast G1)			
Test H9 bedre enn G1	F=	2.199 *	Aksepter G1			

En \* markerer at t-verdien er signifikant på 10%-nivå, \*\* på 5%-nivå og \*\*\* på 1%-nivå.

For å utforske denne ikke-lineariteten konstruerte vi andeler (AND-variablene) og antall opphold (ANT-variablene) i hver av fire halvtimesgrupper fra 0 til 2 timer, samt en restpost for de over 2 timer. For å unngå kollinearitet er den første halvtimesgruppen fjernet, slik at resultatene er å tolke som kostnader i forhold til kostnadene ved de med reisetid under en halv time.

Modell H9 med antall i hver halvtime gir kun signifikant *negativ* virkning av antallet med reisetid mellom halvannen og to timer, men modellen som helhet er ikke en signifikant forbedring på 5% nivå på F-verdien i forhold til G1-modellen, og multikolariteten målt ved Condition index er også vel høy. Modell H8 med andelsvariable gjør det noe bedre ved at F-verdien er signifikant bedre enn G1, men også her er multikolariteten høyere enn ønskelig. Det er kjent at multikolaritet kan gi opphav til svingende og/eller lite rimelige estimater, hvor de samvarierende variablene er samlet signifikante men med størrelse og fortegn som opphever hverandres effekter.

Ser en på de enkelte parameterestimaterne i H8 er ikke-lineariteten tydelig. I forhold til et sykehus med en stor andel pasienter med under en halvtimes reisetid, vil en høy andel mellom en halvtime og en time øke kostnadene sterkt og signifikant, en høy andel mellom en time og halvannen time redusere kostnadene noe, en høy andel mellom halvannen og to timer redusere kostnadene sterkt, mens de igjen vil øke en del hvis andelen over to timer er høy.

Kun den siste av disse effektene er i samsvar med våre antatte mekanismer knyttet til innleggelse og utskrivning, og denne effekten blir reelt overkjørt av de andre effektene. Ser en på hvilke sykehus som får høyere predikerte kostnader i modell H8 enn i G1 (og som derved blir begunstiget av å ta hensyn til reisetid) er det intet klart mønster. Mens f.eks. andelen 1/2 –1 timer trekker opp lokalsykehus i Sør-Norge, og andelen >2 timer trekker opp nordnorske sykehus, virker en høy andel 1½-2 timer negativt for mange av de samme sykehusene, jfr vedlegg 3. Nettoeffekten er liten for alle sykehus.

Det er mulig at en samvirkning av mekanismene drøftet i avsnitt 3.3 kan forklare noe av disse estimatene. Videre forskning på mikrodata, ved f.eks. å se på liggetiden ved ulike reisetider innen ulike diagnosegrupper og/eller reisetid og pasientflyt mellom nivåene i sykehushierarkiet, kan tenkes å komme med rimelige forklaringer for hvorfor midlere reisetider trekker kostnader ned, mens relativt lange og relativt korte reisetider trekker kostnadene opp. Like sannsynlig er det at multikolaritet i våre data skaper sammenhenger i modellene som ikke er der i virkeligheten. Uansett er effektene små, og vi velger å se bort fra modeller med reisetidsvariable inntil det foreligger forskning som kan peke på reelle mekanismer bak estimatene.

#### **4.6 Resultater**

I de foregående avsnittet har vi funnet klare kostnadseffekter av forskning i form av doktorgradsproduksjon og publisering. Vi har ikke funnet signifikante kostnadseffekter av medisinerstudenter og kun i enkelte modeller effekter av høyskolestudenter. Utdanning av turnuskandidater og assistentleger ser ut til å koste, men særlig for assistentleger er selve tallanslagene lite troverdige. For



reisetidsindikatorerne fant vi ingen estimer vi kan gå god for. I vedlegg 4 drøftes dessuten alternative funksjonsformer og andre metodiske valg, uten at det gir opphav til noen modell med bedre egenskaper. Vi velger derfor å presentere nærmere kostnadsinformasjon for modell G1.

Estimatene som er rapportert hittil er i form av kostnadselastisiteter. Mens disse er konstante for alle sykehus når en har en Cobb-Douglas kostnadsfunksjon, er andre egenskaper avledede størrelser som varierer med størrelsen og produks sammensetningen til sykehusene. F.eks. vil kostnaden ved å produsere en ekstra doktorgrad (grensekostnaden) være mye høyere hvis en i utgangspunktet har få doktorgrader enn hvis en starter fra mange doktorgrader. Det samme gjelder for kostnaden per doktorgrad for å produsere et gitt antall doktorgrader i forhold til ikke å produsere noen doktorgrader (gjennomsnittlig tilleggskostnad). Cobb-Douglas formen er begrenset ved at den pålegger spesialiseringsfordeler mellom alle par av produkter, og dermed også at både grensekostnaden og den gjennomsnittlige tilleggskostnaden faller med økt produksjon. Forsøk i vedlegg 4 gir derimot ikke indikasjon på at alternative spesifiseringer er bedre.

**Tabell 9: Estimerte kostnader ved forskning og utdanning**

	Antall totalt i utvalget	Grensekostnad				Gjennomsnittlig tilleggskostnad			
		Vektet snitt	for snittsykehus	min.	stdavvik	Vektet snitt	for snittsykehus	min.	stdavvik
DRGRAD	259	10718.7	17791.1	2187.8	7661.7	25142.8	26956.3	6297.7	13068.9
LINVEKT	8440	401.9	531.2	66.8	631.0	1581.7	1991.0	355.0	1425.4
STUDMED	151901	8.3	1.3	1.9	17.8	54.7	8.6	14.0	78.0
STUDANDR	239845	5.6	6.5	2.1	2.2	41.1	45.3	13.9	16.7
TURNUS	2118.5	3261.3	3802.4	745.7	3093.3	8864.9	9819.0	1738.3	7751.9
ASSLEGER	6887	2695.0	3172.0	1669.6	758.5	7643.5	8475.6	5079.7	1036.7

Antall totalt i utvalget omfatter årene 1999-2001. For å finne den årlige produksjonen må en dele på 3.

I tabell 9 rapporterer vi derfor ulike anslag på grensekostnadene og gjennomsnittlig tilleggskostnader for de tjenesteproduktene vi har fokusert på i denne analysen. Det enkle aritmetiske snittet er ikke rapportert, fordi det legger like stor vekt på de tildels svært høye kostnadene ved sykehus som ikke produserer f.eks. forskning som de store universitetssykehusene som har lave kostnader og stor produksjon. De vektete snittene er et bedre uttrykk for gjennomsnittskostnadene ved produksjonen, enten det er på ved en ekstra enhet ved hvert sykehus (grensekostnad), eller for alle enheter ved alle sykehus (gjennomsnittlig tilleggskostnad). Kostnadene for snittsykehuset er beregnet for et hypotetisk sykehus der den samlede produksjonen til de 156 sykehusobservasjonene er delt på 156 identiske enheter, og dette kan i enkelte tilfeller ligge utenfor observasjonsområdet, som en f.eks. ser ved at grensekostnaden for medisinerstudenter er lavere for snittsykehuset enn for sykehuset i utvalget som har lavest grensekostnad.

Som nevnt følger de fallende grensekostnadene av selve funksjonsformen som er brukt, slik at forskjellene på grensekostnad mellom sykehus nok er større i modellen enn i virkeligheten. Antakelig er minimumsverdiene for grensekostnad derfor et underestimat. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at tilleggskostnadene er for hvert produkt for seg, siden en ren summering av gjennomsnittlig tilleggskostnad over alle sykehus og produkter overvurderer totalkostnadene mye; p.g.a.

spesialiseringsfordelene i kostnadsfunksjonen er de samlede tilleggskostnadene for alle produkter i analysen fire ganger den samlede totalkostnaden for sykehusene. Dermed kan rimelig sikkert si at gjennomsnittlig tilleggskostnad er et overestimat av de reelle kostnadene.

I et samfunnsøkonomisk perspektiv er det riktig å oppmuntre til økt produksjon av en tjeneste så lenge den samfunnsmessige nytteverdien av en ekstra enhet er større enn kostnaden ved å frembringe den. Kostnaden ved å frembringe en ekstra enhet er i prinsippet grensekostnaden ved det sykehuset som har lavest grensekostnad, m.a.o. minimum i tabell 9. For f.eks. publikasjonspoeng i LINVEKT-variabelen, er det Radiumhospitalet som har de laveste kostnadene, med universitetssykehusene hakk i hel. Ønsker samfunnet å oppmuntre til økt publisering, bør de sørge for at det er regningsvarende for disse sykehusene å drive forskning, mens det ikke er nødvendig å bruke incitament som er høye nok til å dekke kostnadene til publisering ved et lokalsykehus, når disse i utgangspunktet er mye høyere. Mens de vektete snittene sier noe om hva forskningen faktisk koster, er minimumsverdiene et bedre uttrykk for hva forskningen behøver å koste.

Her er det selvsagt behov for å understreke at tallanslagene ikke er eller kan være presise. Som nevnt er nok minimum grensekostnad et underestimat, mens minimum gjennomsnittlig tilleggskostnad er snarere et overestimat på tilleggskostnaden. Spennet mellom disse to er det nærmeste vi i denne analysen kan komme hva kostnadene ved et produkt behøver å være. For doktorgrader er det snakk om 2-6 millioner kr. For publiseringspoeng etter Linna et al.'s skala er det mellom 70-360 tusen kr pr poeng, som med et snitt på 1.76 poeng pr artikkel innebærer en artikkelkostnad i størrelsesordenen 125-600 tusen kr. Kostnadene ved en turnuskandidat er i hvertfall ikke er mer enn 700 – 1700 tusen kr, og antakelig mindre. Studenter ligger muligens i området 2 – 14 tusen pr uke, men for medisinerstudenter var det ingen modell som ga anslag signifikant større enn 0. Verdiene for assistentleger tilsier at utdanning av legespesialister nok koster, men neppe i nærheten av de tallanslagene som fremkommer i tabell 9.

## 5. Konklusjoner og politikimplikasjoner

Generelt vil resultatene av denne typen analyser til en viss grad påvirkes av valg av funksjonsform, valg av estimeringsmetode og operasjonaliseringen av de variable som inngår i analysene. Dette vanskeliggjør i noen grad tolkning av størrelsen på resultatene, men i mindre grad tolkningen av retningen (fortegnet). De analysene som her er gjennomført tegner allikevel etter vår oppfatning et bilde av kostnadsforholdene ved sykehusene. Vi merker oss innledningsvis at en modell hvor forskning, utdanning og reisetid ikke inngår allikevel forklarer over 98 % av de samlede kostnadsvariasjonene i sektoren. Dette *kan* tolkes som at de øvrige aktivitetene i sykehusene ikke bidrar vesentlig til å forklare forskjeller i samlede kostnader, men kan også skyldes samvariasjon mellom pasientbehandling og forskning.

Generelt vil vi understreke:

- Vi har ikke forsøkt å beregne den samfunnsmessige verdien av forskningen eller de andre aktivitetene, kun sett på kostnadene.

- De kostnadstall som er presentert her er *estimater* med den usikkerhet det medfører.
- Ulike finansieringsordninger gir ulike incitament, og dersom finansiering knyttes til nivået på enkelte av sykehusets produkter og tjenester vil det vri ressursbruk inn mot disse produktene og vekk fra de delene av tjenesteproduksjonen som ikke har finansiering knyttet til seg.

## 5.1 Forskning

Analysene støtter en hypotese om at artikkelproduksjon og doktorgradsproduksjon er separate aktiviteter med ulike kostnadsimplikasjoner. Vi finner også støtte for at antall artikler bør veies med en faktor som ivaretas deres gjennomslagskraft, men at bruk av tidsskriftenes impact factor (IF) direkte ventelig overvurderer forskjellene i artiklenes verdi. Samtidig er det ikke uten videre enkelt å finne en annen vektning av artikkelproduksjonen. Her er benyttet Linna-metoden, men denne er ad-hoc, i den forstand at plasseringen i grupper heller ikke nødvendigvis reflekterer de reelle forskjellene i produksjon. I forhold til en revisjon av finansieringssystemet understreker vi videre:

- En stykkpris etter publisering som deles etter intervaller av impact score kan gi incitament ift valg av tidsskrifter.
- En stykkprisfinansiering vil kun utløses når forskningen har vært vellykket, dvs når artikkelen er antatt. Dette kan igjen gi incitament ift risikotaking når man skal vurdere hvilke tidsskrift man sender artikler til.

## 5.2 Utdanning

Effektene av de ulike utdanningsvariablene varierer, og er til dels overraskende. Verken medisinerstudenter eller studenter fra andre helsefag synes å gi noe signifikant utslag på sykehusenes kostnader. En tolkning av dette er at studentene også bidrar til pasientbehandlingen, og at dette oppveier de kostnadene de påfører sykehusene. Både turnuskandidatene og assistentlegene bidrar derimot positivt til sykehusenes kostnader. Merk at vi ved dette ikke sier noe om forholdet mellom kostnader og inntekter; konklusjonen er kun at produksjon av turnuskandidater og legespesialister representerer en kostnad for sykehusene. I forhold til en revisjon av finansieringssystemet understreker vi videre:

- Når verken medisiner- eller høyskolestudenter synes å gi signifikante utslag på sykehusenes kostnader trekker det i retning at man skal være varsom med ytterligere raffinering av stykkprisordninger for disse.
- De beregnede marginalkostnader for turnuskandidater er også å betrakte som *estimater* og en eventuell stykkprising av disse må ta høyde for dette.
- Assistentlegevariabelen er sterkt korrelert med aktivitetsvariablene, siden assistentlegene inngår som en ordinær innsatsfaktor. Resultatene her må derfor tolkes støtte til at det koster å utdanne spesialister, men de tallmessige anslagene på disse kostnadene bør ikke tillegges noe vekt.

### **5.3 Reisetid**

Som antydnet i avsnitt 3.3 er det vanskelig å finne noen klare og intuitive effekter av reisetidsvariabelen på sykehusenes samlede kostnader. Vi vil også påpeke at etter hvert som ordningen med fritt sykehusvalg utvikler seg videre vil eventuelle effekter utjevnes. Det synes ut fra disse analysene dermed ikke nødvendig å legge inn kompensasjon for reisetid i finansieringssystemet for spesialisthelsetjenesten.

## Referanser.

Aksnes, Dag W. (2002): "Publiseringsindikatorer – ingen trylleformel for evalueringer", *Forskningspolitik* 2: 10-11.

Biørn, Erik, Terje P. Hagen, Tor Iversen og J. Magnussen (2002): The effect of activity-based financing on hospital efficiency: A panel data analysis of DEA efficiency scores 1992-2000. HERO Working Paper 2002:8, Health economics research programme at the University of Oslo.

Blewett, Lynn A., Maureen A. Smith og Todd G. Caldis (2001): "Measuring the Direct Costs of Graduate Medical Education Training in Minnesota", *Academic Medicine* Vol.76, No.5, May 2001: 446-452.

Bruen Olsen, Terje og Aris Kaloudis (1997): *Publisering og sitering innen medisinsk forskning*. NIFU skriftserie 9/97. Oslo: NIFU.

Bruen Olsen, Terje (1998): *Norsk forskning i internasjonale tidsskrifter. Sammenligning med andre land belyst ved bibliometriske makrodata*. NIFU rapport 1/98. Oslo: NIFU.

Evans, R. (1971): "Behavioural cost functions for general hospitals", *Canadian Journal of Economics* 4: 198-215.

Friis, Svein og Per Vaglum (1999): *Fra idé til prosjekt – en innføring i klinisk forskning*. 2.utgave. Oslo: Tano Aschehoug.

Garfield, Eugene (1996): "How can impact factors be improved", *British Medical Journal* 1996; 313; 411-413.

Hadley, J. (1983): "Teaching and hospital costs", *Journal of Health Economics*, 2: 75-9.

Hansen, H.B, K. Brinch og J.H Henriksen (1996): "Scientific publications from departments of clinical physiology and nuclear medicine in Denmark. A bibliometric analysis of 'impact' in the years 1989-1994", *Clinical Physiology* 1996; 16; 507-519.

Iversen, Tor (2000): "Utviklingen i sykehusenes undervisningsoppgaver", Vedlegg 6 i Bjørnenak, Trond, Terje P.Hagen, Tor Iversen og Jon Magnussen: *En bred kartlegging av sykehusenes økonomiske situasjon. Sammendragsnotat*. Oslo: SINTEF Unimed, HERO Skriftserie 2000: 2, Helseøkonomisk Forskningsprogram ved Universitetet i Oslo.

Iversen, Tor og Gry Stine Kopperud (2002): "The impact of accessibility on the use of specialist health care in Norway", HERO Working Paper 2002:9, Health economics research programme at the University of Oslo.

Kyvik, Svein (2001): *Publiseringsvirksomheten ved universiteter og vitenskapelige høyskoler*. NIFU skriftserie nr. 15/2001. Oslo: NIFU – Norsk institutt for studier av forskning og utdanning.

Linna, Miika, Unto Häkkinen og Eero Linnakko (1998): "An Econometric Study of Costs of Teaching and Research in Finnish Hospitals", i *Journal of Health Economics*, Nr.7, 1998, side 291-305.

Lehrl, Siegfried (1999): "Der Impact-Faktor als Bewertungskriterium wissenschaftlicher Leistungen – das Recht auf Chancengleichheit", *Strahlentherapie und Onkologie* 1999; 175; 4: 141-153.

Lopez-Casasnovas, Guillem og Marc Saez (1999): "The Impact of Teaching Status on Average Costs in Spanish Hospitals", *Health Economics*, Vol.8: Nr.7: 641-651.

Nicholson, Sean og David Song (2001): "The incentive effects of the Medicare indirect medical education policy", *Journal of Health Economics* 2001; 20, nr.6: 909-933.

NOU 1996: 5: *Hvem skal eie sykehusene?* Oslo: Sosial- og Helsedepartementet.

NOU 1999: 15: *Hvor nært skal det være?* Oslo: Sosial- og Helsedepartementet.

NR (2001): *Utdanning av leger i sykehusbaserte spesialiteter. Utredning fra en prosjektgruppe nedsatt av NR.* Oslo: Nasjonalt råd for spesialistutdanning av leger og legefordeling. Utredning nr.1.

Ophof, Tobias (1997): "Sense and nonsense about the impact factor", *Cardiovascular Research* 1997; 33; 1-7.

SAMDATA 2002, SINTEF Unimed, Norsk Institutt for sykehusforskning.

Seglen, Per O. (1997): "Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research", *British Medical Journal* 1997; 314; 498-502.

## Vedlegg 1: Sykehus som inngår i analysene

	1999	2000	2001		1999	2000	2001
Lillehammer	1			Vestfold SS		1	1
Gjøvik (Oppland SS)	1	1	1	Notodden	1	1	1
Tynset	1	1	1	Rjukan	1	1	1
Hedmark SS	1	1	1	Telemark SS	1	1	1
Kongsvinger	1	1	1	Nordland SS	1	1	1
Volda	1	1	1	Narvik	1	1	1
Molde	1	1	1	Stokmarknes	1	1	1
Kristiansund	1	1	1	Rana	1	1	1
Ålesund	1	1	1	Lofoten	1	1	1
Orkdal	1	1	1	Sandnessjøen	1	1	1
Regionsykehuset i Trondheim	1	1	1	Vefsn	1	1	1
Harstad sykehus	1	1	1	Hammerfest	1	1	1
Regionsykehuset i Tromsø	1	1	1	Kirkenes	1	1	1
Namdal	1	1	1	Aust Agder SS	1	1	1
Innherred	1	1	1	Flekkefjord	1	1	1
Stensby	1	1	1	Vest Agder SS	1	1	1
Bærum	1	1	1	Haugesund	1	1	1
Sentralsykehuset i Akershus	1	1	1	Sentralsykehuseu i Rogaland	1	1	1
Sentralsykehuset i Østfold	1	1	1	Voss	1	1	1
Ringerike sykehus	1	1	1	Stord	1	1	1
Buskerud Sentralsykehus	1	1	1	Odda	1	1	1
Kongsberg	1	1	1	Haraldsplass	1	1	1
Radiumhospitalet	1	1	1	Haukeland	1	1	1
Rikshospitalet	1	1	1	Lærdal	1	1	1
Ullevål	1	1	1	Nordfjordeid	1	1	1
Aker	1	1	1	Sentralsykehuset i S&F	1	1	1
Diakonhjemmets sykehus	1	1	1				

**Vedlegg 2. Antall publikasjoner (internasjonale og TDNLF) som er registrert med forfatterskap fra de enkelte sykehusene.**

Sykehus	Antall publikasjoner			SUM
	1999	2000	2001	
Rikshospitalet	342	338	401	1081
Ullevål	219	259	284	762
Haukeland	227	229	247	703
Radiumhospitalet	223	191	193	607
RiT	155	148	133	436
RiTØ	105	87	86	278
Aker	70	71	63	204
SSH Rogaland	32	44	59	135
SSH Akershus	14	33	28	75
SSH Nordland	22	17	15	54
Diakonhjemmet	18	19	14	51
SSH Vest Agder	12	16	14	42
SSH Østfold	8	11	14	33
SSH Buskerud	11	16	6	33
SSH Vestfold	**	11	17	28
Innhæred	7	7	10	24
SSH Telemark	8	6	10	24
Diakonisseh S.Har.	12	8	4	24
Bærum	7	10	6	23
SSH Hedmark	3	11	8	22
FS Lillehammer	2	9	6	17
FS Haugesund	8	3	6	17
SSH Aust-Agder	6	4	6	16
SSH Sogn og Fjord	2	6	3	11
Kongsvinger	2	4	3	9
Namdal	1	1	7	9
Hammerfest	3	1	4	8
SSH Møre og Roms	2	2	3	7
Harstad	4	2	1	7
Rana	0	5	1	6
FS Molde	1	0	3	4
FS Gjøvik	3	**	**	3
Kongsberg	1	2	0	3
Lofoten	0	2	1	3
Tynset	1	1	0	2
Ringerike	1	0	1	2
Vefsn	1	1	0	2
FS Stord	2	0	0	2
FS Lærdal	0	0	1	1
FS Kristiansund	1	0	0	1
Orkdal San.For	1	0	0	1
Rjukan	1	0	0	1
Lister	0	0	1	1
FS Nordfjordeid	1	0	0	1
Kirkenes	1	0	0	1
Stensby	0	0	0	0
Notodden	0	0	0	0
Narvik	0	0	0	0
Stokmarknes	0	0	0	0
Sandnessjøen	0	0	0	0
FS Volda	0	0	0	0
FS Voss	0	0	0	0
FS Odda	0	0	0	0



### Vedlegg 3: Reisetid for sykehusene. Snitt for 1999-2001.

Sykehus	Reisetid i minutter		Andel av pasienter med reisetid i intervallet				
	Snitt	Median	< 0.5 timer	0.5-1 timer	1-1.5 timer	1.5-2 timer	> 2 timer
Variabelnavn:	RTID_M_1	RTID_M_2	AND0.0	AND0.5	AND1.0	AND1.5	AND2.0
Regionsh i Tromsø	290	189	36 %	0 %	2 %	5 %	57 %
Hammerfest sykehus	224	174	23 %	4 %	0 %	0 %	73 %
Kirkenes sykehus	205	166	40 %	0 %	0 %	0 %	60 %
Nordland sentralsykehus	166	75	36 %	9 %	8 %	4 %	43 %
Rikshospitalet	164	47	40 %	18 %	7 %	8 %	26 %
Tynset sjukehus	143	131	5 %	0 %	10 %	11 %	74 %
Det norske Radiumhospital	125	73	29 %	17 %	10 %	15 %	29 %
Sandnessjøen sykehus	113	67	36 %	7 %	13 %	0 %	44 %
Harstad sykehus	105	46	47 %	13 %	10 %	2 %	28 %
Ssh i Sogn og Fjordane	94	71	26 %	8 %	25 %	8 %	33 %
Namdal sykehus	93	88	25 %	11 %	12 %	20 %	31 %
Stokmarknes sykehus	86	36	28 %	24 %	13 %	15 %	20 %
Regionsh i Trondheim	83	7	63 %	4 %	7 %	5 %	21 %
Rjukan sykehus	82	81	42 %	0 %	16 %	16 %	26 %
Orkdal san for sjukehus	75	69	29 %	18 %	18 %	11 %	24 %
Lillehammer fylkessykehus	73	55	36 %	17 %	18 %	6 %	23 %
Fylkessjukehuset i Lærdal	73	54	11 %	49 %	28 %	1 %	10 %
Fylkessjukehuset på Voss	70	51	40 %	16 %	25 %	13 %	7 %
Lofoten sykehus	66	32	47 %	7 %	43 %	0 %	3 %
Fylkessjukehuset i Odda	66	7	53 %	16 %	5 %	6 %	20 %
Ringerike sykehus	65	14	56 %	12 %	7 %	4 %	21 %
Haukeland sykehus	63	9	71 %	6 %	6 %	2 %	14 %
Fylkessjukehuset i Molde	60	45	43 %	20 %	14 %	14 %	8 %
Fylkessjukehuset på Stord	60	37	34 %	30 %	2 %	23 %	11 %
Fylkessh på Nordfjordeid	59	56	22 %	35 %	37 %	0 %	5 %
Fylkessh. i Kristiansund	57	16	62 %	1 %	8 %	15 %	15 %
Ssh i Møre og Romsdal	57	46	45 %	19 %	14 %	12 %	10 %
Gjøvik fylkessykehus	56	26	50 %	15 %	12 %	9 %	13 %
Innherred sykehus	54	46	34 %	50 %	2 %	7 %	7 %
Lister sykehus	54	33	46 %	21 %	17 %	4 %	11 %
Ssh i Hedmark, Elverum	53	30	53 %	23 %	8 %	8 %	8 %
Fylkessjukehuset i Volda	52	53	45 %	11 %	39 %	3 %	3 %
Narvik sykehus	48	7	69 %	9 %	6 %	9 %	8 %
Vefsn sykehus	48	5	72 %	1 %	11 %	9 %	7 %
Rana sykehus	44	7	72 %	12 %	0 %	9 %	7 %
Fylkessh. i Haugesund	43	22	72 %	1 %	13 %	3 %	12 %
Kongsberg sykehus	42	30	62 %	14 %	13 %	9 %	2 %
Notodden sykehus	40	29	54 %	25 %	15 %	3 %	4 %
Kongsvinger sjukehus	39	31	51 %	39 %	3 %	3 %	4 %
Aust-Agder sentralsjukehus	38	23	69 %	16 %	6 %	3 %	6 %
Ssh i Akershus	35	27	60 %	34 %	4 %	0 %	1 %
Stensby sykehus	35	28	61 %	34 %	3 %	1 %	2 %
Vest-Agder sentralsykehus	35	7	70 %	13 %	7 %	7 %	3 %
Diakonissehjemmets sh	34	9	81 %	11 %	3 %	2 %	3 %
Sykehuset Østfold	34	31	41 %	47 %	9 %	2 %	1 %
Buskerud sentralsykehus	33	17	75 %	15 %	4 %	2 %	5 %
Telemark sentralsjukehus	33	12	69 %	13 %	12 %	1 %	5 %
Ssh i Rogaland	33	13	75 %	12 %	8 %	2 %	4 %
Ullevål sykehus	29	8	90 %	2 %	1 %	3 %	4 %
Bærum sykehus	17	7	94 %	3 %	1 %	1 %	1 %
Diakonhjemmets sykehus	14	8	98 %	1 %	0 %	1 %	1 %
Aker sykehus	13	8	97 %	1 %	0 %	1 %	1 %

Det var ikke mulig å beregne reisetider for Vestfold sentralsykehus fordi sykehuset har avdelinger i flere kommuner, og avdelingskodene ved sykehuset ikke stemte med avdelingskodene i Norsk pasientregister.

## Vedlegg 4. Metodiske varianter

For å undersøke robustheten av resultatene er det kjørt en rekke modeller med andre metodiske valg. Vi har valgt kun å presentere modellvariantene for grunnmodellen B uten forsknings-, utdannings- og reisetidsvariablene. Tabell 4.1 dokumenterer tre ulike økonometriske metoder.

**Table 4.1 Varianter i økonometrisk spesifisering av grunnmodellen B.**

	B. Minste kvadrat		B1 Random effects		B2 Fixed effect	
	B	t	B	z	B	t
Avhengig variabel						
BRUTTOD Brutto driftsutgifter i 100 kr						
Uavhengige variable i modellen						
(Constant)	0.052	4.0 ***	0.044	2.0 **	-0.143	-3.4 ***
ELEKTIV Elektive innleggelser DRG-vektet	0.305	11.1 ***	0.211	7.5 ***	0.144	4.5 ***
DAGOPPH Dagopphold	0.101	3.6 ***	0.126	5.8 ***	0.117	5.1 ***
DPSTAT Prisjusterte polikliniske refusjoner (fra stat)	0.267	6.9 ***	0.421	11.4 ***	0.272	4.5 ***
LGDOT Liggedager over trippunkt	0.110	5.2 ***	0.095	5.5 ***	0.047	2.5 **
OHOGFODE Øyeblikkelig hjelp og fødsler	0.162	5.4 ***	0.042	2.2 **	0.022	1.2
F	1700 ***				26 ***	
Wald Chi^2			2845 ***			
df1	5		5		5	
df2	150				98	
R^2	0.983		0.980		0.979	
Condition index	12.024				80.53	
Test B1 bedre enn B	Chi^2= 81.55 ***		<b>Akseptor B1</b>			
Test B2 bedre enn B	F= 19.42 ***		<b>Akseptor B2</b>			
Test B2 bedre enn B1	Chi^2= 82.19 ***		<b>Akseptor B2</b>			

Et av problemene med datamaterialet er at det er et paneldatasett der det inngår opptil tre observasjoner av hvert sykehus, og der disse observasjonene neppe er uavhengige. Modell B2 er en fixed-effect modell der det i tillegg til variablene i grunnmodellen inngår en dummyvariabel for hvert sykehus. Dermed er det kun variasjonen mellom de tre observasjonene av hvert sykehus (within variation) som bestemmer koeffisientene i modellen, og metoden bruker opp mange frihetsgrader. En F-test forkaster vanlig minste kvadraters metode (OLS), men parameterestimaterne blir mindre presise. Verre er det at en Condition index på 80 tyder på alvorlige kollinearitetsproblemer, slik at den underliggende variasjonen ikke nødvendigvis fanges opp av den riktige parameteren.

Random-effects modellen B1 er en mellomvariant, der parameterestimaterne er et vektet snitt av fixed-effects estimatene og en modell der det kun er variasjonene mellom sykehusene (between variation) som inngår. Denne modellen kunne ikke estimeres av SPSS, og det er derfor i stedet brukt Stata. Desverre rapporterer ikke Stata noen Condition index, men det er ikke grunn til å tro at kollineariteten øker vesentlig fra grunnmodell B. En Chi-kvadrat test forkaster modell B til fordel for B1, og det sannsynlig at B1 hadde vært en bedre spesifisering. Parameterestimaterne er likevel såpass like i B og B1 at vi har valgt å bruke den enklere modellen i presentasjonen i hoveddelen av rapporten.

**Table 4.2 Varianter i funksjonsform av grunnmodellen B.**

	B. Cobb-Douglas		B3 Box-Cox		B4 Translog		B5 Kvadratisk	
	B	t	B	t	B	t	B	t
Avhengig variabel								
BRUTTOD Brutto driftsutgifter i 100 kr								
Uavhengige variable i modellen								
(Constant)	0.052	4.0 ***	-6.797	-12.6 ***	-0.012	-0.8	-6820.045	-0.6
ELEKTIV Elektive innleggelser DRG-vektet	0.305	11.1 ***	0.186	5.0 ***	0.321	8.8 ***	17.338	2.3 **
DAGOPPH Dagopphold	0.101	3.6 ***	0.064	3.1 ***	0.071	1.6	30.441	1.3
DPSTAT Prisjusterte polikliniske refusjoner (fra stat)	0.267	6.9 ***	0.130	3.5 ***	0.209	3.4 ***	1.320	1.2
LGDOT Liggedager over trimpunkt	0.110	5.2 ***	0.065	3.8 ***	0.080	2.7 ***	12.564	2.3 **
OHOGFODE Øyeblikkelig hjelp og fødsler	0.162	5.4 ***	0.101	4.2 ***	0.328	7.3 ***	26.364	5.7 **
Lambda			0.063	3.0 ***				*
					+ 15 kvadratledd hvorav 4 sign. på 5% nivå		+ 15 kvadratledd hvorav 7 sign. på 5% nivå	
F	1700 ***		1616 ***		866 ***		1189 ***	
df1	5		7		20		20	
df2	150		149		135		135	
R <sup>2</sup>	0.983		0.984		0.984		0.994	
Condition index	12.024				191		631	
Test B3 bedre enn B	F=	4.4 **	Aksepter B3					
Test B4 bedre enn B	F=	11.2 ***	Aksepter B4					
Test B5 bedre enn Lineær B	F=	18.6 ***	Aksepter B5					

I tabell 4.2 presenteres ulike funksjonsformer som potensielt kan bøte på noen av problemene ved den enkle Cobb-Douglas funksjonen, der bl.a. graden av spesialiseringsfordeler er gitt og kostnadselastisitetene er konstante og uavhengige av nivået på de øvrige variablene. Modell B3 er en Box-Cox spesifisering der hver variabel er transformert med en felles parameter  $I$ , slik at variablene inngår som  $y^{(I)} = (y^I - 1)/I$  i stedet for som  $\ln y$ . Det er denne funksjonsformen som er valgt i Linna et al. (1998), og også i vårt tilfelle er det støtte for at B3 er en bedre modell enn B, med en F-test på 4.4 som er signifikant på 5% nivå. Parametrene blir imidlertid dårligere bestemt med lavere t-verdier, og de er ikke like direkte tolkbare som i den enkle Cobb-Douglas modellen B.

Translogmodellen B4 er en utvidelse av Cobb-Douglas modellen der det også inngår kryssledd med produktet av logaritmene for hvert par av variable. Dermed øker parameterantallet og en mister frihetsgrader slik at parametrene også her blir mindre presist estimert, noe som særlig er merkbart når en også inkluderer forsknings-, utdannings- og reisetidsvariable. F-testen tilsier at modell B4 er bedre enn grunnmodellen B, men igjen er kollineariteten altfor høy med en Condition index på 191.

Den kvadratiske modellen B5 svarer til translogmodellen med kvadratiske kryssledd, men her inngår variablene direkte med nivå heller enn med logaritmer. Til tross for god føyning må også denne modellen forkastes pga svært høy kollinearitet med Condition index på 631.