

**SNF RAPPORT NR. 71/00**

**Forskning og utvikling i de maritime næringene**

**av**

**Espen R. Henriksen  
Karen Helene Midelfart Knarvik  
Frode Steen**

**SNF-prosjekt nr. 1080  
“Samvirkegevinster i maritim sektor – en videreføring”**

**Prosjektet er finansiert av Norges forskningsråd  
Prosjekt nr. 126276/230**

**SIØS – Senter for internasjonal økonomi og skipsfart**

**STIFTELSEN FOR SAMFUNNS- OG NÆRINGSLIVSFORSKNING  
BERGEN, NOVEMBER 2000**

© Dette eksemplar er fremstilt etter avtale med KOPINOR, Stenergate 1, 0050 Oslo. Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale og i strid med åndsverkloven er straffbart og kan medføre erstatningsansvar.

ISBN 82-491-0103-0

ISSN 0803-4036

## *SIØS - SENTER FOR INTERNASJONAL ØKONOMI OG SKIPSFART*

SIØS - Senter for internasjonal økonomi og skipsfart - er et felles senter for Norges Handelshøyskole (NHH) og Stiftelsen for samfunns- og næringslivsforskning (SNF), med ansvar for undervisning, fri forskning, oppdragsforskning og forskningsformidling innen områdene skipsfartsøkonomi og internasjonal økonomi.

### *Internasjonal økonomi*

SIØS arbeider med alle typer spørsmål knyttet til internasjonal økonomi og skipsfart, og har særskilt kompetanse på områdene internasjonal realøkonomi (handel, faktorbevegelser, økonomisk integrasjon og næringspolitikk), internasjonal makroøkonomi og internasjonal skattepolitikk. Forskningen ved senteret har i den senere tid vært dominert av prosjekter som har til hensikt å bidra til økt innsikt i globale, strukturelle problemer og virkninger av regional økonomisk integrasjon. Videre deltar man også aktivt i prosjekter som omhandler offentlig økonomi, nærings- og konkurransepolitikk.

### *Internasjonal transport*

Et annet sentralt arbeidsområde for SIØS er internasjonal transport. På dette feltet har studier av konkurranseforholdet mellom ulike transportbærere i Europa og mulighetene for økt bruk av sjøtransport for å avlaste det landbaserte transportnettverket på kontinentet stått sentralt.

### *Maritim forskning*

SIØS ser det som sin oppgave å være et bindeledd mellom den maritime næring og forskningsmiljøet ved SNF og NHH, og har gjennomført en serie prosjekter finansiert av Norges Rederiforbund, direkte rettet inn mot rederier og andre maritime bedrifter. Denne typen prosjekter har blant annet studert norske rederiers multinasjonale virksomhet, skipsbygging i Nord-Europa, og konkurransen i fergemarkedene.

### **Kompetansebase**

SIØS' kompetansebase består av forskere ved SNF, assosierte medarbeidere ved NHH og LOS (UiB), samt ledende internasjonale økonomer som er knyttet til senteret gjennom langsiktige forbindelser. I løpet av de siste årene har man ved SIØS fått frem fem doktorgrader innen internasjonal økonomi og skipsfart, og staben inkluderer for tiden doktorgradsstipendiater.

### **Nettverk**

Senteret er involvert i flere større EU-prosjekter, og samarbeider med sentrale forsknings- og utdanningsinstitusjoner over hele Europa. Spesielt nær kontakt har man til London School of Economics, University of Glasgow, Institute for Graduate Studie, Geneve og The Research Institute of Industrial Economics (IUI), Stockholm. Den vitenskapelige staben ved SIØS deltar i flere internasjonale forskningsnettverk, og har vært blant de fremste i Europa til å ta initiativ til dannelse av nettverk

# Forskning og utvikling i de maritime næringene\*

Espen R. Henriksen<sup>†</sup>  
Karen Helene Midelfart Knarvik  
Frode Steen

26. mai 2000

\*Dette forskningsprosjektet er finansiert av Norges forskningsråd.

<sup>†</sup>Korrespondanseadresse: [espen.henriksen@snf.no](mailto:espen.henriksen@snf.no)

## Sammendrag

Potensielle samvirkegevinster mellom de maritime næringene har vært et sentralt spørsmål i norsk politisk debatt. Gjennom flere studier har forskere forsøkt å kartlegge eksistens og form av mulige samvirkegevinster. Forskning og utvikling (FoU) har i den deskriptive litteraturen vært trukket frem som én kilde til samvirkegevinster, men det har ikke tidligere vært gjennomført økonometriske studier av betydningen av FoU. I denne artikkelen analyserer vi økonometrisk effekten av FoU på produktivitetsutviklingen i de to viktige maritime næringene skipsbygging og utenriks sjøfart. Resultatene viser at investeringer i maritim FoU har hatt betydning for produktivitetsutviklingen i skipsbygging. For utenriks sjøfart finner vi ikke en tilsvarende effekt. Resultatene våre antyder videre at det er FoU knyttet til skipsindustrien snarere enn samlet FoU innen skipsindustrien og utenriks sjøfart som er avgjørende for produktivitetsutviklingen i skipsbygging.

# 1 Innledning

De maritime næringene utgjør en viktig del av norsk konkurranseutsatt næringsliv. Både i lys av nyere økonomisk teori og som følge av den politiske debatt, har det vært ønske om å analysere hvorvidt det finnes samvirkegevinster innenfor disse næringene. Analysene som er blitt foretatt har både vært deskriptive (Bergan, 1991; Reve, Lensberg og Grønhaug, 1992; Paus og Steen, 1992) og økonometrisk funderte (Knarvik og Steen, 1998, 1999). En mulig kilde til eventuelle samvirkegevinster innenfor de maritime næringene er forskning og utvikling (FoU). FoUs betydning for samvirkegevinster har vært drøftet i den deskriptive litteraturen, men fordi data ikke har vært tilgjengelig tidligere, har det ikke vært foretatt økonometriske analyser av betydningen av FoU for positive eksternaliteter og produktivitetsgevinster.

FoU kan gi opphav både til eksternaliteter gjennom markedene (pekuniære eksternaliteter) og til rene eksternaliteter. Omfanget av pekuniære eksternaliteter avhenger av graden av konkurranse og utnyttelsen av skalafordeler i FoU. Rene eksternaliteter kan for eksempel ta form av kunnskapsoverføring og personlige nettverk. En viktig kobling går gjennom arbeidsmarkedet ved at personer skifter jobb og tar med seg innsikt og kompetanse fra den gamle til den nye arbeidsgiveren. Den rolle undervisnings- og forskningsinstitusjoner har som samler og formidler av kunnskap, bør heller ikke undervurderes.

I denne artikkelen analyseres økonometrisk effekten av FoU på produktivitetstutvikling i de to viktige maritime næringene, skipsbygging og utenriks sjøfart. Spesielt fokuseres det på den totale og relative betydningen av egneffekter og samvirkeeffekter fra FoU-innsats.

For perioden vi undersøker er FoU-intensiteten i skipsbygging nesten 10 ganger høyere enn innen utenriks sjøfart. Den har også mye lavere relativ variasjon, noe som antyder at FoU både er og har vært en fastere del av skipsbyggingsindustriens strategi. Innen utenriks sjøfart er FoU-intensiteten betydelig lavere og mer variabel. Dette avspeiler seg også i analysen der vi finner at resultatene antyder en signifikant positiv betydning av forskning og utvikling på produktivitetsveksten i skipsbygging, mens for utenriks sjøfart er resultatene langt svakere

Målt ved enkeltparametre finner vi for skipsbygging at effekten av FoU i utenriks sjøfart er svakere enn effekten av egen FoU. Simultane tester av betydningen av samlet FoU-innsats på produktivitetstutviklingen antyder imidlertid at også samvirkeeffektene har en betydning.

## 2 Data

FoU omfatter grunnforskning, anvendt forskning og utviklingsarbeid og kan være enten produktrettet eller prosessrettet. Dersom det er produktrettet, er det for å utvikle vesentlig endrede varer og tjenester, mens dersom det er prosessrettet

**Tabell 1:** Sammensetning av “351 skipsbygging” (tidligere SN83/3841) og “611 utenriks sjøfart” (tidligere SN83/7121)

351:		
SN94	35.111	Bygging og reparasjon av skip og skrog over 100 bruttotonn
SN94	35.112	Innrednings- og installasjonsarbeid utført på skip over 100 bruttotonn
SN94	35.113	Bygging og reparasjon av båter under 100 bruttotonn
SN94	35.116	Produksjon av annet flytende materiell
SN94	35.117	Skipsopphugging
SN94	35.120	Bygging og reparasjon av fritidsbåter
611:		
SN94	61.101	Utenriks sjøfart
SN94	61.102	Kysttrafikk i Europa

tar det sikte på å utvikle og forbedre en produksjonsprosess. Som FoU regnes ikke aktiviteter som kvalitetskontroll, rutinemessig prøving, teknisk service og rutinemessig arbeid i forbindelse med oppstart av produksjon.

## 2.1 Kildene

Datakildene for FoU innenfor de maritime næringer er primært Statistisk sentralbyrå (SSB) og Norsk institutt for studier av forskning og utdanning (NIFU). Dataene fra SSB er fra deres forsknings- og utviklingsundersøkelser siden 1980 (1982, 1983, 1984, 1985, 1989, 1991, 1993 og 1995). Tallene fra NIFU omfatter de viktigste tekniske maritime institusjonene som inngår i forskningsstatistikken for årene 1983 – 1995.

Dataene fra SSB måler FoU i bedriftene i de maritime næringene. De inneholder en oversikt over hvor mange bedrifter som driver forsknings- og utviklingsarbeid, hvor mange personer og hvor mange årsverk disse bedriftene sysselsetter i FoU, hvor store FoU-kostnadene er eksternt og internt i bedriften og hvordan kostnadene er fordelt på produkt og prosess. De tilfredsstiller databehovet vårt i den forstand at de gir tidsserier og at de relaterer FoU til de forskjellige segmentene av maritime bedrifter. Bedriftene kan deles opp i følgende seks næringer: produksjon av flytende materiell, produksjon av skipsmotorer og løfte- og losseutstyr, utenriks sjøfart, innenriks sjøfart, tjenester tilknyttet sjøtransport og skipsmekling.

Det hefter imidlertid noen problemer ved dataene fra SSB. For det første er det ikke årlige data og det mangler observasjoner for enkelte år. For det andre tok SSB i 1993 i bruk en ny næringsstandard (SN94) hvor man gikk over fra

firesifrete ISIC<sup>1</sup> koder til femsifrete NACE<sup>2</sup> koder. Overgangen mellom gammel og ny næringsstandard er ikke bestandig én til én, dvs. at en ISIC-næring kan ha blitt splittet opp på to NACE-næringer. For det tredje er det varierende kvalitet på dataseriene fra de forskjellige næringene. Og for det fjerde er dataene mindre spesifisert enn hva som kunne være ønskelig. For eksempel gir dataene verken informasjon om hvorvidt ekstern FoU er foretatt av norske eller utenlandske institusjoner eller noe mål for FoU foretatt for andre institusjoner. De gir heller ikke mulighet for noe indirekte mål for mobilitet av FoU-ansatte mellom bedriftene innenfor næringene.

Tallene fra NIFU over marin forskning i forskningsinstitusjonene er ikke svært detaljerte. Som følge av ønsket om å beskytte klientene er det ikke mulig å få tall for fordelingen av prosjekter på de forskjellige maritime næringene, verken hva gjelder årsverk eller omsetning. Tallene er videre begrenset av at de kun omfatter en del av den maritime forskningen i Norge. Tallene omfatter Norsk marinteknisk forskningsinstitutt og Fakultet for marin teknikk ved NTNU (tidl. NTH). For 1995 omfatter de også Avdeling for maritim utdanning ved Høgskolen i Vestfold.

## 2.2 Næringene

Kun to av de seks maritime næringene vi har tidsserier for, har tilstrekkelig sammenhengende og konsistente dataserier til at det er ønskelig og mulig å benytte dem i en økonometrisk analyse. Disse to næringene er “skipsbygging” (351) og “utenriks sjøfart” (611). Sammensetningen av disse er vist i tabell 1. Tallene for totale FoU-kostnader og antall årsverk, samt de samme tallene for Marintek, er gitt i figur 1.

## 2.3 Glatting

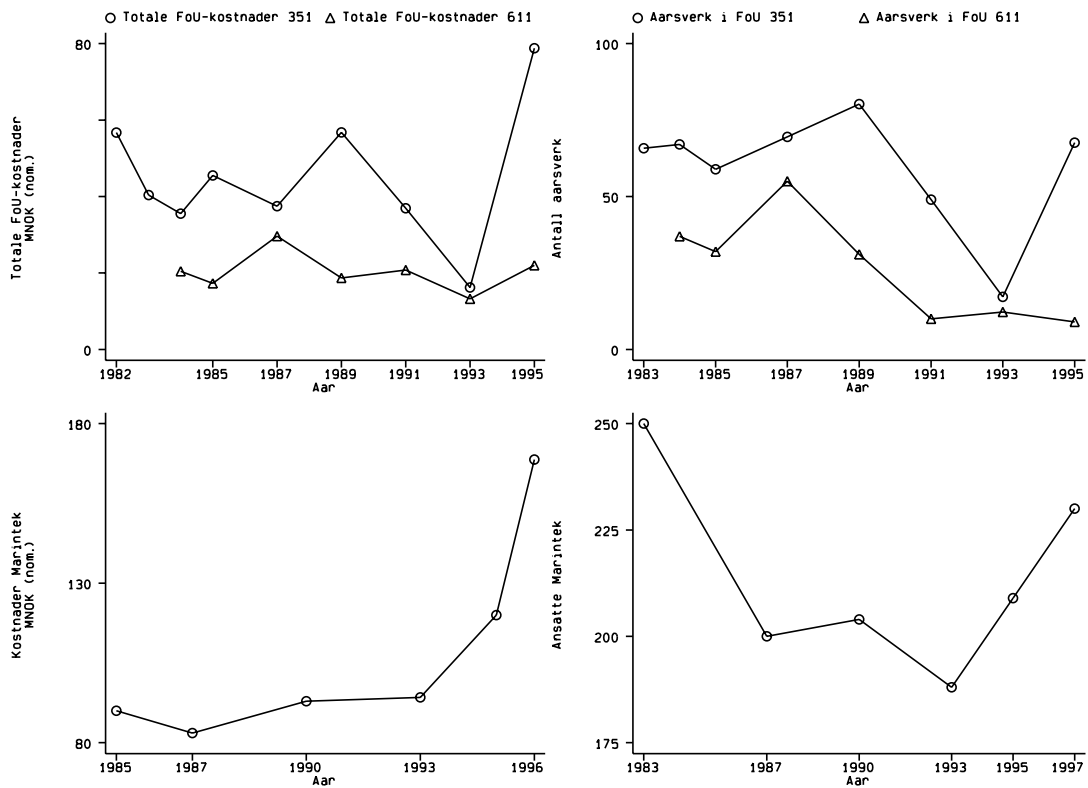
Datagrunnlaget for FoU-aktiviteter i Norge er tynt og det er få tilgjengelige dataserier. Som det kommer frem av figur 1, mangler det observasjoner for enkelte år. For å få kontinuerlige serier å foreta beregningene på grunnlag av, glattet vi seriene. Alternativet til ikke å glatte seriene var å ikke gjennomføre analysen. Vi benyttet enklest mulig metode ved å la utelatte observasjoner bli erstattet av snittet av forutgående og etterfølgende observasjon. I grafene og i den videre omtalen er seriene som er kommet frem ved denne metoden, omtalt som “ipol”.<sup>3</sup>

---

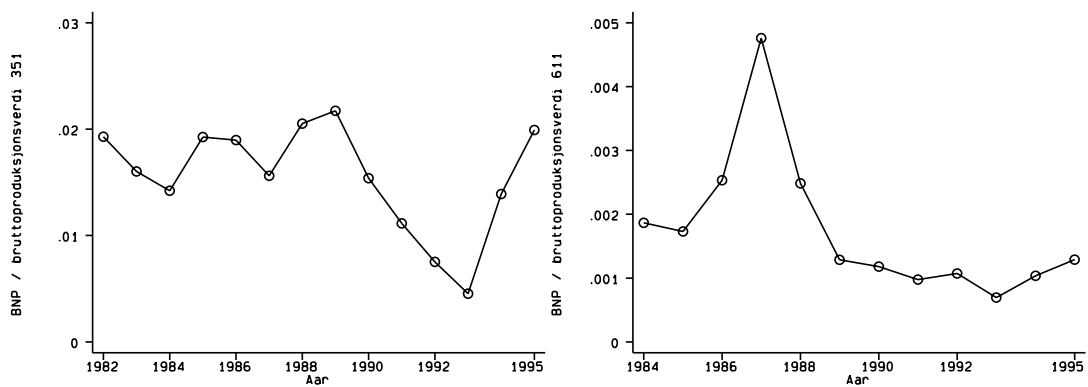
<sup>1</sup>ISIC – “The International Standard Industrial Classification of all Economic Activities” – ble etablert av FN som standard for klassifisering av økonomisk aktivitet.

<sup>2</sup>NACE – “Nomenclature statistique des Activités économiques dans la Communauté Européenne” (“Statistisk klassifisering av økonomisk aktiviteter i Det europeiske fellesskap”) – ble etablert som en felles standard for klassifisering av økonomisk aktivitet i Europa.

<sup>3</sup>Seriene ble også glattet ved å estimere en lineær sammenheng med minste kvadraters metode på grunnlag av alle forutgående observasjoner for å estimere utelatte observasjoner. Blant

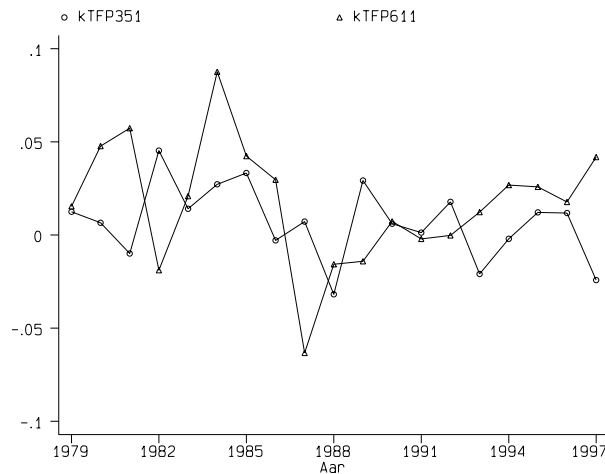


**Figur 1:** Totale FoU-kostnader og FoU-årsverk og -ansatte i skipsbygging (351), utenriks sjøfart (611) og Marintek (faktiske tall)



**Figur 2:** Serier for FoU-intensitet i skipsbygging (351) og utenriks sjøfart (611) (basert på intrapolerte tall)





**Figur 3:** Beregnet årlig endring i total faktorproduktivitet (TFP) 1979-1997 for skipsbygging (351) og utenriks sjøfart (611)

De glattete seriene for totale FoU-investeringer og antall årsverk i skipsbygging (351) og utenriks sjøfart (611) er gitt i figur 2.

## 2.4 Total faktorproduktivitet

Dataseriene for total faktorproduktivitet (TFP) er beregnet på grunnlag av årlige data fra Statistisk sentralbyrå for bruttoproduksjonsverdi, bruttoprodukt (verdiskapning), lønnskostnader, timeverk, vareinnsats, realkapitalbeholdning og depresieringsrater for de aktuelle maritime næringene. For en detaljert redegjørelse for modellforutsetninger og beregningen av dataseriene for TFP, vises det til Knarvik og Steen (1997). Tidsserien for beregnet endring i TFP for næringene skipsbygging (351) og utenriks sjøfart (611) er vist i figur 3.

**Tabell 2:** Deskriptiv statistikk: Vekst i total faktorproduktivitet og FoU-intensitet i skipsbygging (351) og utenriks sjøfart (611) 1984-1995

	Snitt	St. avvik	Min.	Maks.
TFP-vekst 351	.00636	.01963	-.0319	.0333
TFP-vekst 611	.01135	.03674	-.0634	.0876
FoU-intensitet 351	.01523	.00536	.00453	.0217
FoU-intensitet 611	.001742	.00111	.000694	.00476
FoU-intensitet Marintek	.006023	.00171	.00380	.00963

annet fordi denne metoden vektet observasjonene forskjellig og skaper mye variasjon i seriene, har vi ikke benyttet den i de gjengitte økonometriske analysene.

**Tabell 3:** Deskriptiv statistikk: Korrelasjonskoeffisienter

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1) TFP-vekst 351	1.00	–	–	–	–	–	–	–
(2) TFP-vekst 611	.32	1.00	–	–	–	–	–	–
(3) FoU-int. 351	.23	–.02	1.00	–	–	–	–	–
(4) FoU-int. 611	–.05	–.46	.35	1.00	–	–	–	–
(5) FoU-int. 351, L1	.27	–.24	.56	.44	1.00	–	–	–
(6) FoU-int. 611, L1	–.26	–.26	.52	.53	.41	1.00	–	–
(7) FoU-int. Martek	.09	–.16	.49	.92	.35	.55	1.00	–
(8) dBNP	.46	.76	–.20	–.23	–.45	–.56	.00	1.00

‘L1’ betyr at variabelen er lagget ett år

## 2.5 Dataene

Tabell 2 viser deskriptiv statistikk for datamaterialet. I perioden 1984 til 1995 har veksten i total faktorproduktivitet i utenriks sjøfart (611) vært nesten dobbelt så høy som i skipsbygging (351). Dette til tross for at, som vist i figur 3 og tabell 2, FoU-intensiteten i skipsbygging (351) i snitt har vært nesten ni ganger så høy som i utenriks sjøfart (611). Justerer vi for nivå, ser vi fra tabell 2 at ikke bare er FoU-intensiteten i utenriks sjøfart (611) lavere enn i skipsbygging (351), men den har også høyere varians. Dersom vi normaliserer standardavviket med gjennomsnittet, har utenriks sjøfart (611) en varians på 0.637 som er nær dobbelt så høy som den normaliserte variansen til skipsbygging (351); 0.352.

Korrelasjonen mellom de viktigste variablene i den økonometriske analysen er gjengitt i tabell 3. For skipsbygging (351) er det interessant å merke seg hvordan relativ endring i total faktorproduktivitet (kTFP) er positivt korrelert med FoU-intensitet i egen næring både i samme periode og i den forutgående perioden, med relativ endring i TFP i utenriks sjøfart (611), og med relativ endring i BNP. kTFP i skipsbygging (351) er imidlertid ukorrelert eller negativt korrelert med FoU-intensitet i utenriks sjøfart (611) i den samme perioden og den foregående perioden.

Endring i total faktorproduktivitet i utenriks sjøfart (611) er negativt korrelert eller ukorrelert med FoU-intensitet både i egen næring og i skipsbygging både i samme periode og den forutgående perioden. Samtidig er denne variabelen sterkt korrelert med endring i bruttonasjonalprodukt. Det er ellers verdt å merke seg at FoU-intensitet i utenriks sjøfart og ved Marintek er nær perfekt korrelert.

Den positive korrelasjonen mellom TFP-vekst og FoU-intensitet i skipsbygging (351) og den manglende eller negative korrelasjonen mellom TFP-vekst og FoU-intensitet i utenriks sjøfart (611) antyder allerede her at sammenhengen mellom FoU-intensitet og TFP-vekst er sterkere i 351 enn i 611. I de neste kapitlene vil vi sette opp en strukturell økonometrisk modell og teste for virkninger av FoU mer formelt.

### 3 Modell og økonometrisk spesifikasjon

#### 3.1 Modell

Det viktigste rammeverket for å analysere sammenhengen mellom forskning og utvikling og produktivitet har vært “FoU-kapital i produktfunksjonen” modellen (Griliches, 1998).<sup>4</sup> Utgangspunktet for å estimere sammenhengen mellom vekst i total faktorproduktivitet (TFP) og investeringer i FoU er en standard Cobb-Douglas produktfunksjon hvor beholdningen av forsknings- og utviklingskapital er én av produksjonsfaktorene. Denne produktfunksjonen kan bli sett på som en lokal, førsteordens tilnærming til enhver vilkårlig produktfunksjon. Sammenhengen er gitt ved

$$X = Ae^{\lambda t} K_F^\gamma K^{\alpha_K} L^{\alpha_L} M^{\alpha_M}, \quad (1)$$

hvor  $X$  er bruttoproduksjonsverdi som funksjon av kapital  $K$ , arbeid  $L$  og innsatsvarer  $M$ , og beholdning av forsknings- og utviklingskapital  $K_F$ .  $\lambda$  er en indeks på teknologisk trendmessig endring som er uavhengig av FoU.  $A$  er en konstant.  $\alpha_i$ , hvor  $i = K, L, M$ , er produksjonselastisiteter med hensyn til innsatsfaktorene  $K, L$  og  $M$ . Det er antatt konstant skala med hensyn til disse tre faktorene;  $\alpha_K + \alpha_L + \alpha_M = 1$ .  $\gamma$  angir produksjonselastisiteten for beholdningen av FoU-kapital;  $\gamma \equiv \frac{\partial X}{\partial K_F} \frac{K_F}{X}$ .

For å få et uttrykk for total faktorproduktivitet dividerer vi gjennom med  $K^{\alpha_K} L^{\alpha_L} M^{\alpha_M}$ ,

$$TFP \equiv AK_F^\gamma e^{\lambda t} = \frac{X}{K^{\alpha_K} L^{\alpha_L} M^{\alpha_M}}. \quad (2)$$

Siden vi ikke har tall for FoU-beholdning og fordi dataseriene er for korte til å beregne beholdningstall, ønsker vi å omforme uttrykket i ligning 1 slik at relativ endring i TFP uttrykkes som en funksjon av FoU-intensitet. Vi deriverer (2) logaritmisk med hensyn på tiden og benytter definisjonen av produksjonselastisiteten av FoU-beholdningen,  $\gamma$ , og får

$$\frac{T\dot{F}P}{TFP} = \lambda + \gamma \frac{\dot{K}_{FoU}}{K_{FoU}} = \lambda + \frac{\partial X}{\partial K_F} \frac{\dot{K}_F}{X} = \lambda + \rho \frac{F}{X}, \quad (3)$$

hvor  $F$  er netto FoU-investeringer og  $\rho$  er grenseproduktiviteten av beholdningen av FoU-kapital, eller avkastningsraten på investeringer i forskning og utvikling.

Denne ligningen er den grunnleggende teoretiske sammenhengen hvor endringen i total faktorproduktivitet kan uttrykkes som en funksjon av FoU-intensiteten i næringen. Dersom vi antar at depresieringsraten av FoU-beholdningen er negligierbar, kan netto FoU-intensitet i ligningen erstattes av brutto FoU-intensitet.

---

<sup>4</sup>Formuleringen av modellen har også hentet momenter fra Griliches (1995) og Klette, Møen og Griliches (1999).

## 3.2 Økonometrisk spesifikasjon

Som en første tilnærming begynte vi med å se bort fra eventuelle spillovers mellom næringene og estimerte endring i total faktorproduktivitet separat i hver næring som funksjon av forsknings- og utviklingsintensitet. Som blant annet omtalt av Griliches (1992), er det naturlig å anta minst et års lag på egen forskning og utvikling. Den estimerte funksjonen er derfor etter mønster fra ligning 3

$$kTFP_t^i = \beta_0 + \beta_1 \left( \frac{FoU}{X} \right)_\tau^i, \quad (4)$$

hvor  $kTFP$  er relativ endring i TFP,  $(\dot{TFP}/TFP)$ ,  $\beta_0$  er et estimat på trendkomponenten,  $\lambda$ , og  $\beta_1$  er et estimat på avkastningen av FoU,  $\rho$ .  $\frac{FoU}{X}$  er FoU-intensitet, definert som FoU-utgifter over bruttoproduksjonsverdi og lagget ett og to år ( $\tau = t - 1$  eller  $t - 2$ ).  $i$  er skipsbygging (351) eller utenriks sjøfart (611).

En mulig feilkilde ved målt TFP er markerte konjunktuelle svingninger i etterspørsel og relative priser som hindrer bedriftene i å tilpasse seg på produksjonsmulighetskurven. FoU-utgifter som er brukt til å utvikle nye produkter eller forbedre eksisterende prosesser, vil øke potensiell TFP. For å korrigere for eventuell endring i TFP som følger konjunktuelle variasjoner og grad av ressursutnyttelse, ble følgende funksjon estimert<sup>5</sup>

$$kTFP_t^i = \beta_0 + \beta_1 \left( \frac{FoU}{X} \right)_\tau^i + \beta_2 dBNP_t, \quad (5)$$

hvor  $i$  er skipsbygging (351) eller utenriks sjøfart (611), FoU-intensitet er lagget én eller to perioder ( $\tau = t - 1, t - 2$ ) og  $dBNP$  er relativ endring i bruttonasjonalproduktet. For estimering av egeneffektene isolert ble standard minste kvadraters lineær regresjon (OLS) benyttet.

For å estimere effekten av de samlede FoU-investeringene i de to næringene ble FoU-investeringer i den andre næringen inkludert som en egen variabel. Ligningene med produktivitetsutviklingen i de to næringene ble estimerte i system. Fordi det er naturlig å anta at feilleddene i de to ligningene i systemet er korrelerte, med andre ord ikke-diagonal kovariansematrise av feilleddene, ble SUR (seemingly unrelated regression estimator, også kalt Zellner's seemingly unrelated estimator (ZEF) eller minimum kji-kvadrat estimator), benyttet for å få mer effisiente estimater enn ved OLS.

SUR-estimatoren bruker ligning-for-ligning OLS for å få et estimat for for kovariansmatrisen av feilleddene ( $\Omega$ ) og benytter deretter GLS gitt dette estimatet for  $\Omega$ . For å estimere systemene ble også ISUR (IZEF) brukt hvor estimatet på  $\Omega$

<sup>5</sup>Et alternativt mål for å korrigere for konjunktuelle svingninger er avvik fra trendvekst i BNP. Slik modellen er spesifisert her, hvor trendkomponenten er inkludert, vil estimatet for konstantleddet kunne bli for høyt.

oppdateres fra en iterasjon til den neste og hvor det gjentas til endringen fra en iterasjon til denne neste er vilkårlig liten. Denne metoden gir parameterestimater som er ekvivalente til maximum likelihood (ML) estimatoren.

Først ble systemet estimert uten å korrigere for variasjoner i konjunktorene<sup>6</sup>

$$kTFP_t^{351} = \beta_o^{351} + \beta_1^{351} \left( \frac{FoU^{351}}{X^{351}} \right)_\tau + \beta_2^{351} \left( \frac{FoU^{611}}{X^{351}} \right)_{\tau-1} \quad \text{og} \quad (6a)$$

$$kTFP_t^{611} = \beta_o^{611} + \beta_1^{611} \left( \frac{FoU^{611}}{X^{611}} \right)_\tau + \beta_2^{611} \left( \frac{FoU^{351}}{X^{611}} \right)_{\tau-1} \quad (6b)$$

For å korrigere for eventuell endring i TFP som følge av konjunkturelle variasjoner og grad av ressursutnyttelse, ble også følgende system estimert

$$kTFP_t^{351} = \beta_o^{351} + \beta_1^{351} \left( \frac{FoU^{351}}{X^{351}} \right)_\tau + \beta_2^{351} \left( \frac{FoU^{611}}{X^{351}} \right)_{\tau-1} + \beta_3^{351} dBNP_t \quad (7a)$$

$$kTFP_t^{611} = \beta_o^{611} + \beta_1^{611} \left( \frac{FoU^{611}}{X^{611}} \right)_\tau + \beta_2^{611} \left( \frac{FoU^{351}}{X^{611}} \right)_{\tau-1} + \beta_3^{611} dBNP_t \quad (7b)$$

Vi ser nå at egeneffekt av forskning og utvikling kan avleses og testes gjennom estimatene for parametrene  $\beta_1^{351}$  og  $\beta_1^{611}$ , mens krysseffekter som kan tilskrives samvirkegevinster av FoU i den andre sektoren, kan måles gjennom  $\beta_2^{351}$  og  $\beta_2^{611}$ . I tillegg til å teste individuell betydning av FoU-intensitet vil vi også pålegge sammensatte tester der egen-/krysseffekter testes simultant. Fire tester ukrystalliserer seg:

(i) Effekt av egen FoU (egeneffekt):

$$H_0 : \beta_1^{351} = \beta_1^{611} = 0$$

(ii) Effekt av andres FoU (krysseffekt eller samvirkeeffekt):

$$H_0 : \beta_2^{351} = \beta_2^{611} = 0$$

(iii) Effekt av FoU i begge sektorene for TFP i sektor  $i$  (totaleffekt):

$$\begin{aligned} H_0^{351} & : \beta_1^{351} = \beta_2^{351} = 0 \\ H_0^{611} & : \beta_1^{611} = \beta_2^{611} = 0 \end{aligned}$$

Test (i) tester for om forskning og utvikling i skipsbygging og utenriks sjøfart simultant ikke har betydning for produktivitetsutviklingen i de respektive næringene. Analogt tester vi i test (ii) om FoU i de to næringene simultant ikke har

<sup>6</sup>I ligningene (6a) og (6b) er systemet spesifisert som om det er symmetri i spillover-lagene. Det trenger verken å være symmetri i lagene til spillover-effektene eller til de direkte effektene.

betydning for produktivetsutviklingen i den andre næringen. I test (iii) tester vi for om FoU-innsatsen i både skipsbygging og utenriks skipsfart simultant ikke har betydning på produktivetsutviklingen i de to respektive næringene.

En variasjon av system som i ligningene (7a) og (7b) ble også estimert hvor totale FoU-investeringer ble erstattet med henholdsvis interne og eksterne FoU-investeringer. Resultatene fra disse estimeringene er utelatt da disse ikke ga ytterligere innsikt.

I tillegg til spesifikasjonene som er skissert over, ble det også forsøkt å legge til tall for forsknings- og utviklingsaktivitet ved Norsk marinteknisk forskningsinstitutt, Fakultet for marin teknikk ved NTNU og Avdeling for maritim utdanning ved Høgskolen i Vestfold. Antakelig som følge av få observasjoner og liten variasjon i dataene for perioden hvor det finnes estimater for TFP, var det liten styrke i resultatene av estimeringene hvor Marintek ble inkludert. Det var videre svært liten styrke i resultatene hvor modellene ble estimert med årsverk i stedet for FoU-investeringer eller FoU-intensitet. En mulig grunn for de svake estimatene er mulig multikolaritet som følge av sterk korrelasjon mellom FoU-utgifter i Marintek og i 611.

## 4 Resultater

I estimeringen av modellene beveget vi oss stegvis fra den enkleste og knappest spesifiserte modellen over til mer generelle spesifikasjoner. Tabell 4 viser resultatene fra den mest grunnleggende modellen (lign. 4) og fra den grunnleggende modellen hvor det blir korrigeret for konjunkturelle variasjoner og endring i graden av ressursutnyttelse (lign. 5). Begge er estimert med ett års lag på egen FoU-intensitet. Med formuleringen fra ligning (4) gir estimering ingen signifikante resultater verken for skipsbygging (351) eller utenriks sjøfart (611).

**Tabell 4:** Resultater fra de enkleste modellene (ligningene 4 og 5) med ett lag på egen FoU-intensitet

	Skipsbygging (351)		Utenriks sjøfart (611)	
	$kTFP^{351}$	$kTFP^{351}$	$kTFP^{611}$	$kTFP^{611}$
$\beta_0$ - trend	−.009454 (.0172)	−.05090** (.0198)	.02640 (.0205)	−.06169** (.0266)
$\beta_1$ - FoU	1.076 (1.07)	2.177** (.921)	−7.540 (9.43)	8.091 (7.47)
$\beta_2$ - dBNP		.7892** (.277)		1.867*** (.484)
$R^2$	.08	.49	.05	.62

Standardavvik i parentes

I modellen hvor det korrigeres for endring i BNP er resultatene sterkere. For skipsbygging (351) er alle estimatene signifikant forskjellige fra null på 5%-nivå og positive, noe som indikerer økt produktivitet som følge av FoU. Estimatet for trend i relativ endring av TFP er negativ, mens estimatene for både avkastningen av egen FoU og betydningen av endring i BNP er positive. For utenriks sjøfart (611) er ikke estimatene like sterke som for skipsbygging (351). Det er også her tegn på negativ trend og positiv effekt av egen FoU og av konjunktursvingninger. Det er imidlertid kun estimatet for effekten av endring i BNP som er signifikant forskjellig fra null på 5%-nivå. Verken trend eller effekt av egen FoU er signifikante på 10%-nivå. Generelt ser vi at  $R^2$  er lav for modellen uten  $dBNP$ .<sup>7</sup>

I tabell 5 er resultatene fra estimeringen av våre mest generelle modeller (6 og 7) gjengitt. Disse modellene er konsistente med akseptert teoretisk grunnlag og med vanlige antakelser om lag-struktur (se f.eks. Griliches, 1998). Modellen ble estimert med ett års lag på egen FoU og to års lag på andres FoU. Også intuitivt er det god grunn til denne strukturen. Virkning av egen FoU vil ikke umiddelbart kunne måles i form av endret produktivitet som følge av at det tar tid å implementere resultater fra forskning og utvikling i produksjonsprosessen. For FoU utført i andre næringer er det grunn til å tro at diffusjonen av ny kunnskap tar enda lengre tid.

Estimert på grunnlag av ligningssystem (6), er resultatene svake og forklaringsgraden lav. Når vi tar hensyn til konjunktursyklusen i ligningssystem (7), er imidlertid resultatene betydelig sterkere. For begge næringene er estimatene for trend-endring i TFP negative og for effekt av endring i BNP positive. Estimatene for effekt av forskning og utvikling i både i egen og den andre næringen er positive både for skipsbygging og for utenriks sjøfart, men disse estimatene er imidlertid ikke signifikante innenfor standard konfidensintervaller. Nærmest er effekten på total faktorproduktivitet i skipsbygging (351) som er signifikant på et 11% nivå.

Estimatene for trend og effekt av endring i BNP i skipsbygging (351) og for effekt av endring i BNP i utenriks sjøfart (611) er alle signifikante på 1% nivå. Estimatet for trend i 611 er signifikant på 5% nivå. Selv om vi får positive parametre, finnes det ikke klare tegn til positive krysseffekter; altså at FoU i skipsbygging bidrar til produktivitetsvekst i utenriks sjøfart og vice versa.

Resultatene fra de sammensatte testene ga verken signifikante resultater for egeneffekt eller krysseffekt av FoU på produktiviteten i de to næringene. Totaleffekten av forskning og utvikling på produktiviteten i utenriks sjøfart (611)

<sup>7</sup>For å fjerne eventuell næringsspesifikk effekt korrelert med FoU-nivået benyttet vi også differanseform med og uten korreksjon for aktivitetsnivået

$$kTFP_t^i = \beta_0 + \beta_1 \left( \left( \frac{FoU}{X} \right)_\tau^i - \left( \frac{FoU}{X} \right)_{\tau-1}^i \right) + \beta_2 dBNP_t, \quad (8)$$

hvor  $i$  er skipsbygging (351) eller utenriks sjøfart (611) og  $\tau = t$  eller  $t - 1$ . De økonometriske resultatene ga imidlertid liten støtte til en slik formulering.

**Tabell 5:** SUR-estimer på grunnlag av systemoppsettene i (6) og (7).

	Systemet 6a og 6b		Systemet 7a og 7b	
	$kTFP^{351}$	$kTFP^{611}$	$kTFP^{351}$	$kTFP^{611}$
$\beta_0^{351}$ - trend	-.008665 (.0187)		-.06487*** (.0208)	
$\beta_1^{351}$ - FoU 351 (ett lag)	1.463 (1.38)		1.627 (1.016)	
$\beta_2^{351}$ - FoU 611 (to lag)	-.8472 (2.83)		2.413 (2.14)	
$\beta_3^{351}$ - dBNP			.8936*** (.260)	
$\beta_0^{611}$ - trend		.02419 (.0251)		-.06148** (.0263)
$\beta_1^{611}$ - FoU 611 (ett lag)		-3.924 (10.8)		4.550 (8.02)
$\beta_2^{611}$ - FoU 351 (to lag)		-1.542 (7.53)		2.300 (4.85)
$\beta_3^{611}$				1.810*** (.447)
$R^2$	.07	.05	.52	.62

Standardavvik i parentes

Tester det mest spesifiserte systemet(7):

Effekt av egen FoU (egeneffekt):  $\beta_1^{351} = \beta_1^{611} = 0$ ;  $\chi^2(2) = 2.79$ ,  $\text{pr} > \chi^2 = 0.2481$

Effekt av andres FoU (samvirkeeff.):  $\beta_2^{351} = \beta_2^{611} = 0$ ;  $\chi^2(2) = 1.63$ ,  $\text{pr} > \chi^2 = 0.4417$

Effekt av FoU på TFP i 351:  $\beta_1^{351} = \beta_2^{351} = 0$ ;  $\chi^2(2) = 8.68$ ,  $\text{pr} > \chi^2 = 0.0130$

Effekt av FoU på TFP i 611:  $\beta_1^{611} = \beta_2^{611} = 0$ ;  $\chi^2(2) = 1.10$ ,  $\text{pr} > \chi^2 = 0.5772$



ga heller ikke signifikante resultater. De samlede investeringene i FoU i de to næringene har imidlertid en klart positiv og signifikant effekt på produktiviteten i skipsbygging (351) og  $H_0$  kan forkastes på 1% nivå.

## 5 Konklusjon

Med utgangspunkt i et relativt kort datasett med enkelte klare svakheter har vi analysert betydningen av forskning og utvikling for produktivitetens utviklingen i de to viktigste maritime næringene, skipsbygging og utenriks sjøfart. Vi startet med en deskriptiv analyse der vi allerede slo fast at FoU-investeringer spilte en større rolle i skipsbygging enn i utenriks sjøfart. Vi har så beveget oss fra en enkel økonometrisk modell hvor vi isolert målte effekten av FoU i egen næring til en mer generell modell hvor det ble åpnet for samvirkegevinster av FoU mellom de to beslektede næringene.

De økonometriske resultatene påviste klare tegn på positiv betydning av FoU for produktivitetens veksten i skipsbygging. Spesielt fant vi at vi ikke kunne forkaste hypotesen om at total FoU-innsats utført innen begge næringer ikke har hatt betydning for produktivitetens veksten i skipsbygging. Ved å se på enkeltparametre fant vi imidlertid kun en “nesten” signifikant positiv effekt av skipsbyggingsindustriens egen FoU. For FoU utført av utenriks sjøfart fikk vi koeffisienter som antydte en positiv effekt på produktivitetens utviklingen i skipsbygging, men fant ikke disse koeffisientene signifikant forskjellig fra null. For produktivitetens utviklingen i utenriks sjøfart klarte vi ikke å påvise noen klar effekt verken av egen eller andres forskning og utvikling.

FoU-intensiteten i skipsbygging er for perioden vi undersøker nesten 10 ganger høyere enn innen utenriks sjøfart. Den har også mye lavere relativ variasjon, noe som antyder at FoU er en fastere del av skipsbyggingsindustriens strategi, og dermed også mer viktig. Innen utenriks sjøfart antyder den betydelig lavere og mer variable FoU-intensiteten en mindre fast strategi med hensyn til FoU. At vi økonometrisk finner at FoU har signifikant betydning bare for produktivitetens utviklingen i skipsbygging er derfor et rimelig resultat.

Når vi finner positive, men ikke signifikante effekter av FoU på utenriks sjøfarts produktivitetens utvikling, kan dette også forklares med ulik evne til å nyttiggjøre seg FoU. Skipsbygging har med sin vesentlig høyere FoU-intensitet bedre muligheter til å nyttiggjøre seg egen FoU så vel som andres FoU.

Det er også interessant å se at selv om effekten av den andre næringens forskning og utvikling later til å være mindre enn effekten av egen FoU målt med enkeltparametre, kan vi for skipsbygging kun forkaste null hypotesen om ingen effekt når vi ser på samlet FoU i de to næringene. For enkeltparametre kan vi ikke forkaste null-hypotesen om ingen effekt av FoU på et 10% nivå, mens vi kan forkaste null-hypotesen for den samlede FoU-effekten på et 1% nivå.

For utenriks sjøfart tyder verken estimatene fra systemet eller estimatene

fra enkeltligningene på at forskning og utvikling har hatt noen klar effekt på produktivitetsutviklingen. Når vi for skipsbygging sammenholder resultatene fra enkeltligningene og systemet, tyder disse på at maritim FoU har hatt betydning for næringens produktivitetsutvikling. Analysene våre antyder imidlertid at det er FoU i egen næring snarere enn samlet FoU i den maritime sektor som har vært avgjørende for produktivitetsutviklingen i skipsbygging.

## Referanser

- Bergan, R. (1991). "Det maritime miljøet i Norge. En analyse av avhengigheten mellom de enkelte bransjene," Rapport 18/90, ECON.
- Griliches, Z. (1992). "The search for R&D spillovers," *Scandinavian Journal of Economics* **94**, S29–47, Supplement.
- Griliches, Z. (1995). "R&D and productivity: Econometric results and measurement issues," i *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change* (redigert av Stoneman, P.), Blackwell Handbooks of Economics, ss. 52–89, Blackwell Publishers.
- Griliches, Z. (1998). *R&D and productivity: the econometric evidence*, NBER monograph, University of Chicago Press, Chicago.
- Klette, T. J., J. Møen og Z. Griliches (1999). "Do subsidies to commercial R&D reduce market failures? Microeconomic evaluation studies," Working paper 16/99, NHH, forthcoming in "The economics of technology policy", a special issue of *Research Policy*.
- Knarvik, K. H. M. og F. Steen (1997). "Self-reinforcing agglomerations? An empirical study of the Norwegian maritime industry," Report 57/97, SNF.
- Knarvik, K. H. M. og F. Steen (1998). "Samvirkegevinster i maritim sektor?" *Sosialøkonomen* **52**(2), 22–28.
- Knarvik, K. H. M. og F. Steen (1999). "Self-reinforcing agglomerations? An empirical industry study," *Scandinavian Journal of Economics* **101**(4), 515–532.
- Paus, E. og A. H. Steen (1992). "I samme båt? Det norske maritime miljøet," Rapport 135, FAFO.
- Reve, T., T. Lensberg og K. Grønhaug (1992). *Et konkurransedyktig Norge*, Tano.