

Masteroppgave for 2-årig mastergrad i Samfunnsøkonomi

---

# Total Faktorproduktivitet

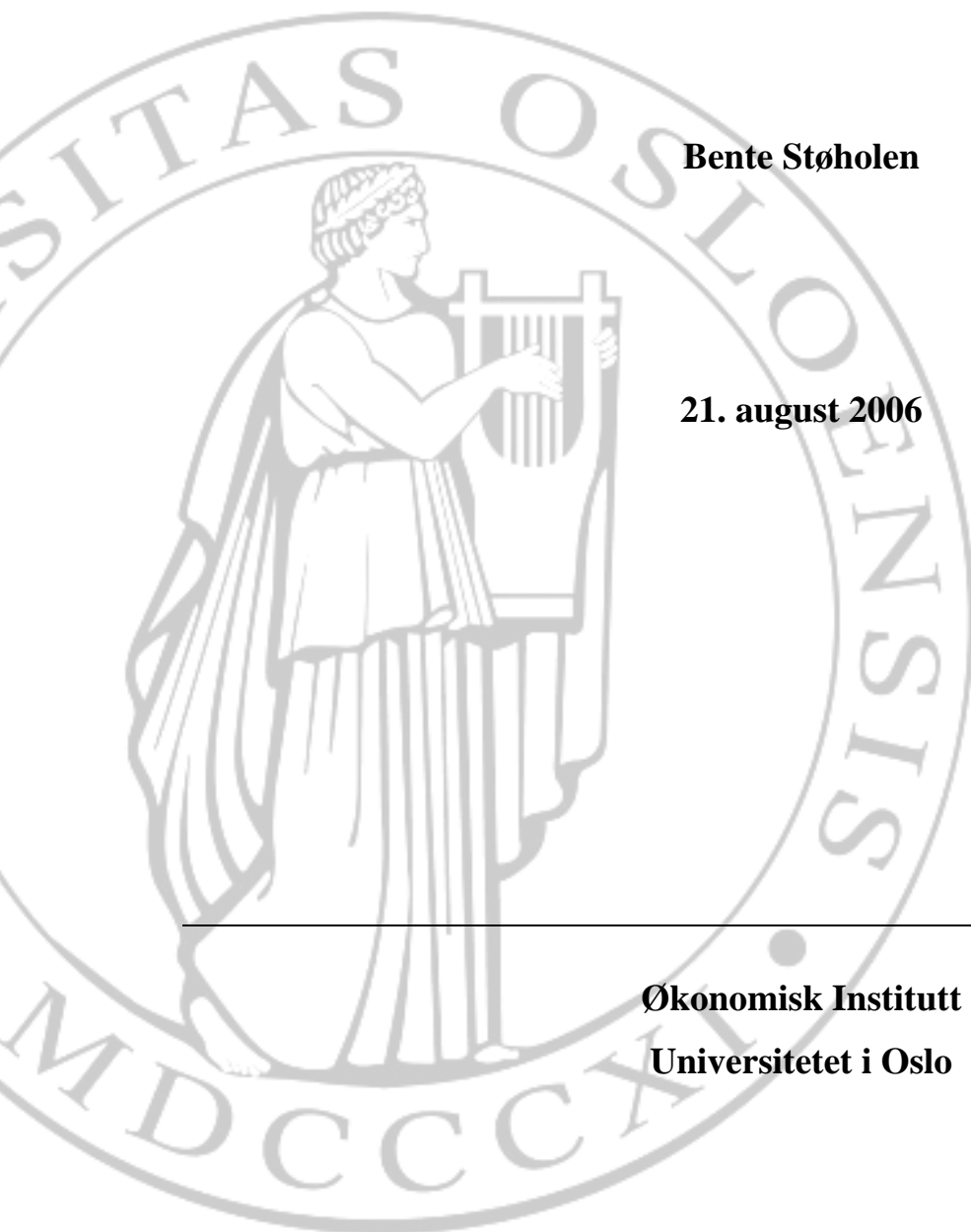
*Målemetoder og samvariasjon med makroøkonomiske variabler*

**Bente Støhlen**

**21. august 2006**

---

**Økonomisk Institutt  
Universitetet i Oslo**



## **Forord**

Denne oppgaven er en avsluttende masteroppgave i den 2-årige Mastergraden i Samfunnsøkonomi ved Universitetet i Oslo. Ideen til oppgaven fikk jeg mens jeg i min studentassistentstilling i Norges Bank jobbet med beregning av kapasitetsutnyttelse og arbeidsproduktivitet. Det slo meg hvor forskjellig estimat for teknologisk utvikling og produktivitet man vil få ved å benytte forskjellige metoder. Jeg ville derfor bruke min masteroppgave til å undersøke om forskjellige metoder ved beregning av produktivitet også kan gi forskjellig empirisk samvariasjon mellom produktivitet og sentrale økonomiske indikatorer. Sentrale resultater fra oppgaven planlegges videreført til artikkel i Penger og Kreditt eller Staff Memo utgitt av Norges Bank til høsten.

Jeg vil takke veileder Espen Henriksen og økonomikonsulent i Norges Bank Johan Røstøen for god veiledning gjennom vår og sommer 2006.

Oslo 21. august 2006,

Bente Støholen

# Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	1
1. Innledning.....	4
2. Teori.....	6
2.1 TFP-vekst beregnet som Solow-residualen.....	7
2.2 Solow-residualen justert for variabel grad av kapasitetsutnyttning.....	13
2.3 Solow-residualen justert for økt bruk av informasjonsteknologi.....	16
3. Estimering av fire forskjellige mål på total faktorproduktivitet.....	20
3.1 Solow-residualen med data fra nasjonalregnskapet.....	21
3.1.1 Solow-residualen beregnet med bruttoproduktall.....	21
3.1.2 Solow-residualen beregnet med produksjonstall.....	24
3.2 Solow-residualen justert for kapasitetsutnyttelse.....	25
3.3 Solow-residualen justert for utviklingen i informasjonsteknologi.....	27
4. Hvordan samvarierer forskjellige mål på TFP med sentrale makroøkonomiske variabler over konjunktursyklene?.....	31
4.1 Korrelasjonsmatrisene.....	32
4.2 Diskusjon av de empiriske korrelasjonene – sammenligning med teori, tidligere undersøkelser og utenlandsk empiri.....	40
4.2.1 TFP og BNP – Er produktivitet prosyklisk eller asyklisk med konjunktursyklene?.....	41
4.2.2 TFP og arbeidsproduktivitet.....	45
4.2.3 TFP, investering, privat og offentlig konsum.....	46
4.2.4 TFP, import og eksport.....	47
4.2.5 TFP, pengemengden og kreditt.....	48
4.2.6 TFP og konsumpriser.....	50
5. Konklusjon.....	52
Referanser.....	55
Vedlegg.....	57
V.1 Tallserier brukt:.....	57
V.1.1 TFP basert på bruttoproduksjonstall:.....	57
V.1.2 TFP basert på produksjonstall:.....	58
V.1.3 TFP justert for varierende kapasitetsutnyttingsgrad:.....	60
V.1.4 Korrelasjonsmatriser:.....	60
V.2 Beregning av trend ved Hodrick Prescott-filteret.....	62
V.3 Sesongjustering med X-12 ARIMA-prosess.....	63
V.4 Gjennomsnittlige vekstrater VICS 8 OECD land.....	64

## Sammendrag

Total faktorproduktivitet (TFP) defineres som økonomisk vekst som ikke skyldes vekst i innstatsfaktorene arbeidskraft, kapital og innsatsvarer. Siden total faktorproduktivitet ikke kan observeres direkte beregnes den som en residual mellom produksjonen og innsatsfaktorene, av den grunn også kalt Solow-residualen. Veksten i total faktorproduktivitet vil variere avhengig av hvordan man måler produksjon, arbeidskraft og kapital. TFP beregnes vanligvis som Solow-residualen basert på bruttoproduktall. I tillegg til denne har jeg estimert tre alternative mål på total faktorproduktivitet: Solow-residualen basert på produksjonstall, Solow-residualen justert for variabel kapasitetsutnyttelse og Solowresidualen justert for informasjonsteknologi. Oppgaven tar for seg 1) fire forskjellige måter å måle total faktorproduktivitet på og 2) hvordan disse målene samvarierer med sentrale makroøkonomiske størrelser som BNP, konsum, investering, kapital, sysselsetting, lønn, konsumpriser, kreditt og pengemengden.

Den økonomiske aktiviteten i en økonomi kan måles ved å bruke produksjon eller bruttoproduktet. Brutttoproduktet er produksjonen fratrukket innsatsvarer. Solow-residualen basert på produksjonstall og bruttoproduktall gir samme sykliske mønster, kun med forskjellig nivå. TFP-vekst basert på produksjonstall gir gjennomgående lavere vekst i absoluttverdi enn beregningene på bruttoproduktall. Årsaken til dette skyldes ikke en skjevhet i estimeringen, men gjenspeiler når de bør brukes. Produktivitetsberegninger basert på bruttoproduktall er representativt for aggregerte sektorer og aggregert for hele økonomien, mens beregninger basert på produksjonstall gjenspeiler produktivitetsvekst i enkeltindustrier og enkeltbedrifter. Siden TFP målt ved produksjon og bruttoproduktall viser det samme sykliske mønsteret, vil TFP målt på disse to måtene gi lik korrelasjon med de makroøkonomiske variablene.

Kapitalmengden i en økonomi varierer lite med aktivitetsnivået i økonomien. Mens antall arbeidstimer kan justeres enkelt ved bruk av overtid, korttidsansatte og permitteringer, er det vanskelig for en bedrift å justere kapitalmengden etter bruk. Det er kostbart å investere i varig driftskapital i oppgangstider for så å selge det i nedgangstider, med det resultatet at kapitalmengden har en stabil utvikling over en tidsperiode. I produktivitetsberegninger bør derfor kapitalmengden justeres for hvor intensivt den blir brukt. Mer intensiv bruk av

kapitalen bør gjenspeiles som vekst i kapitalen og ikke som vekst i TFP. Ved å justere kapitalmengden for variabel kapasitetsutnyttelse finner jeg et mer syklisk mønster i kapitalintensiteten og noe mindre volatil TFP-vekst. Denne type justering endrer lite på nivået og langsiktige trender på produktivitetsveksten, men korrelasjonsmatrisene viser at kortsiktige produktivitetssyklus påvirkes i stor grad. TFP målt på denne måten viser forskjellig korrelasjonsmønster med de makroøkonomiske variablene enn de andre tre TFP-målene.

Undersøkelser på utenlandsk data viser at høy vekst i arbeidsproduktiviteten på 90-tallet kan spores til økt bruk av informasjonsteknologi i produksjonen. Vanlig måte å beregne kapitalmengden på tar ikke hensyn til økt bruk av informasjonsteknologi. En alternativ målemetode for kapital er VICS (Volume Index of Capital Services) som måler nytten kapitalen genererer fremfor hvor mye kapital som finnes i økonomien. Denne serien justerer indirekte produktivitetsveksten for informasjonsteknologi. VICS kan ikke beregnes nøyaktig for Norge da det ikke finnes tilstrekkelig data. Jeg har imidlertid beregnet en tilnærmet serie basert på andre lands vekstrater i VICS. Resultatene jeg får indikerer at VICS påvirker TFP i nivå og langsiktige trender, men påvirker ikke kortsiktige syklus i stor grad. Solow-residualen justert for IT vil dermed vise lik korrelasjon med makroøkonomiske variabler som original Solow-residual.

Beregnet korrelasjon mellom makroøkonomiske variabler og total faktorproduktivitet viser at:

- Total faktorproduktivitet er prosyklisk med BNP og leder konjunktursyklusen med omtrent ett år. Justert for kapasitetsutnyttelse er total faktorproduktivitet fortsatt prosyklisk, men korrelasjonen er mindre sterk.
- Privat konsum, bruttoinvestering og import er positivt korrelert med og lagger TFP med omtrent fire kvartaler. TFP justert for kapasitetsutnyttelse er fortsatt positivt korrelert med privat konsum, og privat konsum synes nå å lagge TFP med ett kvartal. Bruttoinvestering og import er lavt korrelert med TFP justert for kapasitetsutnyttelse.
- Offentlig konsum virker ukorrelert med TFP.
- Eksport er positivt korrelert med og leder TFP med omtrent to kvartaler.

- Konsumprisindeksen (KPI) og kreditt er negativt korrelert med TFP. KPI lagger produktiviteten med to kvartaler, mens kreditt leder TFP med omtrent ett år.
- TFP-beregninger på årstall viser gjennomgående høyere korrelasjon enn tilsvarende beregninger på kvartalstall.

Korrelasjonsmønsteret med BNP, investeringer, privat konsum, offentlig konsum og import er omtrent som forventet ut fra økonomisk teori. Korrelasjonsmønsteret for eksport og KPI er konsistent med tidligere norske studier og studier fra andre land, men er like fullt noe overraskende og ikke umiddelbart konsistent med økonomisk teori. Verdt å merke seg er også hvordan korrelasjonsmønsteret med BNP nær forsvinner når TFP-estimatet er justert for kapasitetsutnyttelse.

## 1. Innledning

Total faktorproduktivitet defineres som den veksten i produksjonen som ikke skyldes vekst i innsatsfaktorene arbeidskraft, kapital og innsatsvarer. Siden veksten i total faktorproduktivitet måler hvor mye av produksjonsveksten som ikke kan tilskrives økt bruk av ressurser, vil den derfor være et mål på den underliggende teknologiske veksten i samfunnet. Total faktorproduktivitet kan måles på utallige måter avhengig av hvilke statistikk-kilder man tar utgangspunkt i og hvilke mål på innsatsfaktorene arbeidskraftsinnsats og kapitalinnsats man bruker. Noen av metodene gir svært forskjellige resultater.

I denne oppgaven vil jeg se på 1) gitt forskjellige mål på innsatsfaktorene hvordan endres målt produktivitet og 2) hvordan disse målene samvarierer med sentrale makroøkonomiske størrelser som BNP, konsum, investering, kapital, sysselsetting, lønn, konsumpriser, kreditt og pengemengden over en periode. Jeg har valgt å estimere fire forskjellige mål på total faktorproduktivitet og se hvordan alle disse samvarierer med makrostørrelsene.

Teknologisk vekst kan ikke måles direkte, men den har likevel hatt en viktig rolle i økonomiske modeller gjennom tidene. Da Solow publiserte sin standard modell for økonomisk vekst i 1956, la han ingen vekt på teknologisk utvikling som en årsak til økonomisk fremgang. Økonomisk vekst var i denne modellen en direkte effekt av sparing og investering, nivået på teknologien var gitt som en konstant parameter. Året etter (Solow, 1957) kom Solow imidlertid med en ny artikkel hvor fokuset var på teknologi og produktivitet. Han definerte her teknologisk vekst som ethvert skift i produktfunksjonen som ikke kunne forklares ved endring i de to innsatsfaktorene arbeidskraft og kapital, altså en residualparameter. Senere har denne parameteren fått navnet Solow-residualen og kalles også total faktorproduktivitet, forkortet med TFP. Lucas, Kydland og Prescott førte denne ideen videre til konjunkturteoriene, hvor de viste at teknologisjokk kunne redgjøre for ca 70 prosent av konjunktursvingningene.

Total faktorproduktivitet er altså delen av økonomisk vekst som ikke skyldes vekst i innsatsfaktorene. Etersom den ikke kan observeres direkte må veksten i total faktorproduktivitet måles som veksten i BNP fratrukket veksten i arbeidskraft og kapital. Og det er her usikkerhetsmomentene kommer inn: Hvordan måles kapital, arbeidskraft og

produksjon? Hvilken produksjonsfunksjon legger man til grunn for beregningene? Hvilke statistiske kilder henter man data fra? Alle disse momentene vil påvirke residualen på sin måte, slik at det ikke finnes et bestemt perfekt mål på total faktorproduktivitet, det finnes utallige.

Den mest vanlige måten å måle total faktorproduktivitet på er å estimere Solow-residualen basert på nasjonale statistikk-kilder, både basert på bruttoproduktall og produksjonstall. Jeg har i tillegg sett på måter Solow-residualen kan justeres. Jeg har justert residualen for kapasitetsutnyttelsen i økonomien, samt å bruke veksten i nytten kapitalen genererer fremfor selve kapitalbeholdningen.

Flere økonomer har undersøkt samvariasjonen mellom BNP og andre økonomiske variabler. Kydland & Prescott (1990) har gjort dette på amerikanske data, Sustek (2006) på britiske data og Bjørnland (2000) og Husebø og Wilhelmsen (2005) på norske data. Utenlandske undersøkelser indikerer at produktivitet er prosyklisk med BNP. Bjørnland (2000) fant tilsvarende resultater på norske data, mens Husebø og Wilhelmsen (2005) finner beviser for at produktivitet i Norge er asyklisk. Jeg finner at arbeidsproduktivitet har gått fra å være prosyklisk på 70- og 80-tallet for så å vise kontrasykliske tendenser de siste ti årene. Total faktorproduktivitet derimot er prosyklisk med TFP uavhengig av hvilket av de fire TFP-målene jeg benytter. Det er gjort få undersøkelser på korrelasjon mellom produktivitet og andre makroøkonomiske variabler enn BNP.

Oppgaven er inndelt i tre hoveddeler. I kapittel 2 etableres teorien bak total faktorproduktivitet og metoder for justering av det tradisjonelle målet Solow-residualen. I kapittel 3 beregnes fire forskjellige mål på total faktorproduktivitet. Dette kapittelet vil også drøfte de forskjellige produktivetsmålenes utvikling over tidsperioden. Kapittel 4 presenterer korrelasjonsmatrisene og drøfter den empiriske samvariasjonen mellom de fire forskjellige TFP-målene og sentrale makrovariabler. Først diskuteres forskjeller i korrelasjonsmønsteret mellom de ulike måtene å måle produktivitet på. Deretter går jeg grundigere inn på enkelte makroøkonomiske størrelser som er av spesiell interesse og/eller som har vært mye diskutert i fagmiljøene. I kapittel 5 presenteres konklusjonene. Dataprogram brukt i denne oppgaven er Microsoft Excel, GiveWin, PcGive og OX-ARIMA.



## 2. Teori

Langsiktig økonomisk vekst kan ifølge teorien tilskrives tre kilder: vekst i arbeidskraftsinnsats, vekst i kapitalinnsats eller vekst i total faktorproduktivitet. Vekst i arbeidskrafts- og kapitalinnsats skyldes økningen i mengde og/eller kvalitet av henholdsvis arbeidskraft og kapital. Vekst i total faktorproduktivitet skyldes derimot produksjonsbedriftenes teknologiske eller organisatoriske forbedringer, samt helhetlig samfunnsøkonomisk teknologisk utvikling. Siden TFP-veksten måler hvor mye av produksjonsveksten som ikke kan tilskrives økt bruk av ressurser, vil den derfor være et mål den underliggende teknologiske veksten i samfunnet. Faktorer som økt kunnskap og utdanning, læringskurven, forskning og utvikling, bedret infrastruktur og innovasjon vil kunne bidra til økt produktivitet i samfunnet. TFP-veksten kalles overordnet produktivitetsvekst fordi den ikke kan knyttes opp til vekst i en spesiell fysisk produksjonsfaktor.

Det er lenge vært kjent i økonomiske fagmiljø at det er avgjørende å måle innsatsfaktorene arbeidskraft og kapital korrekt for å få et best mulig mål på teknologiveksten. Groth, Gutierrez-Domeneck og Srinivasan (2004) estimerer i sin artikkel forskjellige mål for TFP og finner store forskjeller mellom målene. Solow (1957) var opptatt av å måle kapital riktig. Fernald, Basu (1998, 2001), Jorgensen og Stiroch (1999) har på amerikanske data undersøkt effekter av konjunktursykler og IT. Oulton og Srinivasan (2003) har gjort tilsvarende på engelske data. Jo mer detaljert man kan måle produksjon og ressursinnsats, jo mer nøyaktig blir TFP som et mål på teknologisk utvikling. Det er viktig at TFP-veksten ikke påvirkes av faktorer som influerer bruken av innsatsfaktorene, som økt kapasitetsutnyttning, stordriftsfordeler eller bruk av uspesifiserte innsatsfaktorer.

Arbeidsproduktivitet defineres som antall produserte enheter per timerverk. Dette produktivitetsmålet er svært enkelt å beregne, og blir derfor ofte brukt i analyser av økonomiens produktivitetsvekst. Arbeidsproduktiviteten er imidlertid ikke et godt mål på teknologisk utvikling da *"arbeidskraften kan bli mer produktiv ved at den utstyres med mer realkapital og produktinnsats. Ensidig satsing på vekst i arbeidskraftsproduktiviteten, uten hensyn til hva som er lønnsomt, innebærer at arbeidskraftsproduktiviteten kjøpes i form av desto lavere produktivitet for kapital og produktinnsats, med generell ineffektivitet som*

*resultat.*” (Økonomisk utsyn, Økonomiske analyser 1-2005, SSB) TFP-veksten kan heller ikke beregne den ”sanne” teknologiske veksten, men er det teoretiske konseptet som er nærmest idealet. Poenget med denne oppgaven er ikke å finne det ”beste målet” på total faktorproduktivitet, men å se forskjellen på ulike mål, og hvordan dette påvirker empiriske sammenhenger mellom produktivitetsmålet og andre størrelser produktivitet vanligvis settes i økonomisk sammenheng med.

## 2.1 TFP-vekst beregnet som Solow-residualen

Solow-residualen er standardmålet på total faktorproduktivitetsvekst. Den er enkel å beregne og tar utgangspunkt i en standard klassisk produksjonsfunksjon:

$$1) Y_t = A_t F_t(K_t, L_t, M_t)$$

hvor Y er aggregert bruttoproduksjon i faste priser. Produksjonen omfatter varer og tjenester som er produsert innenfor en bedrift og som gjøres tilgjengelig for salg utenfor produksjonsbedriften til andre bedrifter eller til privatkonsumenter. K er kapital i faste priser, L er arbeidskraft (antall timeverk), M er innsatsvarer i faste priser og A viser endring i produksjonen som ikke skyldes de tre nevnte innsatsfaktorene. Alternativt kan vi skrive produktfunksjonen slik:

$$2) V_t = A_t F_t(K_t, L_t)$$

hvor V er aggregert bruttonasjonalprodukt i faste priser. Bruttoproduktet defineres som aggregert produksjon trukket fra total bruk av innsatsvarer, altså et nettoproduksjonsbegrep. På engelsk kalles bruttoproduktet ”value added”, som henspiller til at det er den aggregerte merverdiskapningen vi beregner, hva bedriften skaper/produserer ekstra i forhold til hva de har kjøpt inn av innsatsvarer som råvarer, ferdigvarer og halvfabrikatvarer.

A er total faktorproduktivitet, og vil i denne sammenheng betegne ethvert skift i produktfunksjonen, fremfor bevegelse langs funksjonen som representeres ved endring i K og L. TFP vil dermed være et mål på overordnet teknologiske forandringer i økonomien. TFP

kan variere med tid, og skal dermed betegnes med fotskrift  $t$ . Det antas at denne funksjonsformen er Hicks-nøytral. Det betyr at endret total faktorproduktivitet ikke påvirker den optimale bruken av innsatsfaktorene kapital eller arbeidskraft. Det er også normalt å anta at  $F$  er homogen av grad  $\alpha$ , dvs at funksjonen har konstant skalautbytte. Med konstant skalautbytte menes at faktorene blir betalt med marginalproduktet. Så lenge teknologien er Hicks-nøytral, vil skift i produksjonsfunksjonen være lik skift i produktivetsparameteren  $A$ .

Vi kan ikke observere produktivetsveksten eller teknologiske endringer i samfunnet direkte. Den kan derimot indirekte måles som differansen mellom vekstraten til produksjonen og vekstraten til innsatsfaktorene. Vi må derfor log-linearisere produksjonsfunksjonene og ta første differansen av disse. Vi får da følgende relasjoner:

$$3) d \ln Y_t = d \ln A_t + d \ln F_t(K_t, L_t, M_t)$$

$$4) d \ln V_t = d \ln A_t + d \ln F_t(K_t, L_t)$$

Solow-residualen defineres som den veksten i produksjonen som ikke kan forklares med veksten i primærfaktorene kapital, arbeidskraft og innsatsvarer. Solow-residualen er dermed gitt som:

$$5) TFP\text{-vekst} = d \ln A_t = d \ln Y_t - d \ln F_t(K_t, L_t, M_t) = d \ln V_t - d \ln F_t(K_t, L_t)$$

TFP-veksten vil være positiv så lenge vekstraten til produksjonen overskrider vekstraten til innsatsvarene. Det er her viktig å understreke at dette er en residual, ikke et nøyaktig mål på underliggende produktivetsvekst. Avhengig av hva vi legger inn i modellen som produksjon og innsatsfaktorer, samt hvilken funksjonsform vi velger å benytte oss av, vil estimatet på TFP-veksten komme ut med forskjellig resultat.

La oss anta at vi har en Cobb-Douglas produktfunksjon med antakelsene nevnt over.

$$6) Y_t = A_t K_t^{\alpha_K} L_t^{\alpha_L} M_t^{(1-\alpha_K-\alpha_L)}$$

$$7) V_t = A_t K_t^{(1-\alpha_L)} L_t^{\alpha_L}$$

hvor  $\alpha_L$  er (et glidende gjennomsnitt av) lønnsutbetalingens andel av produksjonsverdien/bruttoproduktverdien, beregnet ved:

$$8) \alpha_{L_t} = \frac{1}{2} \left( \frac{W_t L_t}{P Y_t} \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{W_{t-1} L_{t-1}}{P Y_{t-1}} \right) \quad \text{eller} \quad \alpha_{L_t} = \frac{1}{2} \left( \frac{W_t L_t}{P V_t} \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{W_{t-1} L_{t-1}}{P V_{t-1}} \right),$$

avhengig om man benytter data for produksjonen eller bruttoproduktet.  $W$  er lønnsnivå per arbeidstime,  $L_V$  og  $L_Y$  er henholdsvis bruttoproduktet og produksjonen i løpende priser. Merk at  $\alpha_L$  kan variere over tid og bør derfor betegnes med fotskrift  $t$ . TFP-veksten basert på produksjonstall kan dermed beregnes som:

$$9) TFP - vekst_t = d \ln A_t = d \ln Y_t - \alpha_{K_t} d \ln K_t - \alpha_{L_t} d \ln L_t - (1 - \alpha_{K_t} - \alpha_{L_t}) d \ln M_t$$

Og basert på bruttoproduktall:

$$\begin{aligned} 10) TFP - vekst_t &= d \ln A_t = d \ln V_t - (1 - \alpha_{L_t}) d \ln K_t - \alpha_{L_t} d \ln L_t \\ &= \underbrace{(d \ln V_t - d \ln L_t)}_{\text{Vekst i arbeidsproduktivit}} - \underbrace{(1 - \alpha_{L_t})(d \ln K_t - d \ln L_t)}_{\text{Vekst i bidrag fra kapitalintensitet}} \end{aligned}$$

Det er denne som kalles Solow-residualen. Det er en residual mellom den aggregerte produksjonen i en økonomi og bruk av innsatsfaktorer i økonomien. TFP-veksten basert på bruttoproduktall kan også finnes ved hjelp av følgende ekvivalente tilnæringsformler:

$$11) TFP - vekst_t = \frac{V_t / V_{t-1}}{(L_t / L_{t-1})^{\alpha_{L_t}} (K_t / K_{t-1})^{(1 - \alpha_{L_t})}} - 1$$

$$12) \text{Vekst i KapInt}_t = (1 - \alpha_{L_t}) \left( \frac{K_t / K_{t-1}}{L_t / L_{t-1}} - 1 \right)$$

13) *Arbeidsproduktivitetsvekst = TFP-vekst + Vekst i kapitalintensitet.*

Til nå har relasjonene for TFP basert på produksjonstall og bruttoproduktall blitt etablert hver for seg. Det er en helt klar link mellom Solow-residualen beregnet av produksjonstall og bruttoproduktall, men det er forskjell på når disse to målene bør benyttes. Denne forskjellen går på om vi ønsker å se på produktivitetsutviklingen i en spesifikk næring, eller om vi ønsker å se på utviklingen for økonomien aggregert. Jorgenson og Stiroh (1999) forklarer her hvorfor det er viktig å se på teknologisk utvikling i enkelte sektorer:

*”For the economy as a whole, negative productivity growth in one industry can offset positive productivity growth in another and (...) a measure of productivity based solely on aggregate data is valid only under very stringent conditions. We avoid the limitations of an aggregate measure of productivity by decomposing U.S. growth across industries. By breaking down the U.S. economy into 37 industries, we identify the contribution of each industry to aggregate productivity growth. This enables us to isolate the underlying sources of gains in productivity and provides a better understanding of the forces driving the U.S. economy” (Jorgenson and Stiroh, 1999)*

Industri  $i$ 's produktivitetsvekst er gitt ved:

$$14) d \ln A_i = d \ln Y_i - \alpha_{K_i} d \ln K_i - \alpha_{L_i} d \ln L_i - \alpha_{M_i} d \ln M_i$$

hvor  $Y$  er industriens produksjon og  $M$  er produktinnsats. Produktiviteten i en industri er gitt ved den delen av produksjonsveksten som ikke er forårsaket av vekst i kapitalen, arbeidskraften eller endring i produktinnsatsen. Alfa'ene er innsatsfaktorenes respektive kostnadsandel i forhold til totalt produksjon i økonomien, og vil følgelig summeres opp til 1.

Den aggregerte produktivitetsveksten er som vist over gitt ved:

$$15) d \ln A = d \ln V - (1 - \alpha_L) d \ln K - \alpha_L d \ln L$$

hvor  $V$  er bruttoproduktet, BNP trukket fra vareinnsats. Aggregeringen av produktivitetsveksten skjer på følgende måte:

$$16) d \ln A = \sum_{i=1}^n w_i \cdot d \ln A_i, \quad w_i = \frac{PY_i}{PV}$$

hvor  $A_i$  er industriens produktivitet,  $PY_i$  er produksjonen i løpende kroner i sektor  $i$ , og  $PV$  er den aggregerte merverdien (bruttoproduktet) i løpende kroner.  $w_i$  kalles Domar-veker etter den polsk-amerikanske økonomen Evsey Domar.<sup>1</sup> Domarvektene veker hver industris produktivitsvekst opp til aggregert produktivitsvekst. Merk at vektene ikke summerer til én siden både primærinnsatsvarer og halvfabrikata-varer telles med i industriens produktfunksjon, mens kun merverdien av produksjonen (eksklusive innsatsvarer) tas med i den aggregerte produktfunksjonen.  $PY_i$  beregnes ved å dele bruttoproduksjonen i en industri på BNP for hele økonomien.  $PV$  vil gjennomgående være mindre enn summen av  $PY_i$ . Veksten i  $A$  vil dermed være høyere enn den summerte ikke-vektede veksten i  $A_i$ . Med andre ord vil TFP-veksten basert på aggregerte bruttoproduktall være gjennomgående høyere enn TFP-veksten basert på aggregerte produksjonstall.

*“For the production technology with Hicks neutrality, the gross-output based productivity measure is a valid representation of disembodied (ikke-aggregert, red. B.S.) technical change. This is not the case for the associated value-added based measure which depends also on the share of value added in gross output, and thus on the time paths of inputs, outputs, prices as well as the level of technology in the period under consideration. Rather than technical change itself, the value-added based measure reflects an industry’s capacity to translate technical change into income and into a contribution to final demand.”* (OECD Manual, 2001).

Dette betyr at dersom man skal se på produktivitsutviklingen i enkelte sektorer, bør man ikke bruke TFP-vekst basert på bruttoproduktet, men basert på produksjonstall. Vil vi derimot se på den aggregerte produktivitsveksten i økonomien, bør vi bruke TFP-vekst basert på bruttoproduktall.

Tallserier for bruttoproduktet, kapitalmengden, antall timeverk og lønnskostnader er enkelt å oppdrive. Disse seriene publiseres både på årsbasis og kvartalsbasis hos de fleste

---

<sup>1</sup> Domar var en av de første til å ta opp problemet med aggregering av enkeltindustriens produktivitsvekst i 1961.

statistikkbyråer rundt om i verden. Tall for vareinnsats og kapitalkostnader kan derimot være verre å finne. På grunn av dette kan det være vanskelig å beregne en industris TFP-vekst basert på produksjonstall. Heldigvis finnes det en enklere sammenheng mellom TFP-vekst basert på produksjonstall og bruttoproduktstall. Sammenhengen kan etableres som følger:

$$17) \text{ TFP-vekst basert på produksjonstall i sektor } i = Sva_i * \text{TFP-vekst basert på bruttoproduktstall i sektor } i$$

hvor

$$18) Sva_i (\text{Share of Value Added}) = \frac{PV_i}{PY_i}$$

= Andelen bruttoproduksjon av total produksjon i sektor  $i$

= BNP i løpende priser i sektor  $i$  / Produksjonen i løpende priser i sektor  $i$ .

Man trenger dermed ikke gå innom bruken av Domar-vekter så lenge man har den respektive industriens TFP-vekst beregnet av bruttoproduksjonstall. Også her ser vi at siden BNP-tallet i en industri er lavere enn produksjonstallet, vil Sva-faktoren alltid være mindre enn 1. Dermed vil TFP-veksten basert på produksjonstall systematisk være lavere enn TFP-veksten basert på bruttoproduktstall. Dette avviket representerer som sagt ikke en skjevhet i de to målemetodene, men sier noe om forskjellen på de. Grunnen til at de blir forskjellige kan relateres til vertikal integrering av bedrifter og flyten av halvfabrikata-varer mellom bedriftene.

Tenk deg at økonomien består av to bedrifter som produserer to varer. Bedrift 1 lager en vare 1 som bedrift 2 benytter i sin produksjon av vare 2. Vare 2 blir solgt til sluttbrukerne i økonomien. TFP-veksten i begge bedriftene har vært 1 % det siste året. Betyr dette at den overordnede aggregerte TFP-veksten i økonomien også har vært 1 %? Nei, med denne måten å beregne TFP vil vi underestimere den aggregerte produktivitetsveksten i økonomien. Bedrift 2, som befinner seg på et ”høyere” produksjonsnivå og som benytter bedrift 1’s vare i sin produksjon, vil helt klart tjene på at bedrift 1 blir mer produktive. Selv om bedrift 2 i seg selv ikke er mer produktiv av at bedrift 1 blir mer produktiv, vil den kunne produsere mer dersom bedrift 1 blir mer produktiv, da den kan legge inn mer vareinnsats av vare 1 inn i produktfunksjonen. Jo mer produksjon av vare 1 gitt bedrift 1’s bruk av kapital og arbeidskraft, jo mer kan bedrift 2 legge inn i sin produktfunksjon av innsatsvare 1, og dermed

produsere mer. Produktivitetsveksten i hver sektor alene vil være lik 1 prosent, men overordnet har økonomien som helhet (bedrift 1 og 2 samlet) en høyere produktivitetsvekst enn 1 prosent, siden produktivitetsvekst for bedrift 1 tjener bedrift 2 selv om bedrift 2's produktivitetsvekst ikke øker. Økonomien tjener dermed på at bedrifter på lavere grad har positiv produktivitetsvekst, men dette blir ikke gjenspeilet dersom man kun tar gjennomsnittet av alle bedriftenes produktivitetsvekst. Aggregert TFP-vekst må dermed vektet opp med noe som i sum er større enn 1, slik Domar-vektene gjør, for å kompensere for dette. Aggregert produktivitetsvekst vil av denne grunn systematisk være høyere enn summen av sektorenes produktivitetsvekst. Av dette følger at TFP-vekst basert på produksjonstall, som gjenspeiler enkeltbedrifters og enkeltsektorens produktivitetsvekst, må være lavere enn TFP-veksten basert på bruttoproduktall, som gjenspeiler den aggregerte teknologiveksten.

Da det er Solow-residualen basert på bruttoproduktall som gir den det beste estimatet for den aggregerte produktivitetsveksten i økonomien, vil jeg fortsette å bruke bruttoproduktall på de øvrige metodene der ikke annet er nevnt. OECD-manualen (2001) konkluderer med at produksjonsbasert- og bruttoproduktbasert TFP-vekst er komplementær.

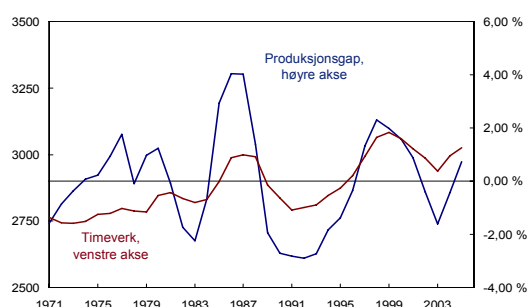
## **2.2 Solow-residualen justert for variabel grad av kapasitetsutnyttning**

Bedriftene bruker kapital og arbeidskraft til ulik effektivitetsgrad avhengig av produksjonspress. Det kan være vanskelig for bedriftene å tilpasse bruken av ressursene nøyaktig til nivået på etterspørselen. Det er også en utfordring å kunne måle ressursutnyttelsen av kapital og arbeidskraft nøyaktig.

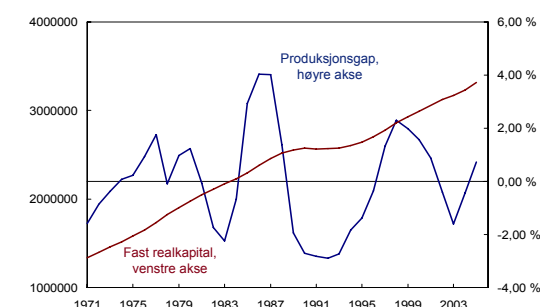
Arbeidskraft og kapital avviker fra hverandre som innsatsfaktorer blant annet på hvor enkelt bedriften kan justere sin bruk av dem. Arbeidskraft er relativt enkelt å justere etter endringer i etterspørselen. Arbeiderne kan jobbe overtid i perioder med høy produksjon, og de kan bli permittert i perioder med lav etterspørsel. Det er forholdsvis enkelt å si opp arbeidere i lavkonjunkturperioder, for så å ansette nye når høykonjunktoren setter inn. Et mindre drastisk tiltak fra bedriften sin side kan være å leie inn korttidsansatte når overtidsgrensen for de nåværende arbeiderne er nådd, og på den måten kan de holde en jevn mengde ansatte i produksjonen.



**Figur 1.a – Timeverk og produksjonsgap i Fastlands-Norge**  
Timeverk i tusen. Produksjonsgap i prosent av HP-trend. Årstall.



**Figur 1.b – Fast realkapital og produksjonsgap i Fastlands-Norge**  
Realkapital i millioner. Produksjonsgap i prosent av HP-trend. Årstall.



Vi ser av figur 1.a at timeverk brukt i økonomien henger tett sammen med produksjonsgapet. Ser vi på tilsvarende figur 1.b for fast realkapital, ser vi at kapitalmengden ikke endrer seg like mye med produksjonsgapet.

Kapital ser ut til å kun respondere til de virkelige store syklene i perioden, som vi kan se ved den kraftige nedgangskonjunktoren den norske økonomien opplevde etter bankkrisen på slutten av 1980-tallet. Årsaken til at kapitalmengden holdes mer stabil er at det er vanskelig for en bedrift å selge maskiner og utstyr i nedgangstider hvor maskinene blir lite brukt, for så å investere på nytt igjen når oppgangstiden kommer. Kapitalmengden i økonomien vil derfor vokse stabilt uansett om den utnyttes mer effektivt i enkelte perioder fremfor andre. Siden det er kostbart å justere mengden kapital ut fra hvor mye kapitalen brukes, vil kapitalmengden slik den beregnes i dag gi uttrykk for hvor mye kapital det finnes i økonomien, uavhengig av hvor intensivt denne kapitalen brukes. Men at kapitalen brukes mer intensivt i noen perioder fremfor andre er det ingen tvil om. For å illustrere hvilken effekt dette har på veksten i total faktorproduktivitet kan vi tenke oss følgende bilde:

Anta at bruken av arbeidskraft er konstant. Når kapitalen benyttes mer effektivt vil dette gi økt produksjon. Men siden kapitalmengden ikke øker selv om kapasitetsutnyttningen øker, vil ikke dette bli gjenspeilet i kapitalintensiteten. Solow-residualen beregnes ved likning 10:

$$10) TFP - vekst_t = d \ln A_t = d \ln V_t - (1 - \alpha_L) d \ln K_t - \alpha_L d \ln L_t$$

Økningen i  $V$ , som opprinnelig kom fra mer intensiv bruk av kapitalen, vil nødvendigvis måtte gi økning i  $A$  siden vi forutsetter  $L$  konstant og vi vet at veksten i  $K$  måles som relativt

konstant. Dette er en stor svakhet med den vanlige måten å beregne Solow-residualen dersom man vil at den skal si noe om teknologisk utvikling: Å utnytte kapasiteten mer effektivt i produksjonen, vil ikke si at økonomien har blitt mer effektiv i form av teknologisk forbedring! Forutsetningen for å være produktiv er den samme uansett om kapitalen benyttes mer intensivt eller ikke, det eneste som styrer denne type endring i det opprinnelige TFP-målet er konjunktursyklusene. Solow selv så dette problemet allerede da han presenterte sin første artikkel om varierende teknologivekst i Solow-modellen: ”*What belongs in a production function is capital in use, not capital in place.*” (Solow, 1957)

En alternativ måte å se dette problemet på er at Solow-modellen slik den vanligvis blir presentert er en modell for langsiktig vekst som antar at produsentene til enhver tid er i langsiktig likevekt, at produksjonen til enhver tid er lik den potensielle. Kortsiktige likevekter kan oppstå for eksempel på grunn av pris- eller etterspørselssjokk. Dette kan føre til konjunktursykler og over- eller underutnytting av kapasiteten, noe modellen ikke fanger opp. En korrigering av modellen er derfor nødvendig for å fange opp produktivitetsvekst når økonomien er utenfor sin langsiktige vekstbane.

At den originale Solow-residualen ikke tar hensyn til varierende kapasitetsutnyttelse i økonomien betyr at den vil overestimere TFP-veksten i høykonjunkturer, og tilsvarende underestimere TFP-veksten i lavkonjunkturer. Basu, Fernald og Shapiro (2001) hevder at dette er hovedårsaken til at målt produktivitet har en tendens til å være sterkt prosyklisk med produksjonen og at produktiviteten leder konjunktursyklusene.

En mer presis måte å måle total faktorproduktivitet på er dermed som den andelen av produksjonsveksten som ikke kan forklares av vekst i innsatsfaktorene eller vekst i utnyttelsen av disse:

$$19) \text{TFP-vekst}_t = d \ln A_t = d \ln V_t - (1 - \alpha_L) d \ln(\gamma_t K_t) - \alpha_L d \ln L_t$$

hvor  $\gamma_t$  er kapasitetsutnyttingsgraden i økonomien som prosent av total utnytting (normalisert). Jeg antar her at arbeidskraft allerede er utnyttet på mest mulig effektiv måte<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Eksempler på hvor arbeidere jobber mindre effektivt uten produksjonspress kan tenkes. Dette scenariet kan uansett ikke justeres for, da det ikke finnes data på hvor effektivt de ansatte bruker sin arbeidsdag. Jeg antar dermed at endringen i serien for timeverk skal gi et representativt bilde av ressursutnyttelsen hos arbeidskraften.

Morin og Stevens (2004) definerer full produksjonskapasitet som *“The maximum level of production that this establishment could reasonably expect to attain under normal and realistic operating conditions fully utilizing the machinery and equipment in place. (...) Assume number of shifts, hours of plant operations, and overtime pay that can be sustained under normal conditions and a realistic work schedule”*. Problemet her er å metodisk definere det riktige nivået for full kapasitet. Potensiell produksjon er antagelig det mest hyppig brukte målet for full kapasitet, men selv denne størrelsen kan beregnes på utallige forskjellige måter med tilsvarende forskjellige resultater. De mest populære måtene å måle potensiell produksjon og produksjonsgapet på er HP-filteret, produksjonsfunksjonsmetoden, Band-Pass-filteret, MUVC osv<sup>3</sup>. Forskjellige måter å justere for kapasitetsutnyttelse vil gi forskjellige resultater. Emiriske analyser gjort av Brent og Fuss (1986) i USA viser at midlertidige likevekter forklarer 18 % - 65 % av nedgangen i TFP-veksten i USA i 65-73 og 73-81 avhengig av hvordan kapasitetsutnyttelse måles. Dette representerer et betydelig intervall. Under kapittel 3.2 har jeg gitt en grundig forklaring på hvilket mål for kapasitetsutnyttelse jeg har valgt å bruke, og hvilke konsekvenser dette får for TFP-seriene.

### 2.3 Solow-residualen justert for økt bruk av informasjonsteknologi

Statistikkbyråer bruker nesten alltid PIM (Perpetual Inventory Method) når de estimerer kapitalmengden. I løpende priser er kapitalmengden en sum av verdien av de forskjellige investeringsgodene. Kapitalmengde for hver industri er akkumulert som summen av foregående investeringer minus summen av foregående akkumulert depresiering (avskrivninger), alt beregnet i løpende priser. I konstante priser er veksten i kapitalen vektet med den gjennomsnittlige vekstraten for kapitalmengden i hver industri, hvor vektene er basisperiodens (perioden serien deflateres til) andel av hvert investeringsgode i forhold til verdien av total kapitalmengde i basisperioden. Hvert kapitalgode blir dermed indirekte vektet med sin markedspris, hva de kunne blitt solgt for. Formelen for kapitalmengden investert i kapitalgode  $a$  og sektor  $i$  beregnet med geometrisk PIM ser slik ut:

$$20) K_{a,t}^i = I_{a,t}^i + (1 - \delta_{a,t-1}^i) I_{a,t-1}^i + (1 - \delta_{a,t-2}^i)^2 I_{a,t-2}^i + \dots$$

<sup>3</sup> For en kort gjennomgang av forskjellige metoder å måle produksjonsgap på og hvor forskjellig estimat metodene gir, se Norges Banks Penger og Kreditt 4/2004.

hvor  $K$  er kapitalmengden,  $I$  er investering,  $\delta$  er avskrivningsraten per år.

Kapitalmengden målt på denne måten er den riktige for produktfunksjonen når vi skal måle produktivitetsutvikling kun dersom veksten i en industris kapitalmengde er konstant over tid.

PIM-metoden ble utviklet av Christensen and Jorgenson i 1969. PIM-metoden ble altså utviklet på et tidspunkt hvor vi hadde helt andre forutsetninger for å måle kapitalmengden enn det vi har i dag. Vi lever i dag i et informasjonssamfunn, på engelsk kalt "The New Economy". De siste 10 årene har vi sett en betydelig økning i bruken av IT-utstyr og dermed også økte investeringer i IT- og IKT-kapital. På begynnelsen av 90-tallet var det kun de privilegerte som hadde egen datamaskin, i dag har 75 prosent av alle husstander egen PC (SSB – Temaside for informasjonsteknologi). For de fleste er det umulig å se for seg en arbeidsdag uten bruk av IT-instrumenter. Men informasjonsteknologien omfatter mer enn vi kanskje kan tenke oss:

*"Information technology stands for more than just computers and their programmes. It constitutes an entire sphere of developments in interacting technologies, involving basic components such as transistors and microprocessors as well as lasers, fibre optics, satellite technology and magnetic storage, to mention only some examples."* (Anderson and Ådahl, 2005)

Et illustrativt eksempel er hvor mye mer effektiv en handletur i butikken har blitt etter at kassaapparatene er blitt helautomatiske. Organisering av store varelager og behandling av større ordre har også blitt mer effektivt ved bruk av informasjonsteknologi. Bedriftsledere kan enkelt gå inn på en datamaskin og se etter hvor mange eksemplarer av en viss vare som til enhver tid ligger på lager. Informasjonsteknologien har revolusjonert vår hverdag, og investeringer i IT-kapital har økt i andel av totale investeringer

Så hvordan kan dette påvirke målet for total faktorproduktivitet?

PIM måler kun markedsverdien til et kapitalgode, ikke den nytten som dette godet genererer. For varige goder som bygninger vil nytten som kapitalen genererer være konstant over lang tid, den forringes ikke i løpet av noen år. IT-goder som PC blir som kjent fort utdaterte og må

byttes ut med noen års mellomrom. Dermed vil nytten til IT-investeringer være høy de første leveårene, men deretter avta kraftig. Dette klarer ikke PIM å ta inn i sine beregninger. Vi trenger med andre ord å måle hva den aggregerte kapitalmengden gir i tjenester tilbake.

*“For any given type of asset, there is a flow of productive services from the cumulative stock of past investments. (...) This flow of productive services is called capital services of an asset type and is the appropriate measure of capital input for production and productivity analysis. Conceptually, capital services reflect a quantity, or physical concept, not to be confused with the value, or price concept of capital. To illustrate, take the example of an office building. Service flows of an office building are the protection against rain, the comfort and storage services that the building provides to personnel during a given period.”* (OECD Manual “Measurement Of Aggregate And Industry-Level Productivity Growth”, 2001).

Denne type kapitalmengdeserie kalles Volume Index of Capital Service, forkortet til VICS, og er allerede publisert offisielt i USA av Bureau of Labour Statistics, i Canada av Statistics Canada og i Australia av Australian Bureau of Statistics. Storbritannia har kommet med uoffisielle versjoner av VICS estimert av Oulton (2001). VICS måles ved å vekte kapitalen med leieprisene i stedet for aksjeprisene. Fordelen med å bruke VICS er at denne gir mer vekt til investeringer hvor leieprisen er høyere enn markedsprisen. Leieprisen er høy i forhold til markedsprisen når depresieringen er høy på grunn av kort levetid på kapitalen. Differansen mellom leie- og markedspris er særlig stor for IT-varer som PC’er. Den økonomiske levetiden på slike goder er lav, og prisene på disse faller fort. Leieprisen må derfor være veldig høy (rundt 60% av markedsprisen) for at de skal være lønnsomme. Hvis mengden av slike investeringer vokser mer enn andre typer investeringer, vil VICS vokse mer enn det originale kapitalmengdemålet. Siden vi de siste ti årene har hatt økt viktighet av PC’er og high-tech varer som karakteriseres av hurtig depresiering og høyt fall i prisene, vil VICS-målet ha en høyere vekst enn kapitalmengdemålet. Med det originale kapitalmengdemålet vil vi dermed overestimere TFP-vekst i perioder med stor økning i IT-investeringer. OECD-manualen (2001) er veldig klar i sin anbefaling om å beregne og benytte VICS-målet for kapital i beregninger av produktivitetsvekst.

Ønsket om å bruke serier for den nytten kapitalen genererer fremfor selve kapitalen er ikke noen nytt konsept. Solow erkjente dette i sin artikkel ”Technical change and production function” allerede i 1957. Man kan imidlertid tenke seg at viktigheten av å benytte

servicemålet har blitt større med tiden, da investeringer i IT-kapital vil gi større forskjell på kapitalmengden og nytten kapitalen genererer. Solow forklarer som følger: *”If the capital stock consisted of a million identical machines and if each one as it wore out was replaced by a more durable machine of the same annual capacity, the stock of capital as measured would surely increase. But the maximal flow of capital serives would be constant.”* (Solow, 1957)

Modellen som benyttes for å beregne ut VICS er hentet fra Oultin og Srinivasan (2003) og Vaze (2003):

Ta utgangspunkt i PIM-estimatet for kapitalmengden gitt ved likning 20:

$$20) K_{a,t}^i = I_{a,t}^i + (1 - \delta_{a,t-1}^i) I_{a,t-1}^i + (1 - \delta_{a,t-2}^i)^2 I_{a,t-2}^i + \dots$$

hvor K er kapitalmengden av godetype a i sektor i, I er investering i kapitalgode a,  $\delta$  er avskrivningsraten på kapitalgode a per år.

Beregn leieprisen på kapitalen for hver godetype i hver sektor ved hjelp av følgende likning:

$$21) r_{a,t}^i = T_a [\delta_a^i \cdot p_{a,t}^i + R_t \cdot p_{a,t-1}^i - (p_{a,t}^i - p_{a,t-1}^i)]$$

hvor p er prisen på kapitalgode a, R er avkastningskravet på kapitalen og T er skatteraten på kapital, antatt den samme for alle industrier.

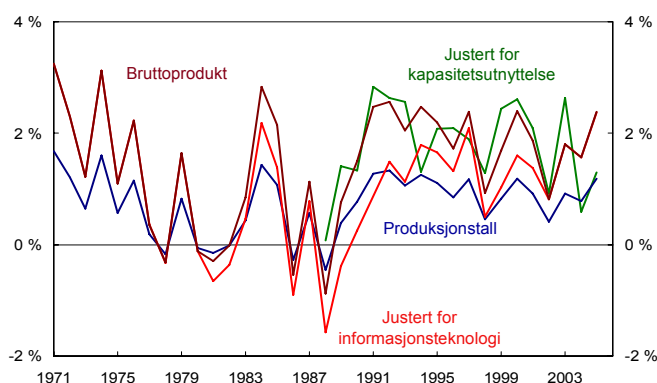
VICS er beregnet på følgende måte:

$$22) VICS_t^i = \sum_a w_{a,t-1}^i \cdot \frac{K_{a,t}^i}{K_{a,t-1}^i}, \quad \text{hvor } w_{a,t}^i = \frac{r_{a,t-1}^i \cdot K_{a,t-1}^i}{\sum_a r_{a,t-1}^i \cdot K_{a,t-1}^i}$$

### 3. Estimering av fire forskjellige mål på total faktorproduktivitet

I dette kapitlet tar jeg for meg estimeringen av de fire ulike måtene å måle total faktorproduktivitet på. Figur 2 viser resultatet av estimeringen på årstall og sammenligner de fire forskjellige metodene:

**Figur 2 - TFP-vekst i Fastlands-Norge**  
Produktivitet basert på fire forskjellige målemetoder



Vi ser her at Solow-residualen basert på bruttoprodukt- og produksjonstall beveger seg med nøyaktig samme mønster over perioden, det er kun nivået som skiller de to seriene. Serien for produksjonstall har systematisk lavere vekst enn beregningene med bruttoproduktstall. Tilsvarende ligger TFP basert på bruttoproduktstall justert for informasjonsteknologi på et lavere nivå enn ujustert, men serien utvikler seg med samme sykliske mønster. Ved å justere for variabel kapasitetsutnyttelse i bruttoproduktberegningene endrer utviklingen i produktiviteten seg noe, men nivået og de langsiktige trendene i produktivitetsveksten ser ut til å være den samme som den originale Solow-residualen. Samlet sett gjenspeiles dette i korrelasjonsmatrisene i del 4, hvor Solow-residualen målt med bruttoprodukt, produksjonstall og justert for IT gir omtrent de samme korrelasjonsmønstret. Solow-residualen justert for kapasitetsutnyttelse derimot viser et klart forskjellig korrelasjonsmønster.

Resten av kapitlet tar for seg hvert mål for total faktorproduktivitet, samt å drøfte hvordan produktiviteten har utviklet seg i Norge fra 1970-tallet fram til i dag.

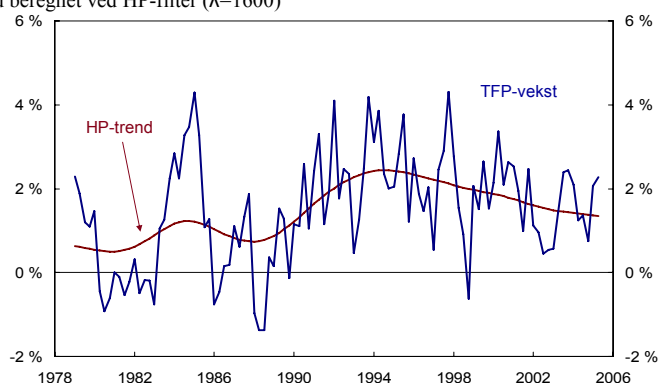
### 3.1 Solow-residualen med data fra nasjonalregnskapet.

Det tradisjonelle målet for total faktorproduktivitet er Solow-residualen. TFP-veksten blir der gitt som den veksten i BNP som ikke kan forklares av vekst i produksjonsfaktorene arbeidskraft og kapital. Ut fra metoden beskrevet i kapittel 2.1 beregner jeg TFP basert på bruttoproduktall og produksjonstall med data hentet hovedsakelig fra SSB's nasjonalregnskap. For mer informasjon om dataseriene som er brukt i beregningen, se vedlegg V.1.1. Jeg har valgt å beregne Solow-residualen basert på kvartalstall der hvor det finnes tilstrekkelig data.<sup>4</sup> Siden det er begrenset hvilke data som foreligger på kvartalsbasis, har jeg i tillegg valgt å estimere Solow-residualen basert på årsdata for å få et helhetlig bilde av produktivitetsutviklingen i både den aggregerte norske økonomien og utviklingen i enkelte sektorer.

#### 3.1.1 Solow-residualen beregnet med bruttoproduktall

**Figur 3 – TFP-vekst i Fastlands-Norge**

Vekst fra samme kvartal året før. Produktivitet basert kvartalsvise bruttoproduktall  
Trend beregnet ved HP-filter ( $\lambda=1600$ )



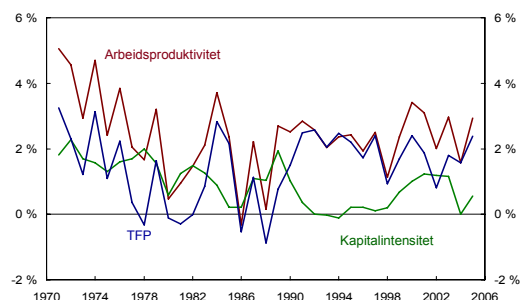
Figur 3 viser veksten i total faktorproduktivitet beregnet som Solow-residualen gitt ved likning 10 i kapittel 2.1. Figuren viser målt vekst i TFP og trend. Som tall for økonomisk aktivitet benytter jeg her bruttoproduktall. Trenden er beregnet ved Hodrick Prescott-filter (HP-filter, for forklaring se vedlegg 2) med lambda lik 1600. TFP-veksten har i gjennomsnitt for denne perioden ligget ca 1,5 prosent. Vi ser at trendveksten beregnet med HP-trend var betraktelig lavere på 80-tallet enn på 90-tallet. Gjennomsnittlig TFP-vekst på 80-tallet lå rundt

<sup>4</sup> SSB offentliggjør ikke lenger kvartalsvise serier for kapitalmengden eller avskrivning. Jeg har imidlertid fått tillatelse av SSB til å bruke en uoffisiell serie for kapitalmengden på kvartalsbasis. SSB tar ikke ansvar for estimeringsfeil ved denne serien.

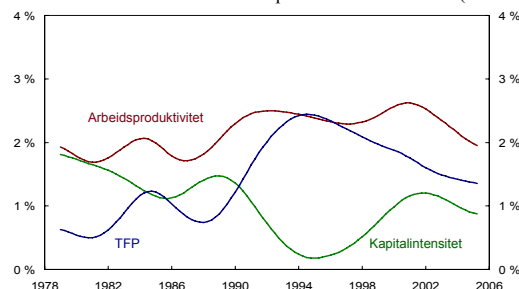


0,8 prosent, mens tilsvarende tall for 90-tallet var i overkant av 2 prosent. Siden 1994 har trendveksten sunket jevnt. Beregninger viser at gjennomsnittlig TFP-vekst fra 2000 frem til i dag har ligget på noe under 2 prosent.

**Figur 4.a - Produktivitetsvekst i Fastlands-Norge**  
Produktivitet basert årlige bruttoproduktall



**Figur 4.b - Produktivitetsvekst i Fastlands-Norge**  
Trendvekst fra samme kvartal året før  
Produktivitet basert kvartalsvise bruttoproduktall – HP-trend ( $\lambda=1600$ )



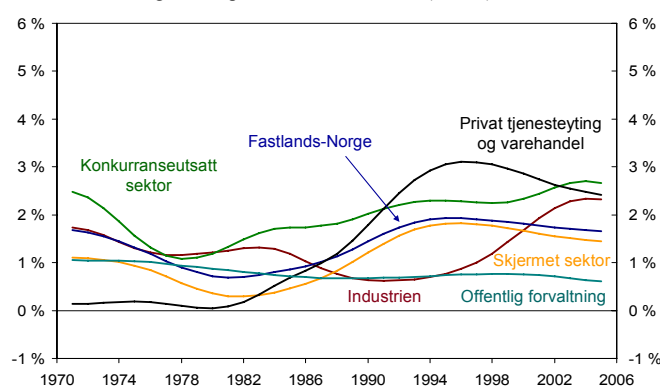
Årsveksten og trenden i Solow-residualen, arbeidsproduktiviteten og kapitalintensiteten vises i figur 4.a og b. Vi ser av figur 4.a at veksten i kapitalintensiteten var høy på 1970- og 80-tallet, men ble redusert på 90-tallet. Dette skyldes lav vekst i kapitalmengden, forårsaket av lave investeringer i etterkant av bankkrisen på slutten av 80-tallet. Kapitalintensiteten har vært stabil og på et relativt lavt nivå de siste 15 årene. Årsaken til at kapitalintensiteten har holdt seg lav også på slutten av 90-tallet kan være økt vekst i antall arbeidstimer i denne perioden, som vist av figur 1.a i kapittel 2.2. Økt timeantall og stabil vekst i kapitalen gir lavere kapitalintensitet.

Veksten i arbeidsproduktiviteten har siden 1990 vært jevnt over høy og stabil med en gjennomsnittlig vekstrate på underkant av 2,5 prosent. Tidligere undersøkelser på danske data viser at ca 24 prosent av gjennomsnittlig vekst i arbeidsproduktiviteten på 90-tallet kan forklares med økt bruk av IT-kapital per arbeidstime (Nordic Council of Ministries, 2005). Det er derfor ikke unaturlig å tro at årsaken til den høye veksten i arbeidsproduktiviteten vi ser på 90-tallet skyldes økt bruk av informasjonsteknologi også i Norge. Drøfting av effekter på målt kapitalintensitet av økte IT-investeringer kommer i avsnitt 3.3.

Veksten i total faktorproduktivitet var høy men fallende på 70-tallet, lav og volatil på 80-tallet og høy men stabil på 90-tallet grunnet høy arbeidsproduktivitet og lav kapitalintensitet. Groth, Gutierrez-Domenech og Srinivasan (2004) viser at Storbritannia hadde en nedgang i produktivitetsveksten i andre halvdel av 90-tallet, slik vi også finner i Norge. USA opplevde

derimot økt TFP-vekst i denne perioden. Basu, Fernald, Oulton og Srinivasan (2003) har undersøkt mulige årsaker til dette gapet, og kommet til at USA's tidlige tendens til å investere i komplementære kapitalgoder og deriblant IT-goder kan være en mulig årsak.

**Figur 5 – Trend i TFP-veksten i forskjellige næringer**  
 Produktivitet basert årlige bruttoproduktall – HP-trend ( $\lambda=100$ )

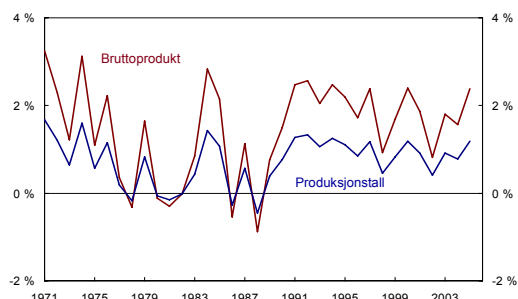


Figur 5 viser trendveksten i forskjellige produksjonsnæringer i Norge. Vi ser at det har vært høy TFP-vekst i privat tjenesteyting og varehandel på 90-tallet i forhold til de andre sektorene. Årsaken til denne sterke veksten kan helt klart knyttes til den økte bruken av informasjonsteknologi og omorganisering i denne sektoren, spesielt forbundet med organisering av ordre og varelager, samt samarbeid i butikkjeder. Resultat av den høye produktivitetsveksten i denne sektoren var lav prisvekst på varene i denne sektoren.

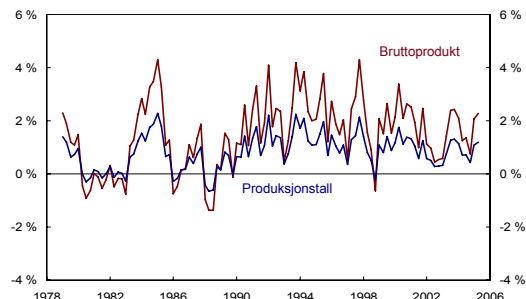
Vi ser også at industrien hadde svak vekst på 90-tallet, men at denne har tatt seg opp de siste fem årene. Industrisektoren kjennetegnes ved at den består av svært mange eksportbedrifter. Når den norske økonomien er i en oppgangskonjunktur, vil kronekursen typisk være høy, som igjen forverrer konkurransevnen til eksportbedriftene. Dette kan være grunnen til den lave produktivitetsutviklingen i denne sektoren på 90-tallet. Hvis dette er tilfelle, bør utviklingen bli noe sterkere dersom man justerer for variabel kapasitetsutnyttelse. I offentlig forvaltning er det vanskelig å beregne produktiviteten, men det antas en produktivitetsvekst på ca. 1 prosent i denne perioden.

### 3.1.2 Solow-residualen beregnet med produksjonstall

**Figur 6.a - TFP-vekst i Fastlands-Norge**  
Produktivitet basert på årlige produksjonstall sammenlignet med bruttoproduktall



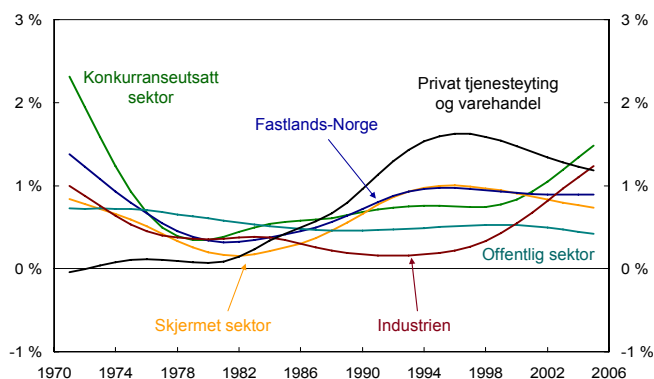
**Figur 6.b - TFP-vekst i Fastlands-Norge – vekst fra samme kvartal året før**  
Produktivitet basert på kvartalsvise produksjonstall sammenlignet med bruttoproduktall



Figur 6.a og b viser Solow-residualen beregnet med formel 17 i kapittel 2.1. TFP-veksten basert på produksjonstall og bruttoproduktall gir samme sykliske mønster, kun med forskjellig nivå. TFP-vekst basert på produksjonstall gir gjennomgående lavere vekst i absoluttverdi enn beregningene på bruttoproduktall. Årsaken til dette ble drøftet i kapittel 2.1 og skyldes aggregering av produktivitetsvekst på lavere sektornivå. Positiv produktivitetsvekst i bedrifter på lavere nivå teller positivt for bedrifter som benytter varer produsert på lavere nivå i sin produksjon. Produktivitetsberegninger basert på bruttoproduktall er representativt for aggregerte sektorer og aggregert for hele økonomien, mens beregninger basert på produksjonstall gjenspeiler produktivitetsvekst i enkelt næringer og enkeltbedrifter. For nærmere forklaring av årsaken til denne forskjellen, se kapittel 2.1.

Ønsker vi å se på empiriske sammenhenger mellom produktiviteten og andre økonomiske størrelser, vil det ikke bety noe hvilket av disse to målene på produktivitet man bruker i en analyse. Dette kommer klart frem i korrelasjonsmatrisene under kapittel 4. Ønsker vi å se nærmere på produktivitetsutviklingen i enkelte sektorer over perioden bør vi benytte oss av beregninger gjort på grunnlag av produksjonstall. Ønsker vi derimot å se på utviklingen i den aggregerte økonomien, er det mest riktig å bruke TFP-veksten basert på bruttoproduksjonstall.

**Figur 7 – Trend i TFP-veksten i forskjellige næringer**  
 Produktivitet basert årlige produksjonstall – HP-trend ( $\lambda=100$ )



Figur 7 viser trendveksten i TFP basert på produksjonstall for de samme seks produksjonssektorene som i figur 5. Vi ser her stort sett det samme mønsteret som ved beregningene med bruttoproduktstall, kun med lavere nivå.

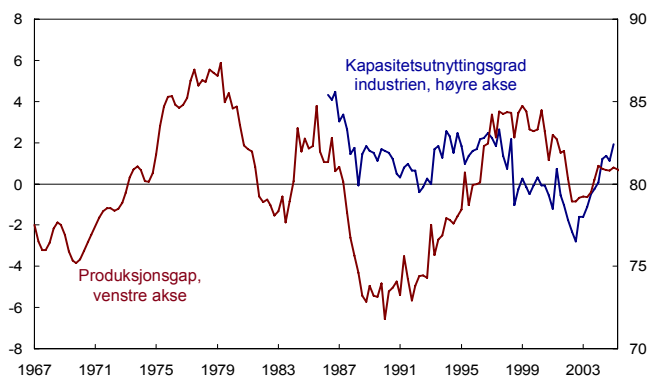
### 3.2 Solow-residualen justert for kapasitetsutnyttelse.

Her justeres TFP basert på bruttoproduktstall for variable kapasitetsrater som beskrevet under kapittel 2.2. Dersom endringer i TFP-veksten i virkeligheten skyldes sykliske eller strukturelle endringer i bruken av innsatsfaktorer i økonomien, bør dette gjenspeiles som vekst i innsatsfaktorene og ikke som teknologisk vekst. Groth, Gutierrez-Domeneck, and Srinivasan (2004) finner et mindre syklisk mønster i TFP-veksten i Storbritannia når man justerer for kapasitetsutnyttelse. Tilsvarende resultater finner også Basu og Kimball (1997) på amerikanske data.

Brent and Fuss (1986) bruker produksjonsgapet som indikator på kapasitetsutnyttelse. Produksjonsgapet er definert som differansen mellom observert produksjon og potensiell produksjon. Produksjonsgapet er derfor sensitiv til hvordan størrelsen potensiell produksjon blir definert og beregnet. Se kapittel 2.2 for en nærmere diskusjon om produksjonsgapet. En annen indikator for kapasitetsutnyttelsen i økonomien er bedriftsundersøkelser lik Konjunkturbarometeret fra Statistisk Sentralbyrå. Her blir kapasitetsutnyttelsesgraden beregnet ut fra 720 industribedrifters vurdering av nåværende kapasitetsutnyttelse. Ulempen med denne er at det kun er industribedrifter som er med i undersøkelsen, slik at resultatene kanskje ikke kan generaliseres til resten av økonomien. Det er imidlertid mulig å argumentere for at

industrien som næringssektor i større grad enn andre sektorer benytter kapital med varierende grad, pluss at det er en svært kapitalkrevende næringssektor.

**Figur 8 – Kapasitetsutnyttingsgrad i industrien og produksjonsgap**  
Kvartalsvise tall. Kilde SSB og OECD.



Figur 8 viser produksjonsgapet og kapasitetsutnyttingsgraden i Norge fra 1967 (1987 for kapasitetsutnyttingsgraden) til i dag. Her ser man at kapasitetsutnyttingsgraden i industrien var høy på begynnelsen av 1990-tallet, fallende på slutten av 90-tallet med bunn i 2003. Fra 2003 frem til i dag har kapasitetsutnyttingsgraden økt markant, dette samtidig med at produksjonsgapet har blitt positivt.

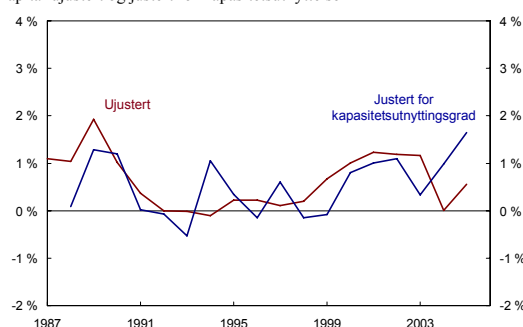
Kapitalmengden justert for den effektive bruken av kapitalen beregnes som den originale kapitalmengden multiplisert med kapasitetsutnyttingsgraden. Kapitalintensiteten beregnes dermed som følger:

$$23) \text{ Vekst i kapitalintensitet justert for kapasitetsutnytting} = (1 - \alpha_L)(d \ln(\gamma_t K_t) - d \ln(L_t))$$

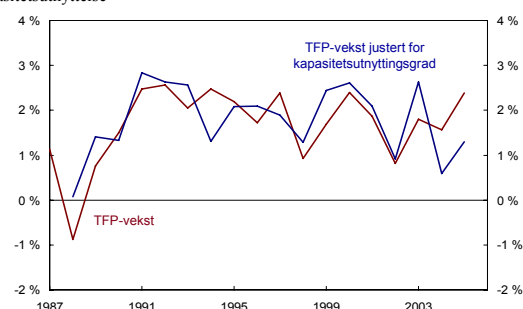
Figur 9.a viser justert og ujustert vekst i kapitalintensiteten beregnet med årlige data. Kapitalintensiteten beregnet med den originale kapitalmengden har som vi har sett vært lav og stabil fra 1987 frem til i dag. Ved å justere for variabel utnyttelse av kapitalen vil kapitalintensiteten bli noe mer volatil. Kapitalintensiteten har vært noe høyere de siste årene hvis man justerer for variabel bruk av kapitalen, noe som gjenspeiler at Norge de siste årene har hatt en oppgangskonjunktur, slik at kapitalen er blitt mer effektivt brukt.

**Figur 9.a - Kapitalintensitet**

Kapital ujustert og justert for kapasitetsutnyttelse

**Figur 9.b - TFP-vekst i Fastlands-Norge**

Produktivitet basert på årlige bruttoprodukt tall, kapital justert for kapasitetsutnyttelse



TFP-veksten justert for kapasitetsutnyttelse beregnes ved formel 19 i kapittel 2.2. Justert og ujustert TFP-vekst beregnet med årlige data vises i figur 9.b. Solow-residualen estimerer TFP-vekst som en residual mellom arbeidsproduktiviteten og kapitalintensiteten.

Kapitalintensiteten justert for variabel utnyttelse av kapital viser en mer volatil utvikling enn den ujusterte serien. Ettersom den mer sykliske kapitalintensiteten blir trukket fra TFP-veksten, så vil TFP-veksten dermed få et litt annet mønster. Om produktivitetsveksten er mindre volatil etter justering for bruken av kapitalen er vanskelig å se ut fra figurene.

Standardavviket blir redusert fra 0,69 ved ujustert TFP-vekst til 0,62 for justert TFP-vekst målt på kvartalstall (tilsvarende tall for årstall er 0,51 til 0,45).

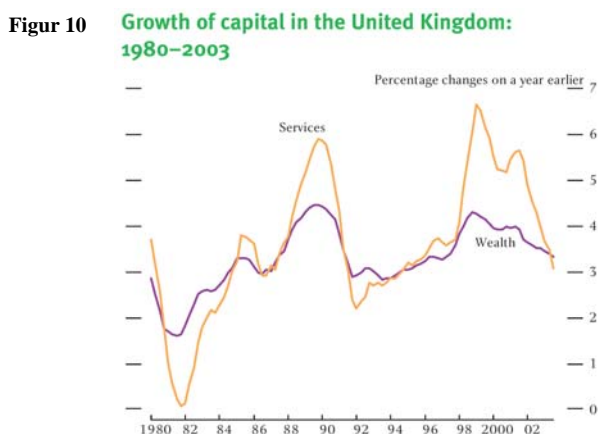
TFP-veksten ser på nåværende tidspunkt ut til å være lavere ved justering av kapasitetsutnyttelsesgraden. Ut fra figur 9.b virker ikke TFP-veksten til å forandres stort når man justerer for den effektive bruken av kapital. Men som vi ser i kapittel 4 får det allikevel store betydninger for den empiriske kovariansen mellom TFP-veksten og makroøkonomiske indikatorer hvilken av disse to TFP-målene man benytter seg av.

### 3.3 Solow-residualen justert for utviklingen i informasjonsteknologi.

Avsnitt 3.1 diskuterte blant annet hvorvidt økt bruk av informasjonsteknologi kunne forklare den høye veksten i arbeidsproduktiviteten. Kapittel 2.3 så på effekten av økte IT-investeringer på kapitalmengden, og konkluderte med at man bør bruke et mål for nytten som kapitalen genererer, VICS, fremfor standard kapitalmengde dersom man vil beregne produktivitet. I

dette tilfellet benyttes VICS-målet som input for kapital i produksjonsfunksjonen likning 10 i kapittel 2.1. Å estimere VICS ved modellen i likning 20-22 krever detaljerte data for hvilken type kapital bedriftene investerer i, samt prisindekser for disse investeringsgodene.<sup>5</sup> Fordi denne type data ikke finnes eller er offentliggjort for Norge, er det vanskelig å estimere VICS på bakgrunn av norske data. Jeg ønsker dermed å vise hvordan VICS ser ut for land der serien er estimert.

Oulton (2001) viser at for engelske data har VICS hatt en betraktelig høyere vekst enn det vanlige kapitalmengdemålet fra 1998 frem til i dag:

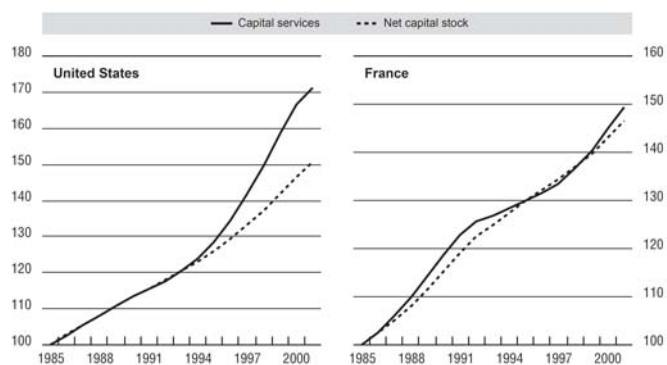


Kilde: Groth, C., M. Gutierrez-Domeneck and S. Srinivasan, Sylaja (2004)

Schreyer (2004) viser følgende utvikling i kapitalmengden og VICS for USA og Frankrike:

<sup>5</sup> Oulton og Srinivasan (2005) deler investeringer i følgende grupper: Bygninger og infrastruktur, maskiner og annet utstyr, transportutstyr, datamaskiner og hardware, software og telekommunikasjonsutstyr.

**Figur 11** Capital Services in United States and France



Kilde: Schreyer (2004)

Vi ser av figur 10 og 11 at VICS-serien har hatt høyere vekst enn kapitalmengden for både Storbritannia og USA de siste ti årene. I USA startet denne veksten noen år før (1995) enn Storbritannia (1998). Frankrike derimot hadde en moderat vekst i VICS på begynnelsen av 1990-tallet, men VICS har også her vokst sterkere enn kapitalmengden fra 1998 og utover.

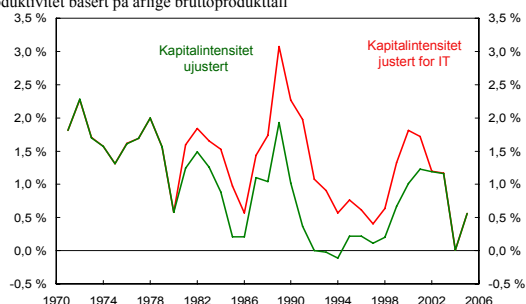
La oss tenke oss at Norge har hatt like høy vekst i VICS i perioden 1981-2001 som gjennomsnittlig vekst av 8 land hvor VICS er beregnet av OECD.<sup>6</sup> Antar i tillegg at veksten i kapitalintensiteten var den samme i perioden før og perioden etter. Da vil veksten kapitalintensiteten og TFP for Fastlands-Norge se slik ut<sup>7</sup>:

<sup>6</sup> OECD (Schreyer, 2004) har beregnet VICS for følgende land for perioden 1981-2001: Australia, Canada, Frankrike, Tyskland, Italia, Japan, Storbritannia og USA. Se vedlegg V.4 for tabell over vekstrater i VICS for de 8 landene.

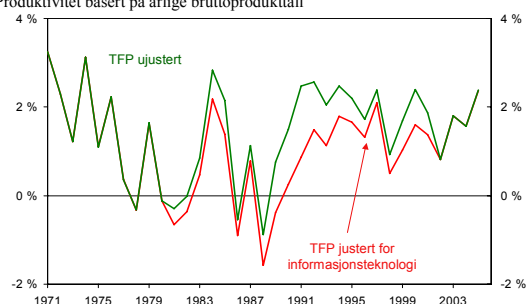
<sup>7</sup> Ideelt sett hadde jeg foretrukket å bruke en representativ VICS-serie for Norge. Siden essensielle norske data på investeringer ikke finnes eller er offentliggjort, kan ikke VICS på norske data beregnes på nåværende tidspunkt. Jeg har derfor valgt å lage dette senariet hvor jeg antar at gjennomsnittlig vekst i VICS for 8 land er representativ for Norge i perioden 1981-2001. Jeg ønsker med dette å se effekten av økt vekst i kapitalen i perioder hvor det synes at VICS har vokst fortere enn kapitalmengden i flere land. Jeg forstår at VICS-serien jeg har lagd muligens ikke er representativ for Norge, men håper den kan antyde effekten på TFP-vekst av å benytte VICS fremfor kapitalmenden.



**Figur 12.a - Kapitalintensitet i Fastlands-Norge – Ujustert og justert for IT**  
 Justert for gjennomsnittlig vekstrate i VICS fra 1981-2001  
 Produktivitet basert på årlige bruttoproduktall



**Figur 12.b - TFP-vekst i Fastlands-Norge – Ujustert og justert for IT**  
 Justert for gjennomsnittlig vekstrate i VICS fra 1981-2001  
 Produktivitet basert på årlige bruttoproduktall



Norge vil i som vi ser i dette tilfellet ha en sterkere vekst i kapitalintensiteten i denne perioden sammenlignet med bruk av kapitalmengden. Fra kapittel 3.1 så vi at veksten i arbeidsproduktiviteten i Norge har vært høy gjennom hele 90-tallet og frem til i dag. Ettersom TFP beregnes som en residual mellom arbeidsproduktiviteten og kapitalintensiteten, og investeringer i IT påvirker hvordan vi måler arbeidsproduktiviteten men ikke hvordan vi måler kapitalintensiteten, vil man i denne perioden overestimere veksten i total faktorproduktivitet. Ved å justere for informasjonsteknologi vil TFP-veksten bli redusert fra gjennomsnittlig rate på 1,4 prosent til 0,8 prosent i perioden 1981-2001. Å justere for informasjonsteknologi ser derimot ikke ut til å endre det sykliske mønsteret i TFP.

## 4. Hvordan samvarierer forskjellige mål på TFP med sentrale makroøkonomiske variabler over konjunktursykelen?

I denne delen beregnes korrelasjonen mellom TFP-veksten og sentrale makroøkonomiske størrelser. Følgende økonomiske variabler er valgt ut:

- BNP
- Timeverk
- Fast realkapital
- Privat og offentlig konsum
- Bruttoinvestering
- Eksport
- Import
- Oljeproduksjon
- Timelønn
- Sysselsetting
- KPI
- Styringsrente
- Pengemende M0, M1 og M2 <sup>8</sup>
- Kredittmengde K1, K2 og K3 <sup>9</sup>

Korrelasjon er beregnet for +/- 5 peroider for å kunne se hvilke variabler er ledende for TFP-veksten, og hvilke som legger. Vil jeg finne forskjellige resultater med forskjellige mål for TFP?

---

<sup>8</sup> Basispengemengden (M0) defineres som summen av bankenes og pengeholdende sektors beholdning av norske sedler og mynt i omløp samt deres innskudd i Norges Bank. Det smale pengemengdebegrepet (M1) defineres som pengeholdende sektors beholdning av norske sedler og mynt samt sektorens innestående på transaksjonskonti i Norges Bank og forretnings- og sparebanker (i norske kroner og utenlandsk valuta). Det brede pengemengdebegrepet (M2) defineres som summen av M1 og pengeholdende sektors øvrige bankinnskudd (i norske kroner og utenlandsk valuta), inklusive deres beholdning av banksertifikater. Kilde: Norges Bank.

<sup>9</sup> K1 defineres som innenlandsk kreditt i norske kroner, dvs. publikums innenlandske bruttogjeld i norske kroner. K2 defineres som innenlandsk kreditt i alt, dvs. publikums innenlandske bruttogjeld i norske kroner og utenlandsk valuta. K3 defineres som samlet kreditt i alt, dvs. publikums totale bruttogjeld til innenlandske og utenlandske kilder i norske kroner og utenlandsk valuta. Kilde: Norges Bank

## 4.1 Korrelasjonsmatrisene

I dette kapittelet presenteres tabeller for korrelasjon og krysskorrelasjon mellom TFP og makroøkonomiske indikatorer nevnt over. Seriene som ligger til grunn for korrelasjonsmatrisene er filtrert med HP-filter med  $\lambda$  lik 100 for årstall og 1600 for kvartalstall, for deretter å beregne prosentvis avvik fra HP-trenden.<sup>10</sup> Korrelasjonsmatrisene viser altså samvariasjon mellom syklene til total faktorproduktivitet beregnet som prosentvis avvik fra HP-trend og syklene til 20 andre sentrale makroøkonomiske størrelser også beregnet som prosentvis avvik fra HP-trend. For kvartalsvise tall er seriene i tillegg blitt sesongjustert med en X-12 ARIMA prosess.<sup>11</sup>

X-12 ARIMA prosessen og HP-filteret er begge tosidige filtre, dvs. at nivået på trenden eller den sesongjusterte serien avhenger av observasjoner både fremover og bakover i tid i den opprinnelige serien. Bruken av slike filtre har i enkelte tilfeller vist å gi falske (spurious) sykler, noe man bør være klar over ved bruken av slike filtre. HP-filteret er i tillegg kjent for å gi et skjevt estimat av endepunktene siden filteret i dette tilfellet kun tar hensyn til tidligere observasjoner. Vi vet også at det er usikkerhet forbundet med de siste observasjonene hentet fra nasjonalregnskapet. Nasjonalregnskapstall blir revidert over tid etter hvert som SSB får mer nøyaktige tall på produksjon, timeverk, kapital osv.

Standardavvik er for BNP beregnet som prosentvis avvik fra gjennomsnittlig verdi.

Standardavviket til de øvrige variablene er beregnet som standardavviket til denne variabelen relativt til standardavviket til BNP. Standardavvik under 1 viser dermed at variabelen er mer volatil enn BNP, mens standardavvik over 1 viser at variabelen er mindre volatil enn BNP.

Tabellene viser korrelasjon i samme periode,  $x(t)$ , samt krysskorrelasjon for  $\pm 5$  perioder hvor seriene har blitt forskjøvet fremover eller bakover i opptil fem perioder. Variabler som har viser signifikant korrelasjon ved  $x(t+i)$  hvor  $i > 0$  impliserer at denne variabelen lagrer TFP. Det vil si at når TFP endres, så har denne variabelen en tendens til å endre seg i et systematisk mønster i antall perioder etterpå. Viser tabellen signifikant korrelasjon ved  $x(t-j)$

<sup>10</sup> For nærmere forklaring av HP-filteret se vedlegg V.2.

<sup>11</sup> Se vedlegg V.3 for nærmere forklaring av X-12 ARIMA prosessen.

hvor  $j > 0$ , leder denne variabelen TFP. Når variabelen endres, har TFP en tendens til å endre seg systematisk  $j$  antall perioder etter. Forkortelsen FN står for Fastlands-Norge.

**Tabell 1.a**

Korrelasjon mellom TFP utregnet som Solow-residualen basert  
på bruttoprodukt tall og  $x$

x	Årsdata		Korrelasjon mellom TFP utregnet som Solow-residualen basert på bruttoprodukt tall og $x$										
	Obs	Std.avvik	x(t-5)	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)	x(t+5)
BNP FN*	35	1,87	-0,36	-0,54	-0,59	-0,35	0,06	0,56	0,70	0,52	0,26	-0,04	-0,18
TFP FN*	35	0,55	-0,41	-0,44	-0,24	0,21	0,62	1,00	0,62	0,21	-0,24	-0,44	-0,41
Arbeidsproduktivitet FN*	35	0,50	-0,36	-0,39	-0,16	0,28	0,55	0,82	0,26	-0,03	-0,31	-0,32	-0,16
Timeverk*	35	0,99	-0,13	-0,30	-0,47	-0,48	-0,24	0,11	0,51	0,53	0,40	0,13	-0,11
Fast realkapital FN*	35	0,68	0,11	-0,16	-0,42	-0,65	-0,71	-0,55	-0,17	0,24	0,49	0,53	0,41
Privat konsum*	35	1,33	-0,34	-0,58	-0,65	-0,42	0,03	0,51	0,72	0,49	0,16	-0,20	-0,30
Offentlig konsum*	35	0,85	0,14	0,37	0,24	0,04	-0,04	-0,06	0,01	-0,04	-0,13	-0,10	0,20
Bruttoinvestering*	35	4,79	-0,36	-0,41	-0,24	-0,16	0,11	0,41	0,55	0,38	0,15	-0,12	-0,24
Eksport*	35	1,63	-0,10	-0,02	0,01	0,10	0,31	0,34	0,19	0,13	0,14	0,32	0,18
Import*	35	3,24	-0,45	-0,38	-0,14	-0,02	0,23	0,50	0,56	0,27	-0,02	-0,25	-0,25
Oljevirksomhet*	35	7,25	0,44	0,24	0,10	-0,21	-0,16	-0,25	-0,05	0,19	0,28	0,47	0,27
Timelønn	35	2,31	0,26	0,14	0,07	-0,25	-0,37	-0,42	-0,21	0,04	0,04	-0,06	-0,11
Sysselsetting	26	1,13	-0,24	-0,48	-0,61	-0,59	-0,32	0,13	0,55	0,69	0,52	0,15	-0,08
KPI	35	1,83	0,32	0,37	0,31	-0,06	-0,35	-0,59	-0,58	-0,42	-0,27	-0,17	-0,04
Foliorente	15	16,83	0,33	-0,16	-0,31	-0,42	-0,50	-0,30	-0,04	-0,08	-0,07	0,19	0,57
M0	14	5,16	-0,03	0,11	0,52	-0,32	-0,36	-0,13	0,06	0,14	-0,12	-0,23	0,16
M1	14	3,36	0,60	0,14	0,16	-0,01	-0,13	-0,29	-0,80	-0,76	-0,51	-0,19	0,40
M2	35	3,95	0,48	0,29	0,17	-0,18	-0,31	-0,40	-0,35	-0,35	-0,22	-0,16	-0,12
K1	24	4,09	0,45	0,06	-0,36	-0,76	-0,84	-0,56	-0,21	0,12	0,27	0,25	0,13
K2	21	4,00	0,50	0,30	-0,01	-0,51	-0,83	-0,85	-0,70	-0,17	0,31	0,53	0,46
K3	21	3,89	0,37	0,17	-0,11	-0,54	-0,82	-0,80	-0,63	-0,13	0,32	0,55	0,52

\* Realstørrelser

x	Kvartals- data		Korrelasjon mellom TFP utregnet som Solow-residualen basert på bruttoproduktall og x										
	Obs	Std.avvik	x(t-5)	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)	x(t+5)
BNP FN*	110	1,74	-0,11	-0,04	-0,01	0,20	0,22	0,50	0,32	0,43	0,44	0,34	0,38
TFP FN*	110	0,48	0,11	0,22	0,34	0,47	0,65	1,00	0,65	0,47	0,34	0,22	0,11
Arbeidsproduktivitet FN*	110	0,65	0,11	0,22	0,33	0,27	0,48	0,65	0,40	0,14	0,04	-0,01	-0,19
Timeverk*	110	1,37	-0,11	-0,13	-0,17	0,03	-0,07	0,06	0,00	0,18	0,22	0,19	0,33
Fast realkapital FN*	110	0,27	-0,44	-0,45	-0,46	-0,47	-0,45	-0,37	-0,33	-0,28	-0,19	-0,08	0,02
Privat konsum*	110	1,05	-0,01	0,06	0,07	0,16	0,35	0,50	0,48	0,60	0,61	0,54	0,49
Offentlig konsum*	110	1,15	-0,05	-0,06	-0,17	-0,05	-0,13	0,05	-0,08	-0,01	0,04	-0,03	0,09
Bruttoinvestering*	110	6,77	-0,07	-0,22	0,02	0,12	0,03	0,08	0,06	0,10	0,23	0,33	0,24
Eksport*	110	2,35	0,11	0,13	0,10	0,22	0,21	0,22	0,08	0,18	0,06	-0,12	-0,12
Import*	110	2,46	-0,04	-0,11	-0,03	0,05	0,10	0,12	0,16	0,28	0,32	0,36	0,24
Oljevirkosomhet*	110	3,48	0,07	0,09	0,09	0,08	0,13	0,20	0,23	0,12	0,03	0,02	-0,04
Timelønn	110	1,20	-0,07	-0,08	-0,05	-0,21	-0,18	-0,27	-0,22	-0,22	-0,18	-0,07	-0,08
Sysselsetting	102	0,72	-0,35	-0,30	-0,24	-0,13	-0,05	0,01	0,16	0,30	0,40	0,42	0,44
KPI	110	0,80	0,01	-0,09	-0,14	-0,22	-0,37	-0,51	-0,55	-0,57	-0,50	-0,38	-0,26
Foliorente	58	13,14	-0,05	-0,13	-0,25	-0,30	-0,32	-0,24	-0,18	0,00	0,20	0,29	0,26
M0	51	7,78	-0,10	0,00	-0,02	-0,09	-0,03	-0,17	-0,01	-0,13	0,06	0,05	0,09
M1	51	2,02	0,14	0,31	0,21	0,09	0,11	0,11	0,10	0,00	0,06	-0,37	-0,44
M2	110	1,21	-0,14	-0,08	-0,06	-0,04	0,03	0,11	0,26	0,38	0,38	0,28	0,20
K1	91	1,69	-0,50	-0,56	-0,60	-0,62	-0,63	-0,57	-0,48	-0,37	-0,19	-0,09	0,01
K2	79	1,54	-0,48	-0,45	-0,41	-0,41	-0,40	-0,38	-0,39	-0,44	-0,47	-0,46	-0,43
K3	79	1,57	-0,40	-0,36	-0,30	-0,30	-0,31	-0,33	-0,37	-0,45	-0,47	-0,46	-0,44

\* Realstørrelser

x	Korrelasjon mellom TFP utregnet som Solow-residualen basert på produksjonstall og x												
	Obs	Std.avvik	x(t-5)	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)	x(t+5)
BNP FN*	35	1,87	-0,38	-0,57	-0,63	-0,38	0,03	0,53	0,68	0,52	0,27	-0,01	-0,15
TFP FN*	35	0,29	-0,42	-0,44	-0,22	0,23	0,63	1,00	0,63	0,23	-0,22	-0,44	-0,42
Arbeidsproduktivitet FN*	35	0,53	-0,48	-0,54	-0,37	0,03	0,34	0,77	0,48	0,28	0,04	-0,09	0,00
Timeverk*	35	0,99	-0,14	-0,33	-0,50	-0,50	-0,26	0,09	0,49	0,53	0,41	0,15	-0,08
Fast realkapital FN*	35	0,68	0,13	-0,15	-0,43	-0,67	-0,75	-0,59	-0,22	0,20	0,46	0,52	0,41
Privat konsum*	35	1,33	-0,35	-0,60	-0,67	-0,44	0,00	0,48	0,70	0,49	0,17	-0,18	-0,28
Offentlig konsum*	35	0,85	0,12	0,35	0,23	0,05	-0,03	-0,05	0,01	-0,04	-0,12	-0,09	0,19
Bruttoinvestering*	35	4,79	-0,37	-0,43	-0,27	-0,19	0,09	0,39	0,54	0,38	0,16	-0,10	-0,22
Eksport*	35	1,63	-0,13	-0,04	0,00	0,10	0,31	0,35	0,20	0,16	0,18	0,35	0,20
Import*	35	3,24	-0,46	-0,40	-0,16	-0,04	0,22	0,49	0,56	0,27	0,00	-0,23	-0,24
Oljevirkosomhet*	35	7,25	0,43	0,24	0,10	-0,20	-0,16	-0,25	-0,04	0,22	0,31	0,49	0,29
Timelønn	35	2,31	0,29	0,16	0,08	-0,25	-0,37	-0,45	-0,25	0,01	0,01	-0,08	-0,12
Sysselsetting	26	1,13	-0,24	-0,51	-0,65	-0,63	-0,36	0,09	0,52	0,68	0,53	0,18	-0,05
KPI	35	1,83	0,35	0,39	0,33	-0,04	-0,35	-0,59	-0,59	-0,44	-0,29	-0,19	-0,06
Foliorente	15	16,83	0,31	-0,18	-0,36	-0,47	-0,50	-0,31	-0,07	-0,09	-0,05	0,20	0,57
M0	14	5,16	0,01	0,18	0,43	-0,32	-0,30	-0,12	0,04	0,13	-0,11	-0,22	0,14
M1	14	3,36	0,62	0,21	0,22	0,05	-0,09	-0,31	-0,80	-0,77	-0,53	-0,22	0,36
M2	35	3,95	0,49	0,31	0,19	-0,16	-0,30	-0,41	-0,37	-0,37	-0,25	-0,18	-0,14
K1	24	4,09	0,51	0,11	-0,32	-0,74	-0,84	-0,59	-0,26	0,06	0,22	0,21	0,10
K2	21	4,00	0,57	0,35	0,02	-0,48	-0,83	-0,88	-0,74	-0,22	0,25	0,49	0,43
K3	21	3,89	0,43	0,21	-0,08	-0,53	-0,82	-0,84	-0,68	-0,18	0,26	0,50	0,49

\* Realstørrelser

x	Kvartals- data		Korrelasjon mellom TFP utregnet som Solow-residualen basert på produksjonstall og x										
	Obs	Std.avvik	x(t-5)	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)	x(t+5)
BNP FN*	110	1,74	-0,11	-0,03	-0,01	0,19	0,22	0,50	0,29	0,41	0,43	0,33	0,36
TFP FN*	110	0,25	0,10	0,25	0,34	0,43	0,60	1,00	0,60	0,43	0,34	0,25	0,10
Arbeidsproduktivitet FN*	110	0,73	-0,01	0,14	0,23	0,13	0,39	0,53	0,41	0,25	0,19	0,12	-0,07
Timeverk*	110	1,37	-0,10	-0,13	-0,17	0,03	-0,07	0,06	0,00	0,18	0,21	0,18	0,32
Fast realkapital FN*	110	0,27	-0,45	-0,46	-0,48	-0,49	-0,47	-0,38	-0,34	-0,30	-0,21	-0,10	0,00
Privat konsum*	110	1,05	-0,02	0,06	0,07	0,16	0,35	0,49	0,46	0,58	0,59	0,51	0,47
Offentlig konsum*	110	1,15	-0,03	-0,04	-0,16	-0,05	-0,12	0,07	-0,08	-0,01	0,04	-0,02	0,10
Bruttoinvestering*	110	6,77	-0,05	-0,24	0,02	0,13	0,01	0,07	0,07	0,09	0,21	0,32	0,24
Eksport*	110	2,35	0,11	0,13	0,09	0,20	0,22	0,21	0,05	0,17	0,06	-0,12	-0,12
Import*	110	2,46	-0,04	-0,12	-0,04	0,04	0,09	0,10	0,14	0,27	0,30	0,35	0,23
Oljevirkosomhet*	110	3,48	0,07	0,09	0,08	0,07	0,12	0,20	0,22	0,10	0,02	0,04	-0,03
Timelønn	110	1,20	-0,09	-0,09	-0,05	-0,21	-0,19	-0,28	-0,22	-0,23	-0,18	-0,09	-0,10
Sysselsetting	102	0,72	-0,35	-0,31	-0,25	-0,14	-0,05	0,00	0,15	0,29	0,39	0,41	0,43
KPI	110	0,80	0,00	-0,11	-0,15	-0,21	-0,37	-0,51	-0,54	-0,56	-0,48	-0,37	-0,25
Foliorente	58	13,14	-0,02	-0,09	-0,22	-0,27	-0,30	-0,23	-0,18	-0,02	0,17	0,24	0,21
M0	51	7,78	-0,10	-0,02	-0,01	-0,11	-0,04	-0,20	0,01	-0,13	0,09	0,05	0,11
M1	51	2,02	0,16	0,34	0,23	0,10	0,14	0,13	0,10	0,00	0,08	-0,36	-0,44
M2	110	1,21	-0,14	-0,07	-0,05	-0,01	0,04	0,11	0,25	0,38	0,37	0,27	0,20
K1	91	1,69	-0,50	-0,57	-0,60	-0,62	-0,63	-0,57	-0,48	-0,37	-0,20	-0,09	0,01
K2	79	1,54	-0,48	-0,46	-0,42	-0,43	-0,42	-0,40	-0,41	-0,45	-0,48	-0,47	-0,44
K3	79	1,57	-0,40	-0,36	-0,31	-0,31	-0,33	-0,35	-0,39	-0,46	-0,48	-0,47	-0,45

\* Realstørrelser

**Tabell 3.a**

Korrelasjon mellom TFP-vekst korrigert for kapasitetsutnyttelse  
og x

x	Årsdata		og x										
	Obs	Std.avvik	x(t-5)	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)	x(t+5)
BNP FN*	35	1,87	-0,19	-0,37	-0,21	0,19	0,38	0,42	0,34	0,06	-0,05	0,05	0,01
TFP FN*	19	0,38	-0,21	-0,37	-0,55	-0,23	0,28	1,00	0,28	-0,23	-0,55	-0,37	-0,21
Arbeidsproduktivitet FN*	35	0,50	-0,55	-0,36	0,16	0,46	0,18	0,34	-0,25	-0,20	-0,33	-0,02	-0,08
Timeverk*	35	0,99	0,03	-0,18	-0,20	-0,03	0,21	0,23	0,36	0,13	0,04	0,01	0,05
Fast realkapital FN*	35	0,68	0,00	-0,08	-0,17	-0,23	-0,13	-0,02	0,21	0,41	0,51	0,45	0,32
Privat konsum*	35	1,33	-0,28	-0,47	-0,38	0,11	0,47	0,48	0,33	0,13	0,14	0,24	-0,03
Offentlig konsum*	35	0,85	0,14	0,11	-0,11	0,19	0,28	0,33	-0,11	-0,55	-0,62	-0,29	0,37
Bruttoinvestering*	35	4,79	0,04	-0,23	0,00	0,06	0,19	0,08	0,21	0,22	0,07	0,08	0,00
Eksport*	35	1,63	-0,24	0,09	0,46	0,51	0,09	-0,19	-0,30	-0,23	0,08	0,13	0,01
Import*	35	3,24	-0,08	-0,33	0,00	0,24	0,34	-0,03	0,02	0,10	0,14	0,22	0,15
Oljevirkosomhet*	35	7,25	0,05	0,29	0,46	0,21	-0,09	-0,22	-0,34	-0,12	0,04	0,02	-0,20
Timelønn	35	2,31	0,00	-0,19	-0,38	-0,35	-0,14	0,17	0,15	0,15	0,28	0,42	0,41
Sysselsetting	26	1,13	0,05	-0,18	-0,25	-0,13	0,17	0,32	0,40	0,22	0,18	0,07	-0,01
KPI	35	1,83	0,11	0,06	-0,21	-0,42	-0,38	0,01	0,05	0,08	0,16	0,27	0,33
Foliorente	15	16,83	-0,30	-0,30	-0,17	0,36	0,77	0,36	-0,09	-0,29	-0,36	-0,16	0,32
M0	14	5,16	-0,02	0,03	-0,20	-0,49	0,29	-0,04	0,23	0,27	-0,07	-0,36	0,05
M1	14	3,36	-0,48	-0,21	0,04	0,05	0,52	0,08	-0,36	-0,60	-0,40	0,13	0,75
M2	35	3,95	-0,20	-0,46	-0,49	-0,34	-0,13	0,00	0,30	0,12	-0,09	0,02	0,23
K1	24	4,09	0,11	-0,23	-0,40	-0,45	-0,33	-0,14	0,10	0,35	0,47	0,66	0,47
K2	21	4,00	0,16	0,13	-0,04	-0,38	-0,45	-0,26	-0,02	0,25	0,42	0,63	0,52
K3	21	3,89	0,00	0,02	-0,03	-0,28	-0,32	-0,15	0,02	0,22	0,31	0,48	0,43

\* Realstørrelser



x	Kvartals-		Korrelasjon mellom TFP justert for kapasitetsutnyttelse og x										
	Obs	Std.avvik	x(t-5)	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)	x(t+5)
BNP FN*	110	1,74	0,09	0,05	0,04	0,11	0,16	0,02	0,31	-0,03	0,02	0,17	-0,10
TFP FN*	75	0,41	-0,13	-0,07	0,03	0,05	0,25	1,00	0,25	0,05	0,03	-0,07	-0,13
Arbeidsproduktivitet FN*	110	0,65	0,16	-0,02	0,03	-0,07	-0,20	0,08	0,42	0,23	0,01	-0,14	-0,02
Timeverk*	110	1,37	-0,06	0,02	-0,05	0,08	0,17	-0,05	0,03	-0,10	0,01	0,17	-0,04
Fast realkapital FN*	110	0,27	-0,19	-0,17	-0,20	-0,20	-0,21	-0,21	-0,26	-0,23	-0,19	-0,11	-0,08
Privat konsum*	110	1,05	0,20	0,21	0,29	0,11	0,06	0,15	0,31	0,15	0,20	0,21	-0,07
Offentlig konsum*	110	1,15	0,13	0,17	0,06	0,17	0,26	0,03	0,21	-0,02	0,04	0,21	-0,07
Bruttoinvestering*	110	6,77	0,18	0,06	-0,17	0,06	0,12	-0,02	0,07	-0,13	-0,24	-0,13	0,11
Eksport*	110	2,35	0,06	0,10	-0,17	-0,19	0,08	-0,08	-0,03	-0,08	-0,13	-0,21	-0,27
Import*	110	2,46	0,14	0,29	0,05	0,10	-0,02	-0,17	-0,17	-0,19	-0,10	-0,12	-0,05
Oljevirkosomhet*	110	3,48	-0,01	0,08	-0,11	-0,29	-0,15	-0,18	-0,10	0,03	0,11	-0,17	-0,22
Timelønn	110	1,20	-0,12	-0,08	0,06	0,08	-0,06	0,03	0,05	0,12	0,07	0,01	0,17
Sysselsetting	102	0,72	-0,04	-0,06	-0,02	0,04	0,07	0,00	0,00	0,13	0,13	0,11	0,07
KPI	110	0,80	-0,37	-0,32	-0,18	0,01	0,10	0,14	0,03	0,01	-0,09	0,01	0,06
Foliorente	58	13,14	0,31	0,33	0,34	0,29	0,21	0,06	-0,03	-0,16	-0,14	-0,06	-0,01
M0	51	7,78	-0,01	0,10	0,20	0,14	0,10	0,07	-0,16	-0,02	-0,11	-0,05	0,05
M1	51	2,02	0,07	0,14	0,37	0,21	0,10	0,16	0,10	0,08	0,01	0,13	-0,19
M2	110	1,21	-0,04	0,05	0,19	0,02	-0,04	-0,02	0,07	0,09	0,25	0,32	0,26
K1	91	1,69	-0,27	-0,27	-0,26	-0,23	-0,23	-0,21	-0,19	-0,17	-0,13	-0,06	-0,04
K2	79	1,54	-0,19	-0,30	-0,27	-0,24	-0,25	-0,23	-0,21	-0,21	-0,22	-0,16	-0,15
K3	79	1,57	-0,14	-0,25	-0,19	-0,12	-0,11	-0,10	-0,11	-0,10	-0,17	-0,13	-0,13

\* Realstørrelser

**Tabell 4**

x	Årsdata		Korrelasjon mellom TFP-vekst korrigert for IT og x										
	Obs	Std.avvik	x(t-5)	x(t-4)	x(t-3)	x(t-2)	x(t-1)	x(t)	x(t+1)	x(t+2)	x(t+3)	x(t+4)	x(t+5)
BNP FN*	35	0,02	-0,44	-0,53	-0,48	-0,18	0,24	0,72	0,81	0,54	0,20	-0,15	-0,30
TFP FN*	35	0,01	-0,39	-0,38	-0,14	0,25	0,61	1,00	0,61	0,25	-0,14	-0,38	-0,39
Arbeidsproduktivitet FN*	35	0,01	-0,30	-0,25	0,00	0,36	0,49	0,68	0,10	-0,13	-0,31	-0,23	0,00
Timeverk*	35	0,02	-0,23	-0,37	-0,46	-0,38	-0,06	0,33	0,69	0,61	0,36	-0,01	-0,30
Fast realkapital FN*	35	0,01	-0,02	-0,30	-0,50	-0,63	-0,57	-0,32	0,08	0,45	0,61	0,55	0,34
Privat konsum*	35	0,02	-0,48	-0,60	-0,53	-0,22	0,23	0,66	0,78	0,48	0,09	-0,28	-0,34
Offentlig konsum*	35	0,02	0,32	0,52	0,34	0,05	-0,11	-0,20	-0,19	-0,20	-0,17	0,00	0,32
Bruttoinvestering*	35	0,09	-0,42	-0,44	-0,21	-0,09	0,25	0,58	0,68	0,44	0,11	-0,25	-0,39
Eksport*	35	0,03	-0,06	0,04	0,04	0,09	0,24	0,25	0,16	0,13	0,10	0,27	0,10
Import*	35	0,06	-0,50	-0,39	-0,11	0,02	0,31	0,58	0,64	0,34	-0,01	-0,31	-0,32
Oljevirkosomhet*	35	0,14	0,45	0,26	0,13	-0,17	-0,10	-0,18	-0,09	0,06	0,12	0,35	0,18
Timelønn	35	0,04	0,16	0,05	0,02	-0,24	-0,29	-0,29	-0,07	0,18	0,19	0,09	-0,02
Sysselsetting	26	0,02	-0,41	-0,60	-0,59	-0,44	-0,07	0,38	0,75	0,78	0,50	0,05	-0,25
KPI	35	0,03	0,26	0,29	0,25	-0,08	-0,32	-0,49	-0,48	-0,32	-0,17	-0,09	-0,02
Foliorente	15	0,32	0,76	0,22	-0,07	-0,43	-0,70	-0,50	-0,10	0,09	0,27	0,48	0,65
M0	14	0,10	-0,15	-0,21	0,72	0,01	-0,24	-0,14	-0,12	0,02	-0,12	-0,13	0,27
M1	14	0,06	0,87	0,29	0,04	-0,43	-0,60	-0,44	-0,68	-0,48	-0,22	0,11	0,63
M2	35	0,07	0,39	0,24	0,17	-0,13	-0,23	-0,27	-0,26	-0,29	-0,19	-0,09	0,01
K1	24	0,08	0,11	-0,32	-0,62	-0,85	-0,77	-0,37	0,02	0,35	0,44	0,36	0,19
K2	21	0,08	0,28	0,02	-0,34	-0,75	-0,87	-0,68	-0,43	0,12	0,57	0,72	0,53
K3	21	0,07	0,21	-0,04	-0,38	-0,74	-0,85	-0,65	-0,36	0,19	0,61	0,76	0,60

\* Realstørrelser

## 4.2 Diskusjon av de empiriske korrelasjonene – sammenligning med teori, tidligere undersøkelser og utenlandsk empiri.

Tabellene 1.a og b, samt 2.a og b viser stort sett de samme empiriske korrelasjonene ved å bruke produksjonstall som ved å bruke bruttoproduktall. Dette er som forventet siden TFP basert på produksjonstall har den samme sykliske utviklingen som TFP basert på bruttoproduktall, det er kun nivået som er forskjellig. Solow-residualen basert på bruttoproduktall og produksjonstall er dermed ekvivalente når vi ser empirisk samvariasjon mellom produktivitet og andre variabler.

TFP justert for IT viser i tabell 4 også omtrent de samme korrelasjonene som original Solow-residual. Husk at her er beregningene basert på gjennomsnittlige vekstrater i VICS for 8 land. Disse vekstratene er nødvendigvis ikke representative for Norge. I tillegg er indeksen beregnet kun på årsdata i perioden 1981-2001, slik at jeg har svært få observasjoner å basere denne tallserien på. Beregningene indikerer likevel at bruk av VICS til beregning av TFP vil gi signifikant lavere TFP-vekst i perioden fra 1995 frem til i dag. Å justere for IT vil endre det langsiktige trendnivået i TFP-veksten, men antagelig ikke endre lavfrekvente sykler i stor grad. Dermed vil korrelasjonsmatrisene heller ikke endres i særlig grad.

Ved å justere for variable kapasitetsutnyttelse blir mønsteret i korrelasjonsmatrisene atskillig forandret. Jeg finner færre signifikante samvariasjoner, samt at korrelasjonsmønstrene virker mer usystematisk. Jeg finner blant annet lavere samvariasjon mellom BNP og TFP ved å justere for kapasitetsutnyttelse. Ujusterete TFP-beregninger viser også en sterk negativ korrelasjon mellom kredittvekst og TFP-vekst. Denne korrelasjonen ser ut til å svekkes markant ved justering for kapasitetsutnyttelse.

Det er i tillegg forskjell på hvilken tidsfrekvens vi ser på. Beregninger gjort på årsdata viser gjennomgående høyere korrelasjon enn beregninger på kvartalsdata. Ved justering for variabel kapasitetsutnyttelse på kvartalsdata finner vi ingen signifikante korrelasjoner mellom TFP og de makroøkonomiske variablene, mens tilsvarende årsberegninger viser enkelte signifikante resultater.

Som nevnt tidligere i kapittel 4 er disse korrelasjonene kjørt på data som er filtrert med 2-sidige filter. Det er viktig å huske på at denne type filtrering kan generere sykler som i realiteten ikke er der. Unormale resultater bør dermed granskes nøye før en bygger konklusjoner opp under slike funn.<sup>12</sup>

Følgende resultater synes å samsvare over frekvenser, metoder og med utenlandske undersøkelser:

- Total faktorproduktivitet virker å være prosyklisk med bruttonasjonalproduktet.
- Arbeidsproduktivitet er positivt korrelert med total faktorproduktivitet.
- Privat konsum er positivt korrelert med og lagger TFP.
- Kreditt er negativt korrelert med og leder TFP.
- Å benytte produksjonstall i stedet for bruttoproduktall, samt å justere for informasjonsteknologi vil gi relativt like korrelasjonsmatriser. Å justere for kapasitetsutnyttelse derimot vil endre korrelasjonsmønsteret i matrisene betraktelig.

La oss se nærmere på de mest interessante funnene:

#### ***4.2.1 TFP og BNP – Er produktivitet prosyklisk eller asyklisk med konjunktursyklusene?***

Flere økonomer har gjennom tidene undersøkt hvorvidt produktiviteten er pro- eller asyklisk med BNP. Realkonjunkturteorien, først introdusert av Kydland og Prescott (1982), viser at 70 prosent av konjunktursvingningene kan forklares av teknologisjokk, dvs endringer i produktivitetsnivået. Midlertidige positive teknologisjokk vil øke produksjonen, konsumet,

---

<sup>12</sup> Jeg har i tillegg til HP-trend kjørt lineær detrending av data for å se om jeg får annerledes mønster i korrelasjonsmatrisene. I dette tilfellet får jeg svært like korrelasjonsmatriser som ved bruk av HP-trend. Eneste forskjell er gjennomgående høyere korrelasjonskoeffisienter ved lineær detrending.

investeringer og antall arbeidstimer over det langsiktige trendnivået, samtidig som oppgangskonjunktoren er persistent. Ifølge denne teorien vil produktivitet nødvendigvis måtte være prosyklisk med BNP.

Groth, Gutierrez-Domenech og Srinivasan (2004) viser at TFP-veksten i Storbritannia definert som den vanlige Solow-residualen er positivt korrelert med BNP-veksten. Sustek (2006) finner for Storbritannia prosyklisk arbeidsproduktivitet som leder konjunktursyklene med tre kvartaler. Kydland og Prescott (1990) finner tilsvarende prosyklisk og ledende arbeidsproduktivitet på amerikanske data, mens Fernald og Basu (1999) finner prosyklisk total faktorproduktivitet i USA. Sistnevnte forfattere hevder at produktivitet har en tendens til å være prosyklisk ikke bare fordi teknologisk utvikling driver konjunktursyklene. Andre forklaringer på prosyklisk produktivitet kan være økende skalautbytte eller feil måling av produksjonsfaktorene. Ved økende skalautbytte vil økning i arbeidskraften  $L$  eller kapitalen  $K$  som følge av økt aktivitetsnivå gi økning i  $Y$  høyere enn økningen i  $K$  og  $L$ . Denne økningen vil bli positivt gjenspeilt i TFP.<sup>13</sup> Feil måling av produksjonsfaktorene vil føre til at uobserverte endringer i kapasitetsutnyttelsen eller arbeidsintensiteten som kan gi forskjell mellom faktisk og målt produktivitet. Det siste punktet har jeg forsøkt å ta hensyn til ved å estimere hvor mye av kapitalen som faktisk benyttes til enhver tid.

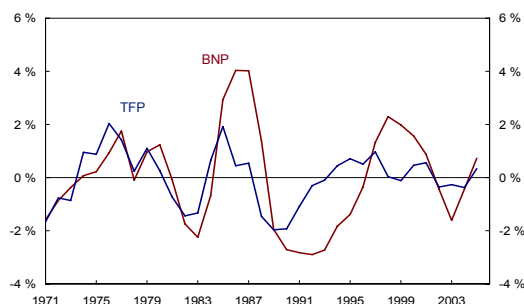
Basu, Fernald og Kimball (1998) finner at når produktivitet justeres for imperfekt konkurranse, variabel kapasitetsutnyttning og aggregeringseffekter så er målt teknologisk vekst i USA asyklisk og i noen tilfeller kontrasyklisk med BNP på kort sikt. De hevder at dette er konsistent med generelle dynamiske likevektsmodeller med prisstivhet (eks. Calvo-prising). Økt produktivitet fører til at en bedrift kan produsere samme kvantum som før med mindre mengde innsatsfaktorer. Når prisene holdes fast er det heller ingen grunn til å endre produksjonen siden likevektsbetingelsen i markedet er den samme som før.

---

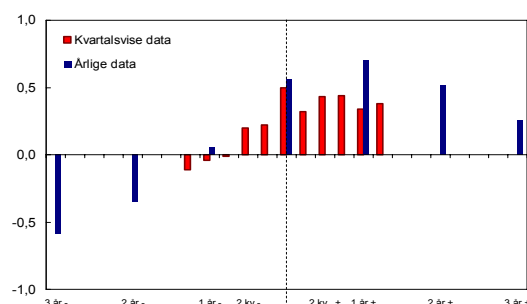
<sup>13</sup> Ved økende skalautbytte vil  $tV > F(tL, tK)$ . Anta at  $s$  er gitt slik at  $stV = F(tL, tK)$ ,  $s > 0$ . Da vil TFP-veksten være gitt ved  $d \ln A = st \ln V - F(tL, tK)$ . Jo høyere skalautbytte, jo høyere  $s$ , som resulterer i høyere TFP-vekst ved økende bruk av innsatsfaktorer.

**Figur 13.a – BNP og TFP i Fastlands-Norge**

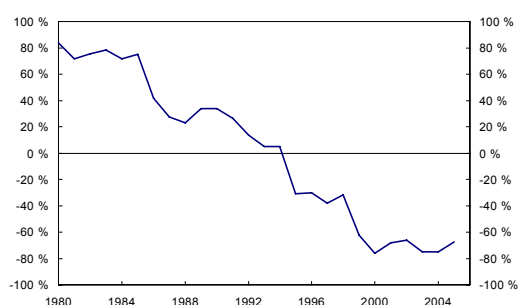
Avvik fra HP-trend i prosent av trend: Produktivitet basert på årlige bruttoproduktall

**Figur 13.b – Krysskorrelasjon – TFP og BNP**

Produktivitet basert på bruttoproduktall

**Figur 13.c - Rullende korrelasjon mellom arbeidsproduktivitet og BNP**

Rullende korrelasjon over ti foregående år.

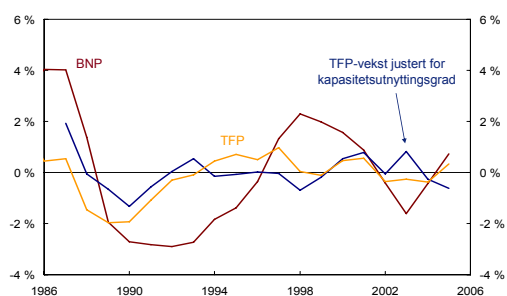


Figur 13.a viser at total faktorproduktivitet i Norge målt som vanlig Solow-residual er sterkt prosyklisk med BNP. Dette gjenspeiles i figur 13.b som viser høy positiv korrelasjon mellom TFP og BNP, samt at BNP lagger TFP med ca tre kvartaler. Det betyr at TFP leder konjunktursyklusen i økonomien. Dette samsvarer med utenlandske undersøkelser og realkonjunkturteoriene som hevder at det er produktiviteten og den teknologiske utviklingen som driver økonomien.

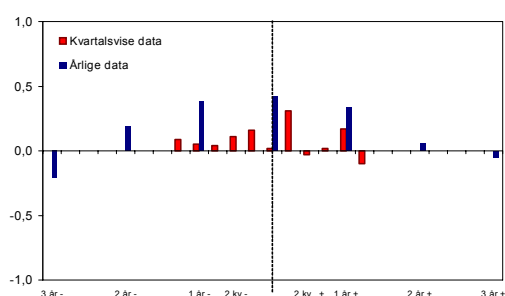
Husebø og Wilhelmsen (2005) finner at produktivitet i Norge er asyklisk med BNP. De bruker arbeidsproduktiviteten som mål på produktivitet. Som figur 13.c viser har det vært negativ korrelasjon de siste 10 årene mellom arbeidsproduktiviteten og BNP. Bjørnland (2000) finner derimot positiv korrelasjon mellom arbeidsproduktivitet og BNP ved tilsvarende analyser på data fra 1967 til 1994. Årsaken til disse motsettede resultatene er at korrelasjonskoeffisienten mellom arbeidsproduktivitet og BNP har byttet fortegn over tidsperioden, slik figur 13.c viser. Den har gått fra sterk positiv på begynnelsen av 80-tallet til sterk negativ i dag.

Fenomenet motsyklisk arbeidsproduktivitet samtidig med prosyklisk total faktorproduktivitet kan skyldes følgende: Figur 1.a i kapittel 2.2 viser et økende antall arbeidstimer når produksjonen øker. Arbeidsproduktiviteten på nivå er definert som bruttonasjonalprodukt relativt til antall arbeidstimer bruk i økonomien. Endringen i arbeidsproduktiviteten avhenger da om hva som øker mest: veksten i BNP eller veksten i arbeidstimer. Merk her at vi snakker om endringer i veksten, altså den deriverte av andre grad til BNP og arbeidstimer. Fra 1990-tallet har veksten i arbeidstimer økt mer enn økningen i BNP-veksten (og omvendt ved nedgang). Den andrederiverte til arbeidstimer har altså vært mer volatil enn andrederiverte til BNP. Økt BNP-vekst vil i dette tilfellet gi lavere vekst i arbeidsproduktiviteten. Vekst i kapitalintensiteten, definert som vekst i kapitalen relativt til vekst i arbeidstimene, vil i dette tilfellet bli redusert på grunn av økt vekst i timeantallet og stabil vekst i kapitalen. Dersom nedgangen i kapitalintensitetsveksten overgår nedgangen i arbeidsproduktivitetsveksten, vil TFP-veksten øke. Analyser på både amerikanske og britiske data viser både prosyklisk TFP og prosyklisk arbeidsproduktivitet. Det er derfor besynderlig at den norske økonomien i flere år har opplevd prosyklisk TFP og motsyklisk arbeidsproduktivitet, særlig fordi vi i Norge har et strengt regulert arbeidsmarked med høy terskel for å si opp ansatte. Husebø og Wilhelmssen (2005) argumenterer for at motsyklisk arbeidsproduktivitet er et forbigående fenomen som skyldes ekstraordinære faktorer.

Figur 14.a – BNP og TFP i Fastlands-Norge – Avvik fra HP-trend Produktivitet basert på årlige bruttoproduktall



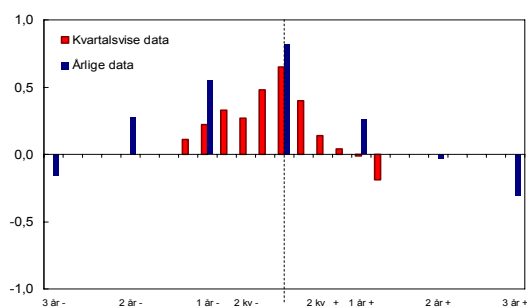
Figur 14.b – Krysskorrelasjon – TFP justert for kapasitetsutnyttelse og BNP Produktivitet basert på bruttoproduktall



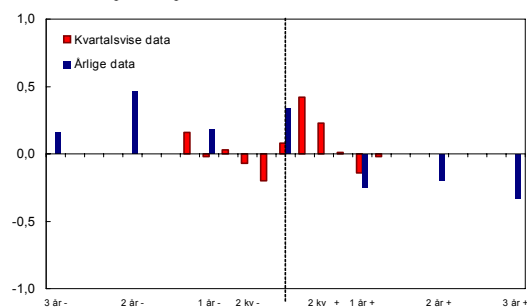
Figur 14.a og b viser en betydelig nedgang i korrelasjonen mellom BNP og TFP når kapitalen justeres for variabel utnyttingsgrad. Fortsatt finnes grunnlag for å påstå at TFP i Norge er prosyklisk også når jeg justerer for kapasitetsutnyttelsen. TFP er nå kontemporært korrelert med BNP, dvs korrelasjonen er sterkes når TFP og BNP måles i samme periode.

## 4.2.2 TFP og arbeidsproduktivitet

Figur 15.a – Krysskorrelasjon – TFP og Arbeidsproduktivitet  
Produktivitet basert på bruttoproduktall



Figur 15.b – Krysskorrelasjon – TFP justert for kapasitetsutnyttelse og arbeidsproduktivitet  
Produktivitet basert på bruttoproduktall



Vi ser av tabell 1.a og figur 15.a at vi finner en sterk positiv korrelasjon mellom målt TFP og arbeidsproduktiviteten. Slik samvariasjon er åpenbar siden total faktorproduktivitet beregnes med likning 10 i kapittel 2:

$$10) \text{TFP-vekst} = \underbrace{(d \ln V_t - d \ln L_t)}_{\text{Vekst i arbeidsproduktivitet}} - (1 - \alpha_{L_t}) \underbrace{(d \ln K_t - d \ln L_t)}_{\text{Vekst i bidrag fra kapitalintensitet}}$$

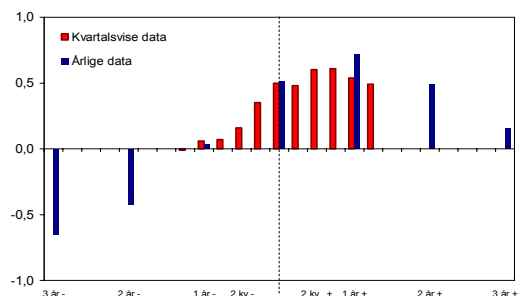
Kapitalintensiteten har som figur 4.a viser vekst relativt stabilt i forhold til veksten i arbeidsproduktiviteten over perioden. Endringer i arbeidsproduktiviteten vil derfor gi tilsvarende endringer i TFP-veksten.

Også som forventet minker korrelasjonen når vi justerer for variabel kapasitetsutnyttelse som vi ser av figur 15.b. Variabel utnyttelse av kapitalen gjør at kapitalintensiteten får et mer syklisk mønster som figur 4.a viser. Det er ikke lenger kun mønsteret til arbeidsproduktiviteten som bestemmer mønsteret på TFP.

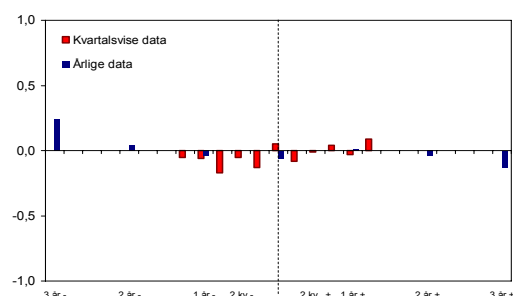


### 4.2.3 TFP, investering, privat og offentlig konsum

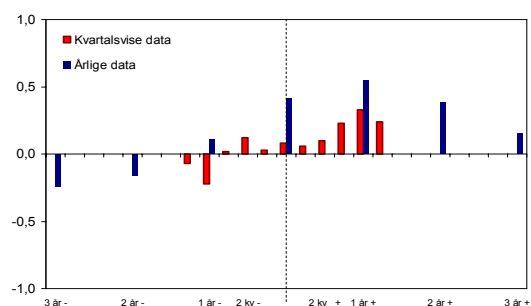
**Figur 16.a – Krysskorrelasjon – TFP og privat konsum**  
Produktivitet basert på bruttoproduktall



**Figur 16.b – Krysskorrelasjon – TFP og offentlig konsum**  
Produktivitet basert på bruttoproduktall



**Figur 16.c – Krysskorrelasjon – TFP og bruttoinvestering**  
Produktivitet basert på bruttoproduktall



Figur 16.a og c viser at privat konsum og bruttoinvestering er positivt korrelert med TFP og at de lagges med henholdsvis tre kvartaler og ett år. Dette er som forventet da økt produktivitet synes å drive økt økonomisk aktivitet som igjen er høyt positivt korrelert med privat konsum og investeringer. Offentlig konsum viser ingen signifikant korrelasjon med TFP, vist i figur 16.b. Husebø og Wilhelmsen (2005) finner at offentlig konsum er asyklisk med BNP, det er dermed naturlig at TFP er ukorrelert med offentlig konsum.

Igjen vil justering for kapasitetsutnyttelse gi mindre signifikante resultater, spesielt når det gjelder bruttoinvesteringer. Årsaken til at bruttoinvesteringer blir mer påvirket av justeringen enn privat konsum kan knyttes til husholdningenes permanente inntektshypotese.

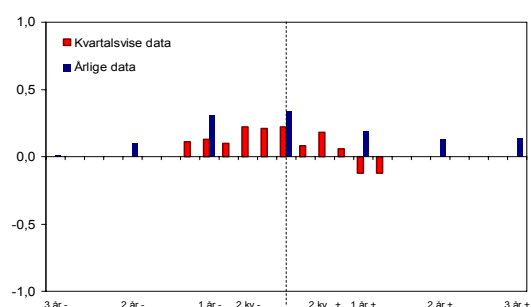
Husholdninger baserer sitt konsum på fremtidig forventet inntekt og jevner ut konsumet over livstiden. De sparer i perioder med høy inntekt for å kunne konsumere i fremtiden.

Bruttoinvesteringer er derimot svært påvirket av konjunktursyklene i økonomien.

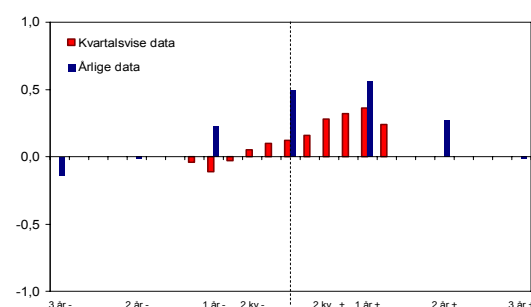
Standardavvikene viser at privat konsum er mindre volatil enn BNP, mens bruttoinvestering er nesten fem ganger så volatil som BNP. Jo mer en variabel influeres av syklene i BNP, jo mer vil den påvirkes av justering for kapasitetsutnyttelsen.

#### 4.2.4 TFP, import og eksport

Figur 17.a – Krysskorrelasjon – TFP og eksport  
Produktivitet basert på bruttoproduktall



Figur 17.b – Krysskorrelasjon – TFP og import  
Produktivitet basert på bruttoproduktall



Import er som investering og privat konsum høyt positivt korrelert med BNP. Det er dermed ikke overraskende at import er positivt korrelert med total faktorproduktivitet. Figur 17.b viser at import lagrer TFP med ett år.

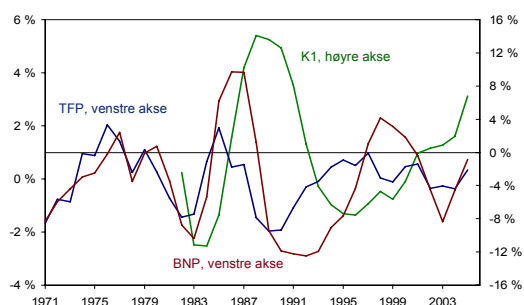
Figur 17.a viser derimot at eksport er positivt korrelert med og leder TFP med omtrent to kvartaler. Husebø og Wilhelmsen (2005) finner at eksport er asyklisk med BNP, men at den virker å være kontemporært prosyklisk siden slutten av 90-tallet. Prosyklisk eksport kan forklare positiv korrelasjon mellom eksport og TFP, men forklarer ikke årsaken til at eksport leder TFP. Et sentralt spørsmål her er hvorvidt denne prosykliske effekten kan skyldes det faktum at vi måler produktiviteten som en residual. Dersom prisene på eksportvarer, for eksempel oljeprisen, øker uventet, vil verdien av eksporten øke. Økt eksportverdi gir økt BNP, som igjen fører til høyere residual. Men denne økningen i residualen skyldes ikke produktivetsforbedringer: Eksportsektoren blir ikke mer effektiv selv om prisen på varene deres øker. Dette er et klassisk eksempel på hvordan oljeprissjokk og andre prissjokk vil bli målt som et teknologiskjokk, selv om den virkelige teknologiske utviklingen i økonomien er stabil. Bjørnland (2000) viser at eksport skifter mellom å være prosyklisk og kontrasyklisk med BNP avhengig av hvilken metode en benytter for å beregne trenden. Resultatene i figur 17.a kan derfor være påvirket av at HP-trend er benyttet for å beregne trend i dataene.

#### 4.2.5 TFP, pengemengden og kreditt

Ved første øyekast kan den sterke negative korrelasjonen mellom TFP-veksten og kredittveksten virke som et unaturlig resultat.

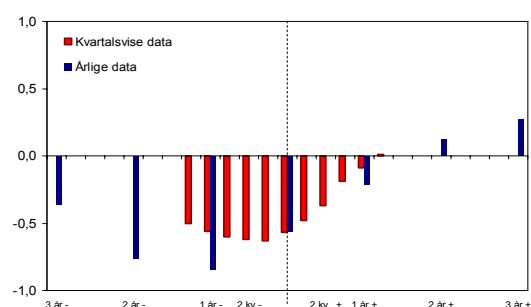
Figur 18.a – BNP, K1 og TFP i Fastlands-Norge

Avvik fra HP-trend i prosent av trend. Produktivitet basert på årlige bruttoproduktall



Figur 18.b – Krysskorrelasjon – TFP og kreditt (K1)

Produktivitet basert på bruttoproduktall



Figur 16.a viser helt klart negativ korrelasjon mellom TFP og K1. De store svingningene i K1 styrer mye dette mønsteret, særlig den brå oppgangen på 1980-tallet fulgt av den kraftlige nedgangen på begynnelsen av 1990-tallet. Figuren 16.b viser krysskorrelasjon mellom K1 og TFP. K1 ser fra denne figuren ut til å lede utviklingen i TFP.

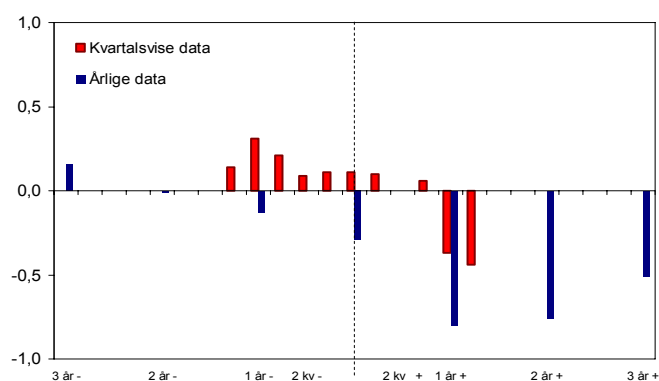
Merk av figur 16.a hvordan BNP leder kreditten med tre år, mens TFP igjen leder BNP med ett år. Resultatet av dette er at vi finner positiv signifikant korrelasjon mellom kreditt og TFP når kreditt lagrer fire år. Det virker som et mer fornuftig resultat at kreditt og TFP skal være positivt korrelert siden økt kredittmengde gir økt kjøpekraft og økte investeringer.

Kreditt er en glatt tidsserie. Ettersom serien er detrendet med et tosidig filter for å sammenligne syklene mellom TFP og K1, kan beregningene være beheftet med falske sykler. En annen forklaring på negativt korrelert produktivitet og kreditt er at seriene for kredittmengden og kapitalmengden er svært høyt korrelert. Kapitalmengden og publikums bruttogjeld akkumuleres opp med omtrent samme mønster. Dette virker ikke unaturlig da bedrifter og privatpersoner står ovenfor den samme renteutviklingen, de samme

konjunktursyklene og de samme forventningene om fremtidig rente og etterspørsel. Høyere vekst i kapitalmengden gir redusert TFP-vekst.

Ved justering for variabel kapasitetutnyttelsesgrad blir korrelasjonen mellom kreditt og produktivitet insignifikant og i noen tilfeller positiv. Det er derfor vanskelig å konkludere hvorvidt kreditt er positivt eller negativt korrelert med TFP.

**Figur 19 – Krysskorrelasjon – TFP og pengemengden (M1)**  
Produktivitet basert på bruttoproduktall



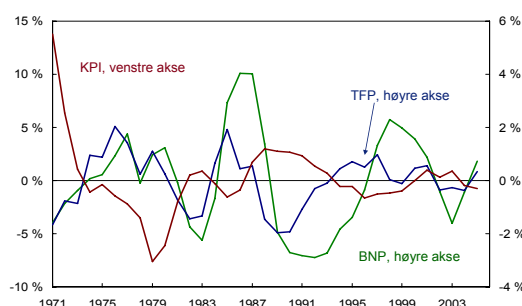
Figur 19 viser at pengemengden virker å lagge TFP med negativ korrelasjon. Merk her at det er kun beregningene basert på årstall som viser sterk negativ samvariasjon, samt at det er kun M1 av pengemengdeindikatorene som gir signifikant korrelasjon med TFP. Verken M0 eller M2 er sterkt korrelert med TFP. Dette indikerer at beregningene kan være beheftet med tilfeldigheter i forhold til hvilken type pengemengde en bruker eller målefeil på grunn av falske sykler. Dette støttes av Bjørnland (2000) som ikke finner bevis for å hevde at pengemengden er en stasjonær serie. Bruk at deterministisk trend eller HP-filter på ustasjonære serier vil kunne generere falske sykler. Sustek (2006) finner på britiske data at pengemengden er prosyklisk. Det ville derfor være naturlig å tro at pengemengden også var positivt korrelert med TFP.

## 4.2.6 TFP og konsumpriser

Er priser prosykliske eller kontrasykliske med produksjonen? Dette tema har vært kraftig debattert siden Kydland og Prescott (1990) konkluderte med at prisnivået i USA har vært motsyklisk siden midten av 1950-tallet. Lignende undersøkelser av Bjørnland (2000) og Husebø og Wilhelmsen (2005) finner dette også på norske data.

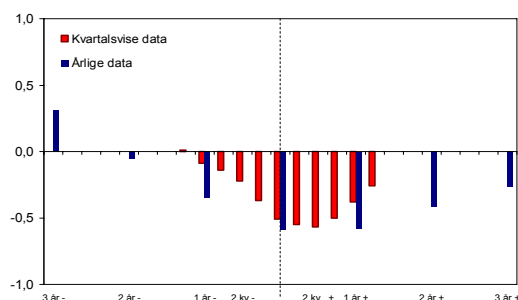
**Figur 20.a – KPI, BNP og TFP i Fastlands-Norge**

Avvik fra HP-trend i prosent av trend: Produktivitet basert på årlige bruttoproduktall



**Figur 20.b – Krysskorrelasjon – TFP og KPI**

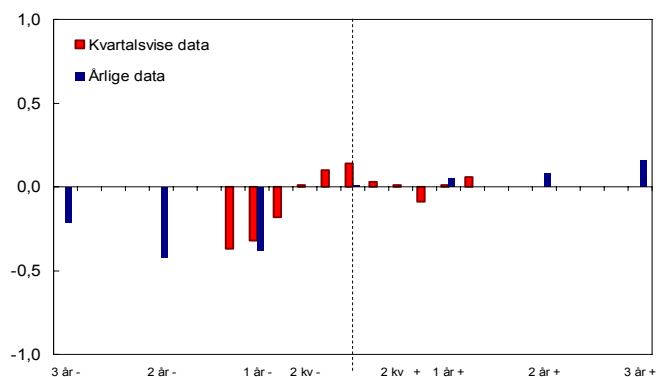
Produktivitet basert på bruttoproduktall



Figur 20.a viser KPI, TFP og BNP som prosentvis avvik fra HP-trend. Vi ser klart en motsyklisk tendens mellom priser og bruttonasjonalproduktet. Bjørnland (2000) og Husebø og Wilhelmsen (2005) viser begge at priser i Norge er kontrasyklisk med og lagger BNP med omtrent fem kvartaler.

TFP er sterk negativt korrelert med konsumpriser som vist i figur 20.b. KPI lagger TFP med tre kvartaler. Siden BNP er prosyklisk med og lagger TFP, og konsumpriser ser ut til å være motsyklisk med produksjonen, er det naturlig at KPI også må være negativt korrelert og lagger produktiviteten. Husebø og Wilhelmsen (2005) viser imidlertid at selv om konsumpriser på nivå er motsyklisk med BNP, er endringen i KPI, altså inflasjon, prosyklisk når den lagger BNP med fem kvartaler. Det er dermed ikke unaturlig å tro at inflasjon og TFP også er positivt korrelert. Det virker dermed som om teknologisjokk virker negativt på den sykliske komponenten i prisnivået, men positivt på den sykliske komponenten i inflasjonen.

**Figur 21 – Krysskorrelasjon – TFP justert for kapasitetsutnyttelse og KPI**  
 Produktivitet basert på bruttoproduktall



Justeres Solow-residualen for varierende bruk av kapital slik figur 21 viser, blir målt samvariasjon mellom TFP og KPI mindre signifikant. Det er fortsatt negativ korrelasjon mellom produktivitet og konsumpriser, men det virker i dette tilfellet som om KPI leder TFP med omtrent fem kvartaler. Siden krysskorrelasjonen viser et tilfeldig mønster er det nå vanskelig å konkludere om konsumpriser er negativt korrelert eller ukorrelert med TFP.

## 5. Konklusjon

Denne oppgaven studerte først ulike metoder for å måle totalfaktorproduktivitet og undersøkte så hvordan disse målene på TFP samvarierte med sentrale makroøkonomiske variabler. Siden total faktorproduktivitet ikke kan observeres direkte, men beregnes som en residual mellom produksjon og innsatsfaktorer til produksjonen, har oppgaven mer nøyaktig tatt for seg ulike måter å måle produksjon og innsatsfaktorer som kapital og arbeidskraft i produktfunksjonen.

TFP beregnes vanligvis som Solow-residualen basert på bruttoproduktall. I tillegg til denne har jeg estimert tre alternative mål på total faktorproduktivitet: Solow-residualen basert på produksjonstall, Solow-residualen justert for variabel kapasitetsutnyttelse og Solowresidualen justert for informasjonsteknologi. Ved å justere for kapasitetsutnyttelse erkjenner vi at arbeidstimer og kapitalintensitet ikke bare responderer til sykliske faktorer men også til strukturelle endringer. Disse endringene bør gjenspeiles som vekst i innsatsfaktorene og ikke som vekst i TFP. Når TFP justeres for bruken av IT, defineres kapital i produktfunksjonen som nytten kapitalen genererer i stedet for selve kapitalmengden. I perioder med høy vekst i IT-investeringer, som vi observerte på slutten av 90-tallet, vil serien for nytten kapitalen genererer vokse fortere enn serien for kapitalmengden.

Opgaven viser at nivået og den langsiktige trenden i TFP-veksten endres dersom en benytter produksjonstall i stedet for bruttoproduktall, og dersom TFP justeres for informasjonsteknologi. Å justere for kapasitetsutnyttelse endrer derimot de kortsiktige syklene i produktiviteten men nivået virker uendret.

Beregnet samvariasjon mellom makroøkonomiske variabler og TFP målt som Solow-residual basert på bruttoproduktall, produksjonstall, samt justering av Solow-residualen for IT gir samme resultater. Jeg finner at:

- Total faktorproduktivitet er prosyklisk med BNP og ser ut til å lede konjunktursykelen med ca ett år.

- Arbeidsproduktiviteten er positivt korrelert med totalfaktorproduktiviteten, men motsyklisk med BNP. Dette skjer fordi veksten i arbeidstimer har økt mer enn veksten i BNP, samt at økt vekst i arbeidstimer gir lavere vekst i kapitalintensitet.
- Privat konsum, bruttoinvestering og import er positivt korrelert med TFP. Privat konsum lagrer TFP med tre kvalrater, mens bruttoinvestering og import lagrer TFP med omtrent fire kvartaler.
- Offentlig konsum er ukorrelert med TFP.
- Eksport er positivt korrelert med og leder TFP med omtrent to kvartaler.
- KPI og kreditt er negativt korrelert med TFP. KPI lagrer produktiviteten med to kvartaler, mens kreditt leder TFP med omtrent ett år.
- TFP-beregninger på årstall viser gjennomgående høyere korrelasjon med variablene enn tilsvarende beregninger på kvartalstall.

Dersom Solow-residualen justeres for variabel utnyttelse av kapital gir dette lite endringer på nivået og langsiktige trender på produktivitetsveksten, men korrelasjonsmatrisene viser at kortsiktige produktivitetssyklus påvirker i stor grad:

- Generelt blir korrelasjonskoeffisientene sterkt redusert ved å justere TFP for variabel utnyttelse av kapitalen.
- Korrelasjonen mellom total faktorproduktiviteten og BNP reduseres, men et prosyklisk mønster kan fortsatt sees.
- Privat konsum er positivt korrelert med og lagrer TFP, men korrelasjonskoeffisienten er noe svekket. Bruttoinvestering og import viser liten signifikant korrelasjon med TFP. Siden alle disse variablene i utgangspunktet er positivt korrelert med og lagrer BNP, er det naturlig at korrelasjonen reduseres når TFP justeres for kapasitetsutnyttelse.
- Konsumpriser og kreditt er fortsatt negativt korrelert med TFP, selv om korrelasjonskoeffisientene blir svekket når TFP justeres for kapasitetsutnyttelse. Kreditt viser fortsatt et motsyklisk og ledende mønster i forhold til total faktorproduktiviteten.

Oppgaven viser at forskjellige mål på TFP kan gi forskjellig empirisk samvariasjon. I modeller hvor produktivitet settes i sammenheng med andre økonomiske variable bør man



derfor være bevisst hvilket mål på produktivitet en benytter. Resultatene av modellen vil kunne påvirkes av hvilket type mål på TFP som blir benyttet.

Dersom en vil analysere en nærings eller en enkeltsektor produktivitsutvikling, bør produksjonstall fremfor bruttoproduktall benyttes. Brutttoproduktall benyttes derimot i beregninger av en aggregert sektors eller økonomis produktivitet. Ønskes en analyse av den teknologiske utviklingen på lengre sikt, bør opprinnelig Solow-residual justeres for bruken av informasjonsteknologi dersom data for dette er tilgjengelig. Er det derimot de lavfrekvente syklene i produktiviteten en er interessert i, bør original Solow-residual justeres for hvor effektivt arbeidskraft og kapital til enhver tid benyttes. Uansett bør man huske på at produktivitet måles som en residual – det som puttes inn i modellen påvirker det som kommer ut! Teknologisk utvikling vil aldri kunne observeres direkte, men som økonom må man være bevisst på hvordan estimert teknologisk vekst påvirkes av måten den beregnes.

## Referanser

- Andersson, B. og M. Ådahl (2005): "The "new economy" and productivity in Sweden in the 2000's", Sveriges Riksbank Economic Review 2005:1.
- Basu, S., J.G. Fernald and M. Kimball (1998): "Are Technology Improvements Contractionary?", International Finance Discussion Paper 625, Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Basu, S., J.G. Fernald, N. Oulton and S. Srinivasan (2003): "The Case of the Missing Productivity Growth: Or, Does Information Technology Explain why Productivity Accelerated in the United States but not the United Kingdom?", NBER Working Paper No. 10010, October 2003.
- Basu, S., J.G. Fernald and M.D Shapiro (2001): "Productivity growth in the 1990s : technology, utilization, or adjustment?", Federal Reserve Bank of Chicago Working paper series July 2001.
- Basu, S, og M.S. Kimball (1997): "Cyclical Productivity with unobserved input variation", NBER Working Paper 5915, National Bureau of Economic Research.
- Berndt, E. R. and M. A. Fuss (1986): "Productivity measurement with adjustments for variations in capacity utilization and other forms of temporary equilibrium", Journal of Econometrics 33 (1986) 7-29
- Bjørnland, H.C (2000): "Detrending methods and stylized facts of business cycles in Norway – an international comparison", Empirical Economics (2000), 25: 369-392.
- Bjørnland, H. C., L. Brubakk og A. S. Jore (2004): "Produksjonsgapet i Norge – en sammenlikning av beregningsmetoder", Penger og Kreditt 4/2004, Norges Bank.
- Groth, C., M. Gutierrez-Domeneck and S. Srinivasan, Sylaja (2004): "Measuring total factor productivity for the United Kingdom", Bank of England's Quarterly Bulletin spring 2004.
- Hagén, H.O., J. Zeed (2005): "Does ICT use matter for firm productivity?", Yearbook on Productivity 2005, Statistics Sweden.
- Halvorsen, J.I. (2004): "Produktivitet og velstandsutvikling I Norge for perioden 1981 til 2003", Analysenotat Norges Bank.
- Jorgenson, D.W. and K.J. Stiroh (1999): "U.S. Economic Growth at the Industry Level", American Economic Review.
- Kydland, F.E. and E.C. Prescott (1982): "Time to build and aggregate fluctuations", Econometrica, Vol. 50, Issue 6.
- Kydland, F.E. and E.C. Prescott (1990), "Business Cycles: Real Facts and a Monetary Myth", Federal Reserve Bank of Minneapolis, issue Spr, pages 3-18.
- Morin, N. and J. J. Stevens (2004): "Diverging measures of capacity utilization: An explanation", Federal Reserve Board , Finance and Economics Discussion Series 2004-58.
- Nordic Council of Ministries (2005): "Nordic Information Society Statistics 2005", TemaNord 2005:562.
- Norges Bank (2006): "Definisjoner og symboler mv. i pengemengdestatistikken", [www.norges-bank.no/front/statistikk/no/pengemengden/metan.htm](http://www.norges-bank.no/front/statistikk/no/pengemengden/metan.htm)
- Norges Bank (2006): "Kredittindikatoren K3", [www.norges-bank.no/front/statistikk/no/k3/k3metan.htm](http://www.norges-bank.no/front/statistikk/no/k3/k3metan.htm)
- Oulton, N. (2001): " Measuring capital service in the United Kingdom", Bank of England Quarterly Bulletin Autumn 2001.

- Oulton, N. and S. Srinivasan (2003): "Capital stocks, capital services and depreciation: An integrated framework", Bank of England Working Papers no. 192.
- OECD Manual (2001): "Measuring Productivity: Measurement of aggregate and industry-level productivity growth".
- Raknerud, A. og D. Rønningen (2004): Kapitalinnsats og produktivitet i norsk industri 1993-2002 – revurderinger i lys av mikrodata", SSB Økonomiske analyser 2/2004.
- Schreyer, P (2004): "Capital Stocks, Capital Services and Multi-Factor Productivity Measures". OECD Economic Studies, No. 37, 2003/2.
- Solow, R. M. (1956): "A Contribution to the Theory of Economic Growth", The Quarterly Journal of Economics, Vol. 70, No. 1.
- Solow, R. M. (1957): "Technical Change and the Aggregate Production Function", The Review of Economics and Statistics, Vol. 39, No. 3.
- Sustek, R. (2006): "Some empirical regularities in the UK business cycle", Bank of England Working paper, Bank of England.
- SSB Økonomiske Analyser (2005), "Produksjonsevne og Konsummuligheter", Økonomiske analyser 1/2005.
- Statistisk Sentralbyrå (2006): "Temaside for Informasjonssamfunnet", [www.ssb.no/emner/10/03/ikt/](http://www.ssb.no/emner/10/03/ikt/)
- Vaze, P. (2003): "Estimates of the volume of capital services", Economic Trends November 2003, Office of National Statistics.

## Vedlegg

### V.1 Tallserier brukt:

#### *V.1.1 TFP basert på bruttoproduksjonstall:*

Årlige tall:

BNP – Bruttonasjonalprodukt i løpende priser. SSB årlig nasjonalregnskap. Tabell 13.

Bruttoprodukt etter hovednæring i basisverdi. Millioner kroner. 1970 – 2005.

Deflatert med årlig volumsendring i bruttonasjonalprodukt. SSB årlig nasjonalregnskap. Tabell 14. Bruttoprodukt etter hovednæring i basisverdi. Årlig volumendring i prosent. Baseår 2003. 1970 – 2005.

Timeverk - SSB årlig nasjonalregnskap. Tabell 23. Utført timeverk etter hovednæring. Lønnstakere og selvstendige. Millioner. 1970 – 2005.

Fast realkapital - Fast realkapital i løpende priser. SSB årlig nasjonalregnskap. Tabell 42. Fast realkapital etter hovednæring. Millioner kroner  
Deflatert med årlig volumsendring i fast realkapital. Tabell 43. Fast realkapital etter hovednæring. Årlig volumendring i prosent. 1970 – 2005.

Lønnskostnad - SSB årlig nasjonalregnskap. Tabell 19. Lønnskostnader etter hovednæring. Millioner kroner. 1970 – 2005.

Kvartalstall:

BNP – Bruttonasjonalprodukt i faste priser. SSB Kvartalsvise Nasjonalregnskap. Tabell 2. Makroøkonomiske hovedstørrelser. Faste 2003-priser. Millioner kroner. 1978-1 – 2005-2.

Timeverk - QUA\_LMN. FPAS\_HIST. Total hours worked mainland Norway. Total hours worked mainland Norway. Measured as 1000 hours per period. DBSource: STATIST and KVARTS. (“Tilbakeføring” av tabell 50 SSB Kvartalsvise Nasjonalregnskap som kun går tilbake til 1995.) 1978-1 – 2005-2.

Fast realkapital - Fast realkapital i faste priser. QUA\_KRMN. FPAS\_HIST. Fixed Capital Mainland Norway. Fixed base year prices. Million NOK. DBSource: KVARTS (Code: K-KOLJESJ). Uoffisiell serie fra SSB’s databaser KVARTS. SSB garanterer ikke for feil i serien. 1978-1 – 2005-2.

Lønnskostnad - QUA\_WCMN. FPAS\_HIST. Wage Costs Mainland Norway. Million NOK. DBSource: STATIST (Code: LOKO.NR23\_6FN.VR.U). Norway. Measured as 1000 hours per period. DBSource: STATIST and KVARTS. (“Tilbakeføring” av tabell 54 SSB Kvartalsvise Nasjonalregnskap som kun går tilbake til 1995.) 1978-1 – 2005-2.

### ***V.1.2 TFP basert på produksjonstall:***

Årlige tall:

Produksjon – Produksjon i løpende priser. SSB årlig nasjonalregnskap Tabell 7. Produksjon etter hovednæring i basisverdi. Millioner kroner. 1970 – 2005. Deflatert med årlig volumsendring i produksjonen. SSB årlig nasjonalregnskap. Tabell 8. Produksjon etter hovednæring i basisverdi. Årlig volumendring i prosent. Baseår 2003. 1970 – 2005.

- Timeverk - SSB årlig nasjonalregnskap. Tabell 23. Utført timeverk etter hovednæring. Lønnstakere og selvstendige. Millioner. 1970 – 2005.
- Fast realkapital - Fast realkapital i løpende priser. SSB årlig nasjonalregnskap. Tabell 42. Fast realkapital etter hovednæring. Millioner kroner  
Deflatert med årlig volumsendring i fast realkapital. Tabell 43. Fast realkapital etter hovednæring. Årlig volumendring i prosent. 1970 – 2005.
- Lønnskostnad - SSB årlig nasjonalregnskap. Tabell 19. Lønnskostnader etter hovednæring. Millioner kroner. 1970 – 2005.
- Kvartalstall:
- Produksjon – Produksjon i faste priser. SSB Kvartalsvise Nasjonalregnskap. Tabell 11. Produksjon. Faste 2003-priser. Millioner kroner. 1978-1 – 2005-2.
- Timeverk - QUA\_LMN. FPAS\_HIST. Total hours worked mainland Norway. Total hours worked mainland Norway. Measured as 1000 hours per period. DBSource: STATIST and KVARTS. (“Tilbakeføring” av tabell 50 SSB Kvartalsvise Nasjonalregnskap som kun går tilbake til 1995.) 1978-1 – 2005-2.
- Fast realkapital - Fast realkapital i faste priser. QUA\_KRMN. FPAS\_HIST. Fixed Capital Mainland Norway. Fixed base year prices. Million NOK. DBSource: KVARTS (Code: K-KOLJESJ). Uoffisiell serie fra SSB’s databaser KVARTS. SSB garanterer ikke for feil i serien. 1978-1 – 2005-2.
- Lønnskostnad - QUA\_WCMN. FPAS\_HIST. Wage Costs Mainland Norway. Million NOK. DBSource: STATIST (Code: LOKO.NR23\_6FN.VR.U). Norway. Measured as 1000 hours per period. DBSource: STATIST and

KVARTS. (“Tilbakeføring” av tabell 54 SSB Kvartalsvise  
 Nasjonalregnskap som kun går tilbake til 1995.) 1978-1 – 2005-2.

### ***V.1.3 TFP justert for varierende kapasitetsutnyttingsgrad:***

BNP, timeverk, fast realkapital, lønnskostnad – samme som under V.1.1.

Kapasitetsutnyttingsgrad – NOR.BSCURT01.STSA.Q. OECD Main Economic Indicators.  
 Basert på SSB’s Konjunkturbarometer, Kapasitetsutnyttingsgrad i  
 industrien i prosent. Skjemabasert forventningsundersøkelse til  
 720 bransjeenheter innen næringene bergverksdrift og industri.  
 1987-1 – 2005-2.

### ***V.1.4 Korrelasjonsmatriser:***

BNP, fast realkapital og timeverk – Samme som under V.1.1.

Privat konsum, offentlig konsum, bruttoinvestering, eksport, import, oljevirkosomhet – SSB  
 Årlig Nasjonalregnskap. Tabell 1. Makroøkonomiske hovedstørrelser. Millioner kroner.  
 Deflatert med Tabell 2. Makroøkonomiske hovedstørrelser. Årlig volumendring i prosent.  
 SSB Kvartalsvis Nasjonalregnskap. Tabell 2. Makroøkonomiske hovedstørrelser. Faste 2003-  
 priser. Millioner kroner.

KPI – Reuters EcoWin-serie ew:nor11800. Norway, Consumer Prices, By Commodity, All  
 Items, Total, Index. Konvertert fra månedstall til årstall og kvartalstall. Kilde SSB.

Foliorente – Reuters EcoWin-serie ew:nor14415. Norway, Policy Rates, Sight Deposit Rate  
 (Foliorente), NOK. Konvertert fra månedstall til årstall og kvartalstall. Kilde  
 Norges Bank.

Arbeidsledighetsrate – Reuters EcoWin-serie ew:nor09065. Norway, Unemployment, Rate, Total (LFS). Originalfrekvens kvartal, konvertert til årstall ved årlige beregninger. Kilde SSB.

Arbeidsledighet – Reuters EcoWin-serie ew:nor09015. Norway, Unemployment, Overall, Total. Konvertert fra månedstall til årstall og kvartalstall. Kilde SSB.

Sysselsetting – Reuters EcoWin-serie ew:nor09055. Norway, Employment, Total. Originalfrekvens kvartal, konvertert til årstall ved årlige beregninger. Kilde SSB.

M0, M1 og M2 – Reuters EcoWin-serier ew:nor12040, ew:nor12045, ew:nor12050. Konvertert fra månedstall til årstall og kvartalstall. Kilde Norges Bank.

K0, K1 og K2 – Reuters EcoWin-serier ew:nor12025, ew:nor12030, ew:nor12035. Konvertert fra månedstall til årstall og kvartalstall. Kilde Norges Bank.

Timelønn – Lønnskostnad (se V.1.1.) delt på antall timeverk.



## V.2 Beregning av trend ved Hodrick Prescott-filteret

Hodrick Prescott-filteret beregner en stokastisk ikke-lineær trend ( $g_t^{HP}$ ), som for enhver verdi av  $\lambda$  beveger seg jevnt over tid og er ukorrelert med syklusen. HP-filteret er antagelig den mest populære måten å beregne trender i tidsserier på. HP-filteret beregner trend ut fra følgende likning:

$$\min_{\{g_t\}_{t=1}^T} \left[ \sum_{t=1}^T (y_t - g_t)^2 + \lambda \sum_{t=3}^T ((g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2}))^2 \right]$$

$$\hat{c}_t = y_t - g_t^{HP}$$

Det første leddet sier at vi ønsker å minimere differansen mellom trenden og faktisk observert nivå. Dette kan sees på som en OLS-regresjon, minste kvadraters metode. Siste ledd forteller oss hvor glatt trenden skal være. Vi kan se på dette leddet som et glidende gjennomsnitt.  $\lambda$  er glattingsparameteren, som bestemmer variasjonen fra trend.

$\lambda$  kan tenkes på som vekten man legger på hvor glatt trend man ønsker. Når  $\lambda$  går mot uendelig legger vi uendelig stor vekt på å glatte trenden. Funksjonen minimaliseres når variansen i trenden er null, det vil si når trenden er perfekt loglineær. Settes  $\lambda=0$ , legger vi ingen vekt på å glatte trenden, og trenden vil inneholde like høy variasjon som den opprinnelige serien. I dette tilfellet får vi ingen sykler i dataserien, all variasjon defineres som trend, og trenden vil bli en "random walk" (tilfeldig utvikling), trenden vil bli identisk med den opprinnelige serien. På årsdata er det vanlig å bruke  $\lambda$  lik 100, på kvartalsdata  $\lambda$  lik 1600.

En svakhet med HP-filteret er at det er sensitivt til endepunkter. Man bør ikke legge for stor vekt på avvik fra trend ved de siste observasjonene. Endepunktsproblemet blir større jo høyere  $\lambda$  man har. Måten å unngå dette problemet på kan være å forlenge serien med estimert fremtidig utvikling. Dette bør man være noe forsiktig med, da dette kan skape enda mer usikkerhet i serien. Man må også huske på at min analyse er beregnet på bakgrunn av nasjonalregnskapstall som revideres jevnlig, og som dermed kan gi noe feil anslag i endepunktene. Vi vil dermed ha et forsterket endepunktsproblem ved å bruke filtrerte serier.

Et annet velkjent fenomen med HP-filteret er at det kan genererer falske sykler (spurious cycles). Dette er også kjent som Yule-Slutsky-effekten som ble oppdaget på 1930-tallet. Falske sykler er et særlig kjent fenomen dersom HP-filteret brukes på ikke-stasjonære tidsserier.

### V.3 Sesongjustering med X-12 ARIMA-prosess

X-12-ARIMA er et sesongjusteringsprogram utviklet av United States Bureau of the Census. Programmet er basert på byråets tidligere publiserte X11 program og Statistics Canadas X-11-ARIMA/88 program. ARIMA står for autoregressive, integrated, moving average. AR er altså den autoregressive delen, som viser hvordan dagens observerte verdi er en funksjon av tidligere verdier. Den integrerte delen (I) forteller oss om det er nivået, 1. ordens differansen (endringen i nivået) eller 2. ordens differansen som det regresses på. MA står for den delen av likningen som viser hvordan observasjonen avhenger av feilleddene i denne perioden og foregående perioder.

Observert tidsserie (O) kan splittes opp i tre deler: Trend (T), sesongkomponent (S) og støykomponentet (I). Dekomponeringen kan være additiv eller multiplikativ. Det mest vanlige er å benytte multiplikativ modell:

$$O_t = T_t \cdot S_t \cdot I_t$$

Sesongjusterte tall trekker ut S-komponenten slik at det kun er trend og støy igjen:

$$\frac{O_t}{S_t} = T_t \cdot I_t$$

X12-ARIMA estimerer sesongmønsteret ved iterativ GLS-regresjon.

#### V.4 Gjennomsnittlige vekstrater VICS 8 OECD land

	Australia	Canada	Frankrike	Tyskland	Italia	Japan	UK	US	<b>Gjennomsnitt</b>
1981	3,60	9,60	2,80	3,60	5,10	6,40	2,30	4,10	<b>4,69</b>
1982	3,86	7,30	3,02	2,99	4,38	5,73	2,54	3,46	<b>4,16</b>
1983	2,70	6,55	2,74	2,62	4,56	5,16	3,24	3,25	<b>3,85</b>
1984	2,71	6,54	2,85	2,56	7,32	4,99	4,43	3,96	<b>4,42</b>
1985	3,00	6,44	3,22	2,49	10,72	5,23	4,42	4,07	<b>4,95</b>
1986	2,74	6,12	3,38	2,61	10,42	5,13	3,47	3,66	<b>4,69</b>
1987	2,33	6,30	3,69	2,62	6,71	5,53	3,27	3,45	<b>4,24</b>
1988	2,69	6,74	4,20	2,81	5,67	6,00	3,80	3,33	<b>4,40</b>
1989	2,93	6,49	4,34	2,89	4,83	6,51	4,05	3,45	<b>4,44</b>
1990	2,54	5,43	4,53	3,12	4,38	6,35	3,74	3,12	<b>4,15</b>
1991	1,50	4,58	3,91	3,56	3,55	6,03	2,97	2,67	<b>3,60</b>
1992	1,04	3,78	3,35	3,73	3,07	5,31	2,13	2,67	<b>3,13</b>
1993	1,54	3,55	2,45	2,96	1,66	4,42	2,02	2,94	<b>2,69</b>
1994	1,80	4,08	2,33	2,39	1,94	3,65	2,64	3,24	<b>2,76</b>
1995	1,98	4,14	2,08	2,34	2,73	3,94	3,02	3,95	<b>3,02</b>
1996	1,67	4,32	2,10	2,35	2,99	4,71	3,37	4,59	<b>3,26</b>
1997	1,98	5,61	2,00	2,36	3,18	4,54	3,80	5,54	<b>3,63</b>
1998	2,68	6,28	2,55	2,55	3,61	3,88	5,29	6,18	<b>4,13</b>
1999	3,59	6,61	3,07	2,79	4,05	3,54	5,13	6,34	<b>4,39</b>
2000	3,53	6,06	3,48	2,96	4,39	3,61	5,35	5,86	<b>4,40</b>
2001	1,52	5,13	3,37	2,76	4,00	0,00		4,12	<b>2,99</b>

Kilde: OECD, Schreyer (2004)