

Analyse af korrelationen mellem FORA's innovationsdrivere og ændringer i MFP-vækst

28. juni 2004, Anders Hertz Larsen og Frederik Silbye¹



Økonomi- og Erhvervsministeriets enhed for erhvervsøkonomisk forskning og analyse

1. Indledning

Det er et centralt element i FORA's benchmarkanalyse, at de fire innovationsdrivere (iværksætteraktivitet, informations- og kommunikationsteknologi, menneskelige ressourcer og vidensopbygning og vidensspredning) fører til øget værdiskabelse via højere vækst i multifaktorproduktiviteten.

Denne analyse tester, om der er signifikant korrelation mellem OECD landenes udvikling i MFP-vækst og den placering, som de opnår på FORA's præstationsindeks for innovationsdrivere; både når de ses hver for sig, og når de vægtes sammen til et samlet indeks for innovationskapacitet.

Analysens hovedkonklusioner er som følger:

- Partielle korrelationer mellem de fire innovationsdrivere og ændringer i MFP-væksten viser, at der er en signifikant, positiv korrelation for iværksætteraktivitet, menneskelige ressourcer og informations- og kommunikationsteknologi. For vidensopbygning og vidensspredning er sammenhængen positiv men insignifikant.
- Når man danner et samlet indeks for innovationskapacitet ved at slå de fire innovationsdrivere sammen, fås en signifikant, positivt sammenhæng mellem MFP og innovationskapaciteten. Dette resultat er også robust overfor ændringer i sammenvægtningen af de fire indeks.

2. Hvordan måles multifaktorproduktiviteten?

Multifaktorproduktiviteten (MFP) er et produktivetsmål for den del af arbejdsproduktiviteten, der ikke kan henføres til investeringer i mere og bedre kapitalapparat, jf. boks 1.²

¹ Vi vil gerne rette en stor tak til Lektor H. C. Kongsted, som har givet os meget konstruktiv kritik og sparring til analysen.

² Multifaktorproduktiviteten (MFP) kaldes også ofte totalfaktorproduktiviteten (TFP).

Boks 1. Produktionsfunktion, produktivitet og teknologi

I makroøkonomiske analyser måles det økonomiske resultat ved værditilvæksten og resourceindsatsen ved indsatsen af henholdsvis arbejdskraft og kapital. Der tages udgangspunkt i en simpel produktionsfunktion, hvor den private sektors værditilvækst, Y , formuleres som en funktion af arbejdskraftindsats, L , indsats af fysisk kapital, K , og det tekniske niveau, A .

$$(1) \quad Y = A \cdot f(K, L)$$

Omformes produktionsfunktionen til ændringer kan væksten (ændringer i værditilvæksten) forklares ved ændringer i indsatsen af arbejdskraft og kapital samt de tekniske fremskridt, hvor α udtrykker det bidrag, der kommer fra merindsatsen af kapital og β udtrykker det bidrag, der kommer fra merindsatsen af arbejdskraft.

$$(2) \quad \Delta \ln Y = \alpha \Delta \ln K + \beta \Delta \ln L + \Delta \ln A$$

Det betyder således, at den økonomiske vækst bestemmes af det bidrag, der kommer fra merindsatsen af kapital og arbejdskraft samt en rest, der er et udtryk for teknologiske fremskridt. Denne rest kaldes multifaktorproduktiviteten, MFP, til forskel fra arbejdsproduktiviteten, der defineres som:

$$(3) \quad \Delta AP = \Delta \ln Y / L = \alpha \Delta \ln K / L + \Delta MFP$$

Vækst i arbejdsproduktiviteten er således summen af bidraget fra ændringer i forholdet mellem kapital og arbejdskraft plus bidrag fra multifaktorproduktiviteten. Mere og bedre kapital pr. beskæftiget øger således arbejdsproduktiviteten, mens ændringer i forholdet mellem kapital og arbejdskraft ikke påvirker multifaktorproduktiviteten.

MFP beregnes residualt og der foreligger ikke en teoretisk, entydig definition af elementerne i MFP. Følgende elementer vil dog være omfattet:

- (1) Kvalitetsforbedringer af både kapital og arbejdskraft, hvis tal for kapital og arbejdskraft *ikke* indeholder kvalitetsforbedringer.
- (2) Flytning af ressourcer mellem sektorer. Det gælder både kapital og arbejdskraft.
- (3) Ny viden om teknologi og markeder som kommer ind i virksomheden uden at kapital og arbejdskraft har ændret sig, og som fører til fornyelse af produkter, ydelser, markedsføring m.v. Den nye viden kan være skabt i virksomheden eller ske ved vidensoverføring fra leverandører, kunder, offentlige, private strategiske partnere el.lign.
- (4) Organisationsændringer og øget konkurrence på markederne, som tvvinger virksomhederne til hurtigere fornyelse af produkter, ydelser eller markedsføring der skaber højere produktivitet.

MFP er altså en vanskelig størrelse at fortolke. MFP er som sagt beregnet residualt og vil derfor opfange målefejl fra alle de øvrige variabler. Alt efter

hvordan Y, K og L måles kan der være tale om mærkbare målefejl. Et eksempel på at MFP ikke måles helt korrekt, er at måling af Y, K og L forudsætter, at der er taget højde for kvalitetsforbedringers betydning for prisudviklingen. Det indebærer at kapital og arbejdskraft skal være opgjort i kvalitetsenheder, så en bedre kvalitet af kapital og arbejdskraft bidrager positivt til væksten selv om mængden af kapital og arbejdskraft ikke stiger. Sædvanligvis er disse kriterier ikke fuldt opfyldt, og målefejlene opfanges i MFP.³

Antager man at målefejlene er konstante over tid, kan de elimineres ved at sammenligne MFP-differenser, fx for to tiårige perioder. OECD har benyttet denne tilgangsvinkel i deres store benchmarkstudie af multifaktorproduktivitet og økonomisk vækst fra juni 2001, *The New Economy: Beyond the Hype*. Analysens hovedresultat er at lande som Finland, USA, Canada og Sverige har oplevet store stigninger i produktivitet og økonomisk vækst, som følge af store stigninger i MFP væksten fra 1980-90 til 1990-1999.

Vi vil benytte samme fremgangsmåde til at analysere innovationskapaciteten. Først plottes indeksværdierne for iværksætteraktivitet, vidensopbygning og vidensdeling, menneskelige ressourcer og IKT mod ændringerne i MFP væksten fra 1980-90 til 1990-2000. Og det testes om korrelationen mellem disse er signifikant. Dernæst vægtes de fire innovationsdrivere sammen til et samlet indeks for innovationskapacitet, og det testes om korrelationen mellem dette indeks og ændringen i MFP-væksten er signifikant.

3. Partiel analyse af sammenhængen mellem de fire drivere og MFP

I dette afsnit testes korrelationen mellem de fire innovationsdrivere og ændringen i MFP-væksten.

Iværksætteraktivitet

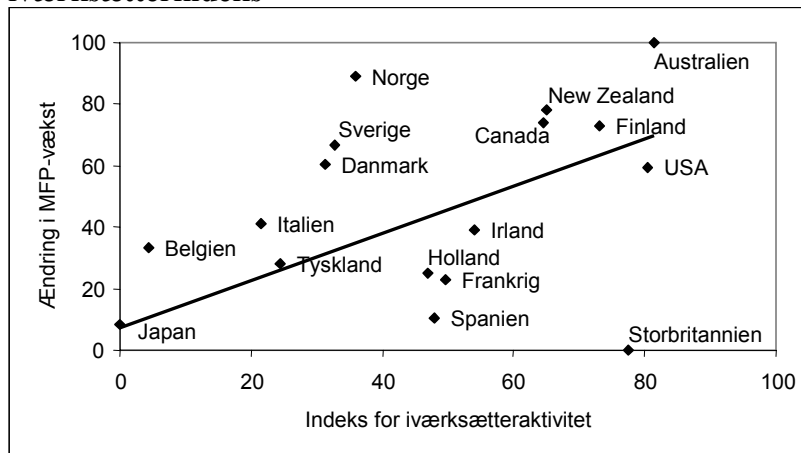
FORA har udarbejdet et indeks for iværksætteraktivitet. Indekset rangordner samtlige OECD lande på opstart af hurtigvoksende virksomheder.⁴

Korrelationen mellem FORA's iværksætterindeks og ændringen i MFP-vækst er illustreret i figur 1. Korrelationen er positiv og signifikant; om end kun på tiprocentsniveau. Givet de relativt få observationer (17 lande) er det dog acceptabelt kun at benytte tiprocentsniveauet.

³ En metode til at estimere MFP så målefejlene blive minimeret yderligere, er den såkaldte KLEMS-metode. Denne metode anvendes på data for Danmark af Thomas V. Petersen og Martin Junge (2003), *Multifaktorproduktivitet og vækstdrivere: Måling og internationale sammenligninger - Et feasibility-studie*, CEPR. Så vidt vides er KLEMS-metoden ikke anvendt for særligt mange lande endnu (herunder USA og Danmark). Men når der foreligger KLEMS-korrigerede MFP-tal for flere lande bør disse anvendes. En analyse baseret på KLEMS-data kan blandt andet fungere som et tjek af denne analyses resultater.

⁴ Dette indeks er en opdateret version af iværksætterindekset fra FORA's analyse af iværksætteraktivitet fra 2003, *Et benchmarkstudie af iværksætteraktivitet - hvad kan Danmark lære?*

Figur 1. Korrelationen mellem ændringer i MFP-vækst og FORA's iværksætterindeks⁵



Koefficient = 0,36; t-værdi = 1,49; signifikanssandsynlighed = 0,078.

Kilde: 'The Sources of Economic Growth in OECD Countries', OECD (2003) og

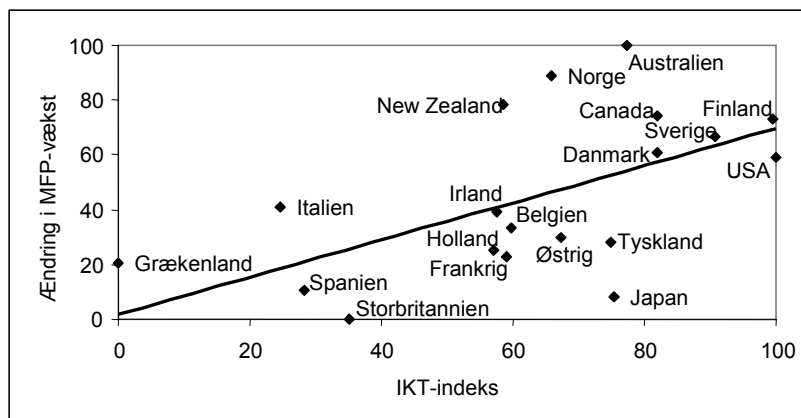
'Et benchmarkstudie af iværksætteraktivitet – hvad kan Danmark lære?', FORA (2003)

Informations og kommunikationsteknologi

FORA har udarbejdet et indeks for erhvervslivets digitalisering. Indekset rangordner samtlige OECD lande på hhv. grundlæggende og avanceret IKT-anvendelse.⁶

Figur 2 viser, at der er signifikant, positiv korrelation mellem IKT-anvendelse og ændringer MFP-væksten, jf. figur 2.

Figur 2. Korrelationen mellem ændringer i MFP-vækst og OECD's IKT-indeks



Koefficient = 0,54; t-værdi = 2,67; signifikanssandsynlighed = 0,0081

Kilde: 'The Sources of Economic Growth in OECD Countries', OECD (2003) og

⁵ De benyttede MFP-tal er normaliserede, således at begge akser har samme skala. Dette får dog ikke betydning for konklusionerne i de senere regressionsanalyser, idet normaliseringen blot svarer til en positiv, affin transformation af de oprindelige MFP-tal (responsvariablen).

⁶ Dette indeks er beskrevet i FORA's analyse af erhvervslivets IKT-anvendelse fra 2004, *Digitalisering af erhvervslivet – Et benchmarkstudie af IKT*.

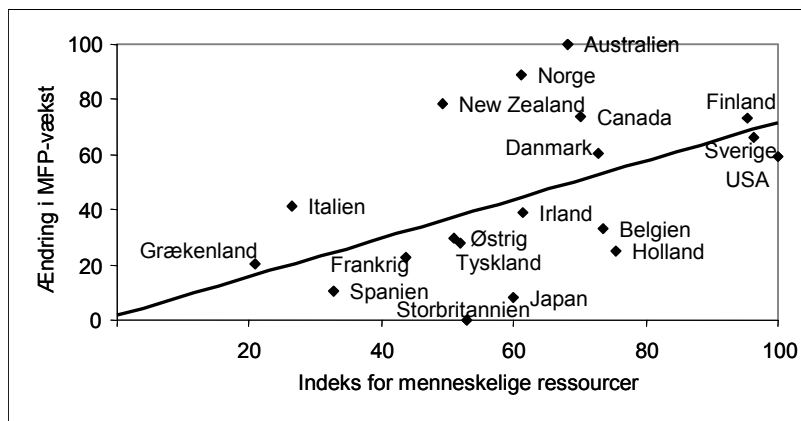
'Et benchmarkstudie af IKT – hvad kan Danmark lære?', FORA (under udarbejdelse)

Menneskelige ressourcer

FORA har udarbejdet et indeks for menneskelige ressourcer. Indekset rangordner samtlige OECD lande på vidensarbejdere, og på hvorledes virksomhederne organiserer og leder deres medarbejdere.⁷

Korrelationen mellem FORA's indeks for menneskelige ressourcer og ændringer i MFP-vækst er illustreret i figur 3. Korrelationen er positiv og signifikant.

Figur 3. Korrelationen mellem ændringer i MFP-vækst og FORA's indeks for menneskelige ressourcer



Koefficient = 0,47; t-værdi = 2,19; signifikanssandsynlighed = 0,021.

Kilde: 'The Sources of Economic Growth in OECD Countries', OECD (2003) og 'Et benchmarkstudie af menneskelige ressourcer – hvad kan Danmark lære?', FORA (under udarbejdelse).

Vidensopbygning og vidensspredning

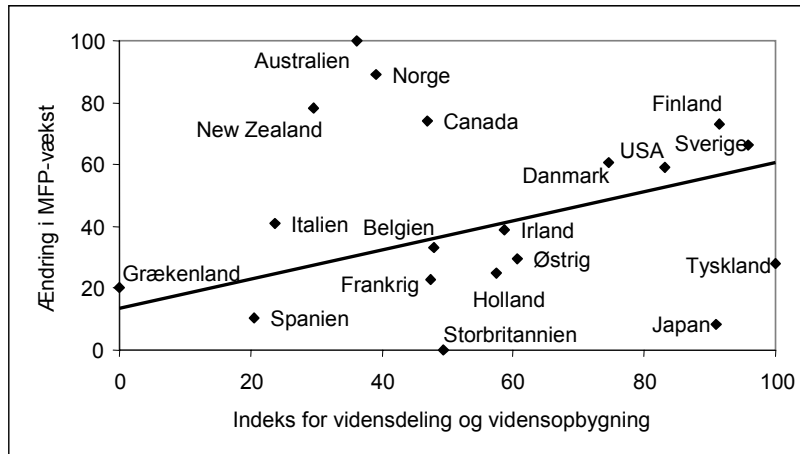
FORA har udarbejdet et indeks for vidensopbygning og vidensspredning. Indekset rangordner samtlige OECD lande efter hvor innovative de er.⁸

Af figur 4 fremgår det, at der positiv men in signifikant korrelation mellem vidensopbygning og vidensspredning og ændringen i MFP vækst.

⁷ Dette indeks er beskrevet i FORA's analyse af menneskelige ressourcer fra 2004, *Et benchmark studie af menneskelige ressourcer – hvad kan Danmark lære?*.

⁸ Dette indeks er en opdateret version af innovationsindekset fra FORA's analyse af innovation fra 2003, *Et benchmarkstudie af innovation og innovationspolitik – hvad kan Danmark lære?*

Figur 4. Korrelationen mellem ændringer i MFP-vækst og FORA's indeks for vindensopbygning og vidensdeling



Koefficient = 0,05; t-værdi = 0,20; signifikanssandsynlighed = 0,95.

Kilde: 'The Sources of Economic Growth in OECD Countries', OECD (2003) og

'Et benchmarkstudie af innovation – hvad kan Danmark lære?', FORA (2003).

Konklusion på den partielle analyse

I de foregående afsnit har vi testet, om der er signifikant korrelation mellem de enkelte landes ændringer i MFP-væksten og den placering, som de opnår på FORA's indeks for iværksætteraktivitet, menneskelige ressourcer, IKT og vidensopbygning og vidensdeling.

Vi finder, at ændringen i MFP-væksten fra 1980-90 til 1990-2000 er signifikant, positivt korreleret med landenes placering på indeksene for iværksætteraktivitet, IKT, menneskelige ressourcer og vidensdeling og vidensopbygning. Endvidere finder vi, at korrelationen mellem ændringen i de enkelte landes MFP-vækst fra 1980-90 til 1990-2000 og deres placering på indekset for vidensopbygning og vidensdeling er positiv men insignifikant.

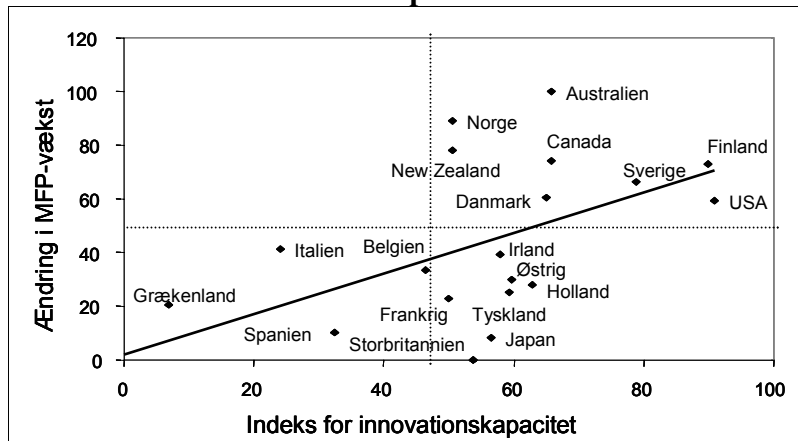
4. Samlet indeks for innovationskapacitet

Samspillet mellem de fire innovationsdrivere og ændringen i MFP-væksten sker simultant. Det tager den partielle analyse ikke højde for. Den illustrerer kun hver enkelt drivers korrelation med ændringer i MFP-væksten. Men hvis de fire innovationsdrivere analyseres under eet, kan der tages højde for samspillet mellem dem; og der kan muligvis identificeres nye eller forstærkede MFP-effekter.

En meget simpel metode til at analysere det simultane samspil mellem innovationsdriverne og ændringen i MFP-væksten, er at konstruere ét samlet indeks for innovationskapacitet, hvor de fire vækstdrivere (hhv. iværksætteraktivitet, IKT, menneskelige ressourcer samt vidensopbygning og vidensdeling) vægtes ligeligt. Hvorefter korrelationen mellem indekset for innovationskapacitet og ændringen i MFP-væksten testes.

Af figur 5 ses det, at der er signifikant, positiv korrelation mellem landenes placering på indekset over OECD landenes innovationskapacitet (hvor de fire innovationsdrivere vægtes ligeligt) og ændringen i MFP-væksten.

Figur 5. Korrelation mellem ændringer i MFP-vækst og FORA's samlede indeks for innovationskapacitet



Anm. 1: Koefficient: 0,31; t-værdi: 2,02; signifikanssandsynlighed: 0,0294 R^2 : 0,19.

Anm. 2: Det konkrete t-test er udført ensidet.

Endvidere tegner figur 5 et interessant billede af to grupper af lande. De nordiske og hovedparten af de angelsaksiske lande ser ud til at danne en slags førergruppe. Derefter følger en forfølgergruppe, som består af de central- og sydeuropæiske EU-lande samt Japan, Irland og Storbritannien.

5. Resultatets robusthed

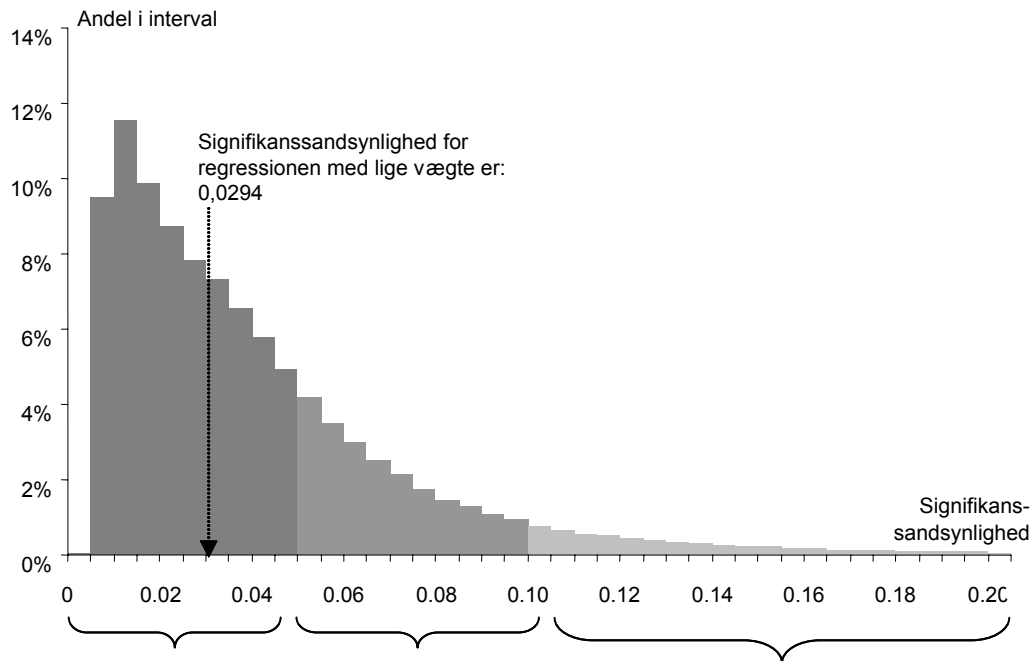
Den indbyrdes vægtning af de fire innovationsdrivere kan have betydning for om korrelationen mellem ændringerne i MFP-væksten og indekset for innovationskapacitet er signifikant. Derfor har vi analyseret, hvor robust resultatet af den ovenstående regressionsanalyse er overfor alternative sammenvejringer af innovationsdriverne. Det gør vi ved hjælp af såkaldte Monte Carlo Simulationer.

Analysen baserer sig på 100.000 forskellige vægtninger; samtlige vægte er udvalgt ved simpel tilfældig udtrækning fra en uniform fordeling, der løber mellem nul og et. Tæthedsfunktionen i figur 6 illustrer signifikansområdet for forskellige sammenvejringskombinationer af de fire drivere i vores regressionsligning. Det ses, at der er meget stor sandsynlighed for, at sammenhængen mellem ændringen i MFP-væksten og indekset for innovationskapaciteten er signifikant. Figuren viser, at innovationskapaciteten er signifikant på et fem-procentsniveau i 72 procent af vægtningerne og signifikant på ti-procentsniveau i 94 procent af vægtningerne.

Endvidere er situationen, hvor de fire drivere vægtes ligeligt indtegnet. Signifikanssandsynligheden ved lige vægte er 0,0294. Altså et godt stykke fra den kritiske værdi på 0,05. Med andre ord: sammenhængen mellem indekset

for innovationskapacitet og ændringer i MFP-vækst er robust overfor ændringer i sammenvejningen af de fire innovationsdrivere.

Figur 6 Tæthedsfunktion og signifikanssandsynligheden for regressionsanalysen med lige vægte



72 % af vægtingerne er
signifikante på 5 pct. niveau

94 % af vægtingerne er
signifikante på 10 pct. niveau

6 % af vægtingerne er
insignifikante

6. Et sammenvejet indeks på baggrund af statistisk analyse

Som alternativ til et sammenvejet indeks, hvor vækstdriverne vægtes lige-
ligt, kan man anvende forskellige statistiske metoder til at afgøre hvordan de
fire innovationsdrivere skal vægtes sammen, fx faktoranalyse eller multipel
regressionsanalyse.

Som udgangspunkt for den statistiske analyse opstilles en korrelationsmatri-
ce for de fire innovationsdrivere. Korrelationsmatricen viser at vækstdriver-
ne IKT, menneskelige ressourcer og vidensdeling og vidensopbygning er
meget højt korrelerede, mens ingen af disse vækstdrivere korrelerer synder-
ligt med iværksætteraktivitet, jf. tabel 3.

Tabel 3. Korrelationsmatrice for alle fire vækstdrivere

	<i>Iværksætter.</i>	<i>IKT</i>	<i>Mensk. ressourcer</i>	<i>Vidensopbygning og vidensdeling</i>
<i>Iværksætter.</i>	1.00			
<i>IKT</i>	0.21	1.00		
<i>Mensk. ressourcer</i>	0.11	0.76	1.00	
<i>Vidensopbygning og vidensdeling</i>	-0.03	0.76	0.79	1.00

Note: De angivne t-tests er udført ensidet.

Hvis korrelationen havde været mindre, ville det have været naturligt at anvende multipel regressionsanalyse til at bestemme den indbyrdes vægtning mellem de fire innovationsdrivere. En sådan analyse skulle have haft ændringer i MFP-vækst som forklaret variabel og de fire innovationsdrivere som forklarende variabler. Derefter kunne man på basis af regressionsanalysen have anvendt parameterestimerne til at sammenveje de fire innovationsdrivere i et samlet indeks for innovationskapacitet.

I dette tilfælde er korrelationen mellem IKT, menneskelige ressourcer og vidensspredning og vidensopbygning imidlertid så høj, at den multiple regressionsanalyse både resulterer i stærkt insignifikante regressionskoefficienter samt et parameterestimat for vidensspredning og vidensopbygning der mod forventning er negativt. Begge dele er meget almindelige symptomer på multikollinearitet, jf. boks 3.

Boks 3 Multipel regression

Som en konsekvens af multikollineariteten forstørres regressionskoefficienternes varianser urealistisk. Dette medfører, at man ikke kan teste regressionsmodellen, og det bliver således ikke muligt at gennemføre analysen.

Ingen af parameterestimerne er signifikante og parameterestimatet for vidensspredning og vidensopbygning er mod forventning negativt.

R²	0.46		
F-værdi	2.60		
Signifikans-ssh.	0.089		
Variabel	Koefficient	T-værdi	Signifikans-ssh.
<i>Vidensspredning og vidensopbygning</i>	-0,28	-0,28	NA
<i>Iværksætter.</i>	0.15	0,57	0,29
<i>IKT</i>	0.74	1.45	0,09
<i>Mensk. ressourcer</i>	0.15	0.29	0,39

Faktoranalyse er en statistisk metode, der ofte anvendes til at håndtere multikollinearitet. Faktoranalysen identificerer variabler med den højeste korrelation og angiver i hvilket forhold, de skal vægtes sammen.

Faktoranalysen danner nye variable (såkaldte *faktorer*) på baggrund af de oprindelige variable. Det sker på en sådan måde, at faktorerne forklarer mest muligt af datasættets samlede varians. Faktorerne konstrueres, så de er indbyrdes uafhængige og dermed ukorrelerede.

Faktoranalysen begynder med en principalkomponentanalyse. Analysen følger OECD's procedure for udvælgelse af faktorer:⁹

1. Faktorerne skal være større end en.
 2. Faktorerne skal bidrage med mere end 10 pct. til den overordnede varians.
 3. Faktorerne skal forklarer den kummulative varians med mere end 40 pct.
- Efter denne tretrinsprocedure estimeres en statistiske model ved hjælp af den såkaldte maximum-likelihood procedure. Denne fremgangsmåde gør os i stand til at teste alternative modeller med flere eller færre faktorer, og om der er signifikant forskel på de forskellige modellers forklaringsgrad.

I tråd med resultatet fra korrelationsmatricen i tabel 3, angiver faktoranalysen to faktorer: i) en *vidensfaktor* der stort set svarer til et simpelt gennemsnit af indekset for vidensopbygning og vidensdeling, IKT-indekset og indekset for menneskelige ressourcer, samt ii) en *iværksætterfaktor* der svarer til iværksætterindekset, jf. boks 2.

Boks 2 Faktoranalyse på de fire vækstdrivere

Antallet af faktorer sættes til to, jf. tabel fire.

Tabel 4. Udvalgelse af faktorer

Faktor	Eigen værdi	Forklaret varians	Kumulativt
1	2,69	0,58	0,58
2	1,06	0,38	0,96
3	0,14	0,02	0,98
4	0,11	0,02	1,00

Med to faktorer giver faktoranalysen følgende vægte:

Tabel 5. Resultater af faktor-analyse

	Faktor 1: <i>Vidensfaktor</i>		Faktor 2: <i>Iværksætterfaktor</i>	
	Faktor loadings	Vægt i faktor	Faktor loadings	Vægt i faktor
<i>Vidensdeling og -opbygning</i>	0,94	0,34	-0,22	0,05
<i>Iværksætter.</i>	-0,01	0,00	1,00	0,94
<i>IKT</i>	0,95	0,34	0,13	0,02
<i>Mensk. Ressourcer</i>	0,94	0,33	0,03	0,00
Eigen værdier	2,69		1,06	

Note: Akserne er roteret ift. VariMax-metoden, jf. Scarpetta m.fl. OECD (2000).

Man kan konstruere et samlet indeks for innovationskapaciteten ud fra de to faktoreres evne til at forklare datasættets samlede varians. Af boks 2 ses det, at vidensfaktoren (faktor 1) forklarer 58 procent af datasættets samlede varians, mens iværksætterfaktoren (faktor 2) forklarer 38 procent af datasættets

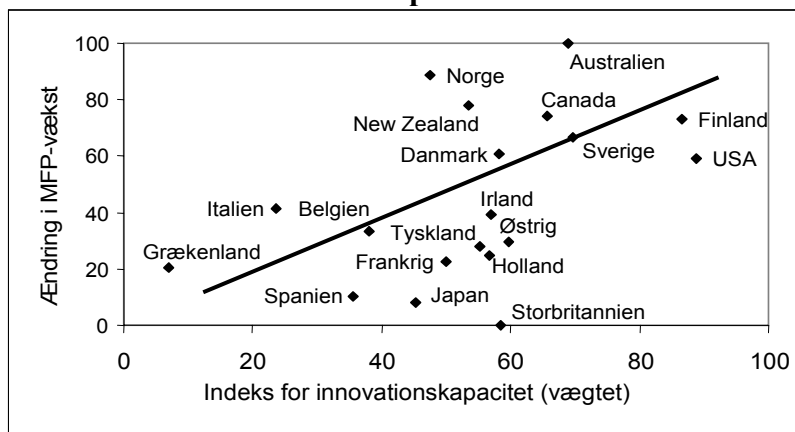
⁹ Den her udførte faktor-analyse svarer til 'Summary indicators of product market regulation with extension to employment protection legislation' Nicioletti, Scarpetta og Boylaud, OECD (2000).

varians. De resterende fire procent af datasættets varians kan ikke forklares ud fra disse to faktorer.

Vægten for iværksætteraktivitet bliver således 0,38, mens vidensdeling og vidensopbygning, IKT og menneskelige ressourcer deler de 0,58 ligeligt imellem sig. Normeres vægten af de to faktorer til en, fås at iværksætteraktivitet forklarer 40 procent af datasættets varians, mens IKT, menneskelige ressourcer og vidensopbygning og vidensdeling hver forklarer 20 procent.

Det næste skridt er at teste korrelationen mellem det sammenvejede indeks for innovationskapacitet og ændringen i MFP-vækst. Resultatet har ikke ændret sig væsentligt i forhold til situationen, hvor vi vægtede de fire innovationsdrivere sammen med lige vægte. Også for det vægtede indeks er korrelationen positiv og signifikant, jf. figur 7.

Figur 7. Korrelation mellem ændringer i MFP-vækst og FORA's samlede indeks for innovationskapacitet



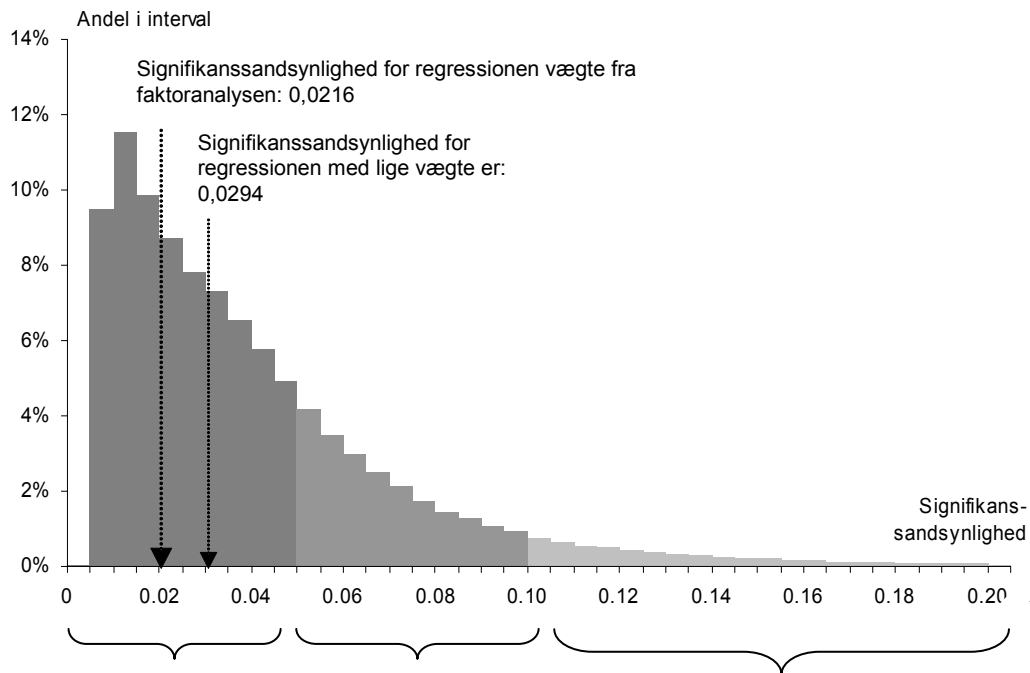
Anm. 1: Koefficient: 0,70; t-værdi: 2,19; signifikanssandsynlighed: 0,0216; R^2 : 0,22.

Anm. 2: Det konkrete t-test er udført ensidet.

Figur 8 viser tæthedsfunktionen for parameterestimatets signifikanssandsynlighed for forskellige vægtekombinationer af vores regressionsligning. Derudover er signifikanssandsynlighederne for vores regressionsligning indtegnet; både med vægte fra faktoranalysen og lige vægte.

Med de vægte som faktoranalysen angiver, opnås et signifikant resultat på fem-procentsniveau. Den samlede konklusion er altså, at både vægtene fra faktoranalysen og situationen hvor de fire drivere vægtes ligeligt fører til robuste resultater.

Figur 8 Tæthedsfunktion og signifikanssandsynligheden for regressionsanalyserne med lige vægte og vægte fra faktoranalysen



72 % af vægtingerne er
signifikant på 5 pct. niveau

94 % af vægtingerne er
signifikant på 10 pct. niveau

6 % af vægtingerne er
insignifikante