

UDDANNELSESINTENSIV INNOVATION

Anders Sørensen
Økonomisk Institut
Copenhagen Business School

1. Introduktion

I dette notat fokuseres der på to sammenhænge for innovation i produktionsvirksomheder. Den første sammenhæng er for, om virksomheder har innovation eller ej. Den anden sammenhæng er for effekten på virksomhedsperformance af at have innovationsaktiviteter. Estimationsresultater for de to sammenhænge gennemgås. Det er disse estimationsresultater, der benyttes i værktøjet www.innovationbenchmark.dk til måling af virksomheders innovationsparathed og innovationseffekter.

Den bagvedliggende ide for analysen er, at virksomheders kapacitet til at tilegne sig, tilpasse og udnytte viden er en nøgelfaktor bag succesfuld innovation. Derfor er det vigtigt, at virksomheder har medarbejdere med de rette kvalifikationer for at have gode forudsætninger for at investere i innovation. Det er selvfølgelig udfordrende at "måle" medarbejderes kapacitet til at kunne tilegne sig, tilpasse og udnytte viden. Det empiriske mål som vi benytter i dette notat er, hvor mange medarbejdere i en virksomhed, som har en videregående uddannelse ud af det samlede antal medarbejdere i virksomheden. Ideen er her, at desto højere andelen af medarbejdere, som har en videregående uddannelse, er, desto bedre er virksomheden til at absorbere viden.¹

I analysen af om virksomheders har innovation eller ej, stilles der skarpt på betydningen af uddannelsessammensætning. Til dette formål benytter vi en sandsynlighedsmodel for beskrivelsen af selektion ind i innovation. Hypotesen om, at uddannelsesintensive virksomheder i højere grad har innovation end virksomheder, der ikke har en intensiv brug af uddannet arbejdskraft, benævner vi for uddannelsesintensiv innovation.

Foruden hypotesen om at virksomheder med relativt mange medarbejdere med videregående uddannelse oftere har innovation, er en relateret hypotese om, at innovation ikke nødvendigvis spiller en uafhængig rolle for virksomhedsperformance. I stedet antages det, at komplementaritet mellem innovation og arbejdskraftens kvalifikationer er en vigtig drivkraft for virksomheders performance. Evnen til at skabe nye og forbedrede produkter, at kommercialisere produkter, at udvikle nye processer og at implementere organisatoriske ændringer kræver kvalifikationer i virksomhedens arbejdsstyrke, hvilket indebærer, at performanceeffekten af disse aktiviteter er større i virksomheder, som benytter medarbejdere med videregående uddannelse intensivt end virksomheder, som ikke gør det. Denne hypotese er også en del af uddannelsesintensiv innovation.

I dette baggrundspapir anvendes et innovationsbegreb, som følger definitionen fra the Oslo Manual of OECD (2005). De anvendte innovationsdata er data fra den danske indsamling til Community Innovation Survey (CIS). Der anvendes data for innovation indsamlet fra 2008-2015. Fra denne database har vi information om produkt, markedsføring, proces og organisatorisk innovation. I analysen benytter vi ét overordnet innovationsmål, som er hvorvidt virksomheder har innovation eller ej. Dvs. at en virksomhed er

¹ Det skal understreges, at en medarbejder uden videregående uddannelse godt kan have gode evner til at tilegne sig, tilpasse og udnytte viden og at en medarbejder med videregående uddannelse omvendt godt kan have dårlige evner. I gennemsnit vil en større andel af medarbejdere med videregående uddannelse formodentlig give virksomheden bedre forudsætninger for at udføre innovation.

innovativ, hvis den har blot én af de fire innovationstyper. Desuden analyserer vi effekten af enkelte innovationstyper, hvor fokus er på produktinnovation og organisatorisk innovation.

Databasen, som vi benytter, kombinerer spørgeskemadata fra CIS om innovationsaktiviteter, som beskrevet ovenfor, med registerdata for performance og arbejdskraftsinput på virksomhedsniveau. Mere præcist er information om innovationsaktivitet på virksomhedsniveau fra Danmarks Statistik kombineret med virksomhedsinformationer fra danske registerdata. Denne database indeholder omfattende beskrivelser af innovationsaktiviteter, kvalifikationer og produktivitetsvækst og profit. Adgang til registerdata gør, at vi kan benytte tidsmæssig dimension i databasen. Således kan vi eksempelvis belyse om virksomheder, som initialt er uddannelsesintensive efterfølgende har innovationsaktivitet og om innovationsaktivitet efterfølgende styrker virksomhedens performance. Analysen er begrænset til at dække fremstillingssektoren alene. Grunden til dette er, at projektet bag <https://www.innovationbenchmark.dk> er begrænset til produktionsvirksomheder.

Den resterende del af dette notat er organiseret som følger: I afsnit 2 gennemgås de modeller, som estimeres i den empiriske analyse. I afsnit 3 og 4 beskrives det benyttede datasæt og de innovationsmål, der benyttes. Afsnit 5 gennemgår

2. Modeller

I dette afsnit opstilles de model, som bliver estimeret i den empiriske analyse. I gennemgangen er innovationsaktivitet baseret på en indikatorvariabel $I_{i,t}$ som er lig med 1, hvis virksomhed i har innovationsaktiviteter til tidspunkt t . Som beskrevet i introduktionen benytter vi et mål for kvalifikationer af virksomhedernes medarbejdere målt ved medarbejdere med videregående uddannelse ud af det samlede antal medarbejder. Vi benævner dette mål for uddannelsesintensiteten.

2.1 Innovationsparathed – Sandsynlighedsmodel

Sandsynlighedsmodellen for innovation ligger til grund for måling af innovationsparathed. Ved brug af modellen estimeres sandsynligheden for, om en virksomhed har innovationsaktiviteter. Hovedfokus er på, kvalifikationer af virksomhedens ansatte målt ved uddannelsesintensiteten. Dette mål indgår i forklaringen af sandsynligheden for, om en virksomhed er innovativ. Der indgår også andre baggrundsvariable i modellen, nemlig branchetilhørsforhold, virksomhedsstørrelse og tidspunkt.

Sandsynlighed for at have innovationsaktiviteter er lig med:

$$\Pr(I_{i,t} = 1 | X_{i,t}) = \Pr(I_{i,t}^* > 0) = \Pr(\beta_0 + \beta_1 f(E_{i,t-3}) + \mathbf{X} \beta + \varepsilon_{i,t} > 0)$$

Hvor $\varepsilon_{i,t} \sim N(0,1)$. $I_{i,t}$ kan betragtes som en indikator for om den latente variabel $I_{i,t}^*$ er positiv:

$$I_{i,t} = \begin{cases} 1 & I_{i,t}^* > 0 \\ 0 & \text{ellers} \end{cases} = \begin{cases} 1 & \beta_0 + \beta_1 E_{i,t-3} + \mathbf{X} \beta + \varepsilon_{i,t} > 0 \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$$

$E_{i,t}$ er uddannelsesintensiteten for virksomhed i ansatte, dvs. andelen af medarbejdere med videregående uddannelse. Uddannelsesandelen indgår med sin laggede værdi. Vores hypotese er, at større *initial* andel af medarbejdere med videregående uddannelse er positivt relateret til innovationsaktivitet. Modellen i dette afsnit følger eksempelvis Hall (2011), Hall, Lotti og Mairesse (2013).

2.2 Model for virksomhedsperformance og komplementaritet

Ligningen for ændringer i virksomhedens performance, der estimeres i den empiriske analyse, er en standard vækstligning af følgende form:

$$\Delta_3 Y_{t+3} = \beta_0 + \beta_1 \Delta_3 \log K_{t+3} + \beta_2 \Delta_3 \log L_{t+3} + \Delta_3 \log A_{t+3} + \varepsilon_t,$$

hvor modellen for videnskabelse er givet ved

$$\Delta_3 \log A_{t+3} = \lambda_1 I_t f(\bar{E}_t) + \lambda_2 I_t + \lambda_3 f(\bar{E}_t)$$

og $\bar{E}_t = (E_t + E_{t-3})/2$. I den øverste ligning Y er logaritmen til den reale værditilvækst eller profit pr. medarbejder; K er den fysiske kapitalbeholdning; L er antal ansatte; og A er videnkapitalbeholdningen. Δ_3 er den 3-årige ændringen i en variabel, mens $\Delta_3 \log$ indikerer log-ændringer. I er en dummy variabel, som er lig med 1, hvis virksomheden har innovationsaktivitet. E betegner uddannelsesintensitet, hvor høje værdier indikerer uddannelsesintensive virksomheder.

Det vigtigste aspekt af modellen er komplementaritet mellem innovation og uddannelsesintensitet, dvs. at innovation antages at være en uddannelsesintensiv aktivitet. Denne forventede effekt afspejles i en positiv værdi af parameter λ_1 , der fanger den positive væksteffekt af innovation i uddannelsesintensive virksomheder. Vores hovedfokus i den empiriske analyse er punkttestimatet af λ_1 .

Hypotesen bag ovenstående model er, at en højere andel af uddannede medarbejdere øger virksomhedens produktivitetsvækst og ændring i profit per medarbejder. Dette fanges af parameteren λ_1 , som forventes at være positiv og signifikant forskellig fra nul. Hvis innovation i sig selv øger virksomhedens performance vil λ_2 være positiv og signifikant forskellig fra 0, mens λ_3 vil være positiv, hvis en højere uddannelsesintensitet i sig selv er positivt relateret til produktivitetsvækst.

3. Data

De empiriske analyser er udført på baggrund af et datasæt, som er sammensat af informationer fra spørgeskemaundersøgelserne "Forsknings- og udvikling, og innovationsundersøgelsen" for årene 2008 til 2015, som er den danske del af CIS spørgeskemaet for Eurostat. Desuden benyttes en række registeroplysninger fra den generelle firmastatistik og regnskabsstatistik om virksomhederne.

Et centralt tema er måling af innovation. Opdelingen af innovation efter typer følger de spørgsmål som Danmarks Statistik stiller til virksomhederne. Der benyttes 4 forskellige innovationstyper: produktinnovation, procesinnovation, organisatorisk innovation og markedsføringsinnovation.

Det vigtigste aspekt af datasættet er, at innovationsvariabler er konstrueret som binære indikatorer fra CIS-undersøgelsen. Derudover måles Y som værditilvæksten; K er bogførte værdier for anlægsaktiver, mens L måles ved hjælp af antal ansatte. Log-ændringer måles som 3-årige ændringer. E måler som nævnt andelen af medarbejdere med videregående uddannelse.

Virksomheder inddeles efter at have innovationsaktiviteter inden for de 4 innovationstyper på basis af deres besvarelser af udvalgte spørgsmål fra spørgeskemaet. Fore CIS-2015 survey udfører en virksomhed:

- **produktinnovation**, hvis den har svaret ja til et eller begge af underspørgsmålene: Introducerede virksomheden i perioden 2013-2015 produktinnovationer i form af: Varer, der er nye eller væsentligt forbedrede? Tjenesteydelser, der er nye eller væsentligt forbedrede?
- **procesinnovation**, hvis den har svaret ja til et eller flere af underspørgsmålene: Introducerede virksomheden i løbet af perioden 2013-2015 procesinnovationer i form af: Nye eller væsentligt forbedrede metoder til produktion af varer eller tjenesteydelser? Nye eller væsentligt forbedrede logistik-, leverings- eller distributionsmetoder til virksomhedens input, varer eller tjenesteydelser? Nye eller væsentligt forbedrede hjælpefunktioner til virksomhedens processer?

- **organisatorisk innovation**, hvis den har svaret ja til et eller flere af underspørgsmålene: Har virksomheden introduceret organisatoriske innovationer i perioden 2013-2015 i form af: Nye måder at organisere forretningsgange eller procedurer på? Nye metoder til arbejdspladsens organisering med hensyn til uddelegering af ansvar og beslutningstagning? Nye måder hvorpå eksterne relationer til virksomheder og offentlige institutioner organiseres?
- **markedsføringsinnovation**, hvis den har svaret ja til et eller flere af underspørgsmålene: Introducerede virksomheden i perioden 2013-2015 markedsføringsinnovationer i form af: Væsentlige ændringer i designet af en vare eller tjenesteydelse? Væsentlige ændringer i produktets indpakning? Brug af nye medietyper eller teknikker til produkt promovering? Nye markedsføringsstrategier rettet mod at nå nye kundegrupper eller markedssegmenter? Nye salgskanaler og metoder til produktplacering? Nye prissætningsmetoder for varer eller tjenester?

Det er lovpligtigt for virksomheder, der modtager FUI spørgeskemaundersøgelsen, at afgive en besvarelse. Derfor er svarprocenten på dette spørgeskema meget høj. Udvælgelsen af virksomheder til stikprøven foregik ved at stratificere efter størrelse med en minimumsgrænse på 2 årsværk, branche, tidligere forsknings- og udviklingsudgifter og variansen på tidligere forsknings- og innovationsudgifter. I analysen er det muligt at benytte besvarelserne for omkring 10,000 års x virksomhed observationer i fremstillingssektoren. Vi udelader besvarelser, hvor relevant data for øvrige forklarende variable ikke eksisterer.

Tabel 1a: Innovationstyper i virksomheder

pcom	Antal år x virksomheder
0000	3682
1000	503
1001	350
1010	212
1011	427
1100	170
1101	195
1110	268
1111	1162
0001	237
0010	470
0011	251
0100	245
0101	94
0110	339
0111	336

Note: pcom står for produktinnovation, procesinnovation, organisatorisk innovation og markedsføringsinnovation. En værdi på 1010 betyder, at virksomheder har produktinnovation og organisatorisk innovation, men hverken procesinnovation eller markedsføringsinnovation.

I tabel 1a præsenteres omfanget af de forskellige kombinationer af innovationstyper, som virksomheder kan have. I denne sammenhæng skal det understreges, at måling af virksomheders innovationsaktiviteter er udfordrende. Der er i hvert fald 2 udfordringer i bruge af FUI data. For det første ledsages nogle innovationstyper ofte af andre innovationstyper. Dette er for eksempel tilfældet med procesinnovation, som det fremgår af tabellen. Her ses det, at af de mange virksomheder som har procesinnovation, så har kun 9% af disse virksomheder ingen andre innovationstyper; omvendt har 91% af virksomhederne med

procesinnovation en eller flere andre innovationstyper. Dette besværliggør præcise estimater af at have procesinnovation. For det andet er der forventeligt store måleproblemer, når en virksomheds innovationsaktiviteter skal oversættes til simple "ja" eller "nej" besvarelser. Eksempelvis vil en virksomhed, som laver en minimal ændring i et eksisterende produkt, og en virksomhed, som introducerer et produkt, som er helt nyt for verden begge svare ja til at have produktinnovation og der skelnes ikke mellem de to tilfælde.

Et andet centralt tema er måling af medarbejderes kvalifikationer i virksomhederne. Til dette mål benyttes medarbejderenes højst fuldførte videregående uddannelse, hvor antallet af personer med en videregående uddannelse sættes i forhold til det samlede antal medarbejdere. Det er målet, som vi benævner for virksomhedens uddannelsesintensitet. Variablen kan opdeles på kort, mellemlang og lang videregående uddannelser.²

I tabel 1b præsenteres den beskrivende statistik for sandsynlighedsmodellen. Det ses, at 59 % af virksomhederne har innovationsaktiviteter. Det ses også, at virksomheder med innovation har højere uddannelsesintensitet end virksomheder uden. Fordelingen på virksomhedsstørrelse og brancher fremgår også af tabellen.³

Tabel 1b: Beskrivende statistik for sandsynlighedsmodellen

	Innovation=0	Innovation=1
Antal med Innovation	3682	5259
Uddannelsesintensitet, t-3	0,136	0,224
Egen FoU	0,085	0,539
Købt FoU	0,032	0,248
Størrelse - mikro	399	245
Størrelse – små	1897	1722
Størrelse – mellemstore	1223	2330
Størrelse – store	163	962
Branche 1	454	637
Branche 2	169	182
Branche 3	1538	1831
Branche 4	1025	2110
Branche 5	496	499

Note: Der anvendes fire virksomhedsstørrelser: mikro-virksomheder med mindre end 10 ansatte; små virksomheder med mindst 10 ansatte, men mindre end 50 ansatte; medium virksomheder med mindst 50 ansatte og mindre end 250 ansatte, og store virksomheder med 250 eller flere ansatte. De 5 brancher er: branche 1: Fremstilling af fødevarer; branche 2: Fremstilling af tekstiler, læder og møbler; branche 3: Træ og papir, kemisk, plast, metal; branche 4: Fremstilling af maskiner og transportmidler samt Elektronik og elektrisk udstyr; and branche 5: anden fremstillingsvirksomhed.

I tabel 1c præsenteres den beskrivende statistik for performancemodellen. En generel observation er, at der er færre observationer i analyserne af performance end tilfældet var for sandsynlighedsmodeller præsenteret i ovenstående tabel. Dette skyldes, at analysen benytter laggede værdier af innovation, således at de seneste tre års innovationsmålinger ikke kan medtages i analysen.

² Desuden kan det opdeles efter type af uddannelse, dvs. naturvidenskabelige, tekniske, samfundsvidenskabelige, humaniora og sundhed. Dette er dog ikke en opdeling vi anvender i dette notat.

³ I den empiriske analyse anvendes 5 brancher, mens der skelnes mellem 6 brancher i Innovationbenchmark.dk. Forskellen er, at branche 4 i denne analyse er kombinationen af "Fremstilling af maskiner og transportmidler" og "Elektronik og elektrisk udstyr". Der skelnes mellem disse brancher i Innovationbenchmark.dk.

Tabel 1c: Beskrivende statistik for performancemodellen

	Innovation=0	Innovation=1
Virksomheder # år	1867	3021
$\Delta\log(\text{værditilvækst})$	-0,0139	0,0441
$\Delta\log(\text{ansatte})$	-0,0770	-0,0489
$\Delta\log(\text{kapital})$	-0,1381	-0,1359
$\Delta(\text{profit/ansatte})$	19554	39527
Uddannelsesintensitet, gnm	0,1333	0,2213
Størrelse - mikro	212	135
Størrelse – små	972	954
Størrelse – mellemstore	608	1322
Størrelse – store	75	610
Branche 1	225	358
Branche 2	91	105
Branche 3	752	1075
Branche 4	541	1226
Branche 5	258	257

Note: Der anvendes fire virksomhedsstørrelser: mikro-virksomheder med mindre end 10 ansatte; små virksomheder med mindst 10 ansatte, men mindre end 50 ansatte; medium virksomheder med mindst 50 ansatte og mindre end 250 ansatte, og store virksomheder med 250 eller flere ansatte. De 5 brancher er: branche 1: Fremstilling af fødevarer; branche 2: Fremstilling af tekstiler, læder og møbler; branche 3: Træ og papir, kemisk, plast, metal; branche 4: Fremstilling af maskiner og transportmidler samt Elektronik og elektrisk udstyr; and branche 5: anden fremstillingsvirksomhed.

For at afbøde multikollinearitets- og måleproblemer, har vi sammenlagt innovationsindikatorerne på forskellige måder for at opnå en eller to indikatorer. Disse benyttes derefter i den empiriske analyse.

Vi benytter et aggregeret mål i analyserne i afsnit 4 nedenfor. Dette er en dummy variabel, som er lig med 1, hvis virksomheder har mindst én af de fire innovationstyper. I afsnit 5 benytter vi to innovationsindikatorer, som skelner mellem innovationstyper. Dette er for det første virksomheder med produktinnovation med eller uden andre typer af innovations og for det andet virksomheder organisatorisk innovation uden produktinnovation, men med og uden andre innovationstyper.

4. Resultater for bredt innovationsmål

I dette afsnit præsenteres de opnåede empiriske resultater for det aggregerede innovationsmål, som angiver om en virksomhed er innovativ eller ej. Nedenfor præsenteres resultaterne først for sandsynligheden for om en virksomhed har innovation og herefter præsenteres modeller for innovation, uddannelsesintensitet og virksomhedsperformance.

4.1 Sandsynlighedsmodellen

Tabel 2a viser resultater for, hvordan sandsynligheden for at have innovation er relateret til virksomhedens uddannelsesintensitet. Resultater præsenteres både for alle virksomhedsstørrelser samt for virksomheder af forskellig størrelse. I tabel 2b præsenteres resultater for alle virksomheder samt for virksomheder inden for forskellige underbrancher af fremstillingsindustrien.

Sandsynlighedsmodellen er estimeret ved brug af den såkaldte "inverse hyperboliske sinus transformation" af uddannelsesintensiteten målt i procent. Vi benytter denne transformation frem for at benytte uddannelsesintensiteten i niveau og kvadreret, fordi det er nemmere at præsentere resultaterne for denne funktions form. I Appendix A præsenteres modeller med uddannelsesintensitet i niveau og kvadreret. Det er disse versioner, som benyttes i værktøjet. Den "inverse hyperboliske sinus transformation" er en transformation, som ofte benyttes frem for log-transformation, når den relevante variabel kan være 0, hvilket er tilfældet for uddannelsesintensiteten.⁴

Det fremgår af de to tabeller, at der er en positiv sammenhæng mellem den initiale uddannelsesintensitet og sandsynligheden for at være innovativ. Det ses, at både uddannelsesintensiteten målt som ansatte med kort videregående uddannelse samt mellemlang og lang videregående uddannelse indgår med en positiv parameter, som også er signifikant for langt hovedparten af regressioner.

Effekten af uddannelsesintensitet på sandsynligheden i tabel 2a og 2b er illustreret for de fire virksomhedsstørrelser i nedenstående figur. I figuren præsenteres effekten af uddannelsesintensitet for kort videregående uddannelser med blå og med orange for mellemlang og lang videregående uddannelse. Det ses, at sammenhængen er positiv, men aftagen i størrelsen af uddannelsesintensiteten.

Tabel 2a: Sandsynlighed for innovation - OLS – Virksomhedsstørrelse

	(All)	(Micro)	(Small)	(Medium)	(Large)
$\text{arsinh}(100 \times E_{t-3})$, KVVU	0.046*** (0.006)	0.026** (0.013)	0.050*** (0.008)	0.042*** (0.016)	0.009 (0.035)
$\text{arsinh}(100 \times E_{t-3})$, MVU og LVU	0.068*** (0.006)	0.061*** (0.013)	0.058*** (0.007)	0.099*** (0.014)	0.117*** (0.032)
R i anden	0.149	0.106	0.089	0.068	0.103
Antal observationer	8941	644	3619	3553	1125

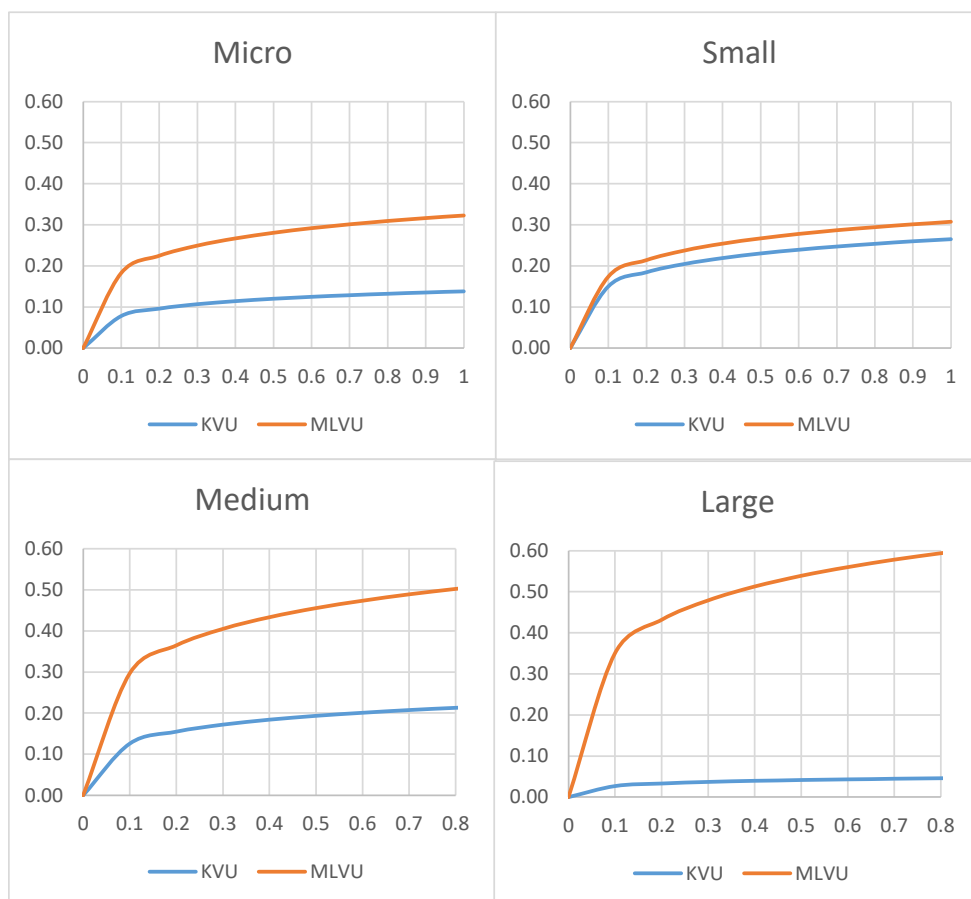
Note: **Innovation**: Variablen er lig med 1, hvis virksomheden har en eller flere typer innovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år og branche, mens søjle 1 også indeholder dummy-variabel for virksomhedsstørrelse. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010

⁴ Med andre ord benytter vi variabelen $\text{arsinh}(100 \times E_{t-3}) = \ln(100 \times E_{t-3} + ((100 \times E_{t-3})^2 + 1)^{0.5})$.

Tabel 2b: Sandsynlighed for innovation – OLS – Brancher

	(All)	(Branche 1)	(Branche 2)	(Branche 3)	(Branche 4)	(Branche 5)
arsinh(100x E_{t-3}), KVVU	0.046*** (0.006)	0.081*** (0.022)	0.010 (0.025)	0.056*** (0.010)	0.030*** (0.011)	0.055*** (0.016)
arsinh(100x E_{t-3}), MVU og LVU	0.068*** (0.006)	0.037* (0.020)	0.082*** (0.023)	0.056*** (0.010)	0.084*** (0.009)	0.061*** (0.014)
R i anden	0.149	0.201	0.149	0.121	0.129	0.168
Antal observationer	8941	1091	351	3369	3135	995

Note: **Innovation**: Variablen er lig med 1, hvis virksomheden har en eller flere typer innovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år og virksomhedsstørrelse, mens søjle 1 også indeholder dummy-variable for branche. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010



Figur 1: Sandsynlighed for, at virksomheder har innovation og uddannelsesintensitet – ”inverse hyperbolske sinus transformation”, Virksomhedsstørrelser

Andre baggrundsvariable

I de ovenfor præsenterede estimationsresultater, indeholder regressionerne fire forklarende variable: Uddannelsesintensiteten samt dummy-variable for branche, virksomhedsstørrelse og år. Foruden især uddannelsesintensiteten kan det argumenteres for, at vi kunne have inkluderet en række yderligere baggrundsvariable i forklaringen af sandsynligheden for innovation. Eksempelvis kunne vi have inddraget information for om virksomheder har udført egne forsknings- og udvikling (FoU) eller har købt FoU, da virksomheder med innovation ofte har FoU.

Vi har ikke inkluderet de øvrige baggrundsvariable af to grunde. For det første antage vi implicit en sammenhæng, hvor det er størrelsen af virksomheders uddannelsesintensitet, der afgør størrelsen for de andre baggrundsvariable. Altså uddannelsesintensive virksomheder vil ofte være virksomheder med FoU-

aktiviteter og desto større uddannelsesintensiteten er, desto højere er sandsynligheden for at have FoU. Af denne grund inkluderer vi alene uddannelsesintensiteten og betragter variabelen som bagvedliggende driver for FoU (og andre variable som kan være vigtige for innovation).

Den anden grund til, at vi kun ønsker at inkludere uddannelsesintensiteten er en praktisk grund for det innovationsværktøj, som estimaterne skal benyttes i. Da ønsket er, at udvikle et simpelt værktøj og uddannelsesintensiteten er et håndtag, som virksomheder forholdsvist nemt kan regulere på ved at ansætte flere uddannede medarbejdere, er det denne variabel vi har inddrage i analysen. Alternativet er, at brugere af værktøjet både skulle forholde sig til uddannelsesintensitet, FoU aktiviteter og andre variable. Det er selvfølgelig muligt, at virksomheder iværksætter en proces mod at have flere FoU-aktiviteter, når de ansætter højtuddannede medarbejdere, men det antages, at det i høj grad er uddannelsesintensiteten, der er det første skridt/bagvedliggende tiltag.

I nedenstående tabel præsenteres resultater, når yderligere baggrundsvariable inkluderes. I søjle 1 genpræsenteres regressionen for tabel 2a, søjle 1. I søjle 2 inkluderes dummy variable for, om virksomheder har egen FoU og om den har købt FoU i stedet for at inkludere variable for uddannelsesintensitet. Det fremgår, at begge variable indgår positivt og signifikant. I søjle 3 inkluderes både uddannelsesintensiteter og FoU-variable. Det ses, at parametrene på alle fire forklarende variable fortsat er positive og signifikante, men falder i størrelse.

Ideen er, at det er de bagvedliggende uddannelsesintensiteter, der er afgørende for omfanget for især egen FoU, men også købt FoU. I søjle 4 og 5 præsenteres derfor resultater for, hvordan uddannelsesintensiteter korrelerer med at have egen eller købt FoU. Det fremgår, at uddannelsesintensiteterne er positivt korreleret med sandsynligheden for at have egen og købt FoU positivt.

Endelig præsenterer vi 2SLS estimationer for sandsynligheden for at have innovation. I søjle 6, forklares sandsynligheden for innovation på en dummy variabel for at have egen FoU, som igen forklares med uddannelsesintensiteter, som benyttes som instrumenter. I denne søjle ses det, at parameteren på egen FoU er lig med 0.76. Det skal understreges, at F-testene har test størrelse som er meget højere end 10, som er tommelfingerreglen for, at instrumenterne er stærke instrumenter.

Tabel 3: Sandsynlighed for innovation - OLS; Forskellige forklarende variable

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	p(inno) LPM	p(inno) LPM	p(inno) LPM	p(egen FoU) LPM	p(købt FoU) LPM	p(inno) 2SLS
arsinh(100x E_{t-3}), kvu	0.05*** (0.01)		0.02*** (0.01)	0.06*** (0.01)	0.02*** (0.00)	
arsinh(100x E_{t-3}), mlvu	0.07*** (0.01)		0.03*** (0.01)	0.09*** (0.01)	0.05*** (0.00)	
Egen FoU		0.40*** (0.01)	0.36*** (0.01)			0.76*** (0.04)
Købt FoU		0.09*** (0.01)	0.08*** (0.01)			
<u>Instrumenter:</u>						ihs, kvu ihs, lmvu
R i anden	0.15	0.24	0.25	0.28	0.15	0.16
#observations	8941	8941	8941	8941	8941	8941

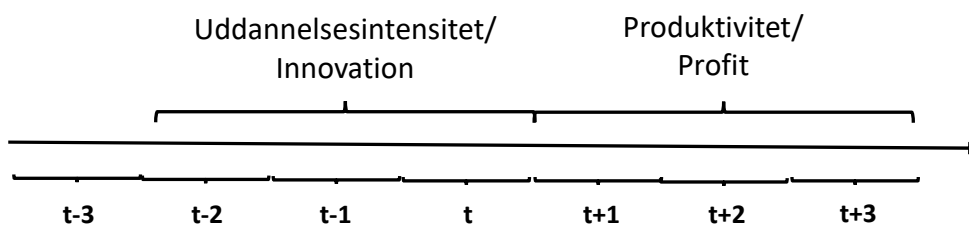
Note: Innovation: variabel er lig med 1 hvis en virksomhed har en eller flere innovationstyper; ellers 0. Alle regressioner inkluderer dummy variable for år, brancher og virksomhedsstørrelse. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010

Samlet set vurderes det at være rimeligt at benytte uddannelsesintensitet sin bagvedliggende driver for innovationsaktiviteter.

4.2 Virksomhedsperformance og uddannelsesintensiv innovation

I dette afsnit tester vi hypotesen om, at uddannelsesintensive virksomheder med innovation har højere stigning i virksomhedsperformance end virksomheder med lavere uddannelsesintensitet. Vi finder støtte for denne hypotese, idet den empiriske analyse viser, at innovation i uddannelsesintensive virksomheder har højere produktivitetsvækst og stigninger i profit per medarbejder sammenlignet med virksomheder med lav uddannelsesintensitet.

En udfordring er, at innovationsaktiviteterne er endogene, hvis produktivetsstød for eksempel øger virksomhedernes tendens til at have innovation. For at afbøde dette aspekt af endogenitet bruger vi laggede innovationsvariabler i regressioner, hvilket betyder, at produktivitetsvækst eller ændringer i profit per medarbejder måles for perioden fra t til $t+3$. Udover at afbøde endogenitet tager denne tilgang også hensyn til logikken om, at en virksomhed først gennemfører innovationsaktiviteter, mens den potentielle gevinst opstår efterfølgende. Tidsstrukturen for analysen fremgår af nedenstående figur.



Resultaterne præsenteres en smule anderledes end for modellen, der opstilles i afsnit 2.2. Mere præcist er regressionen udført således, at videnskabelse er omskrevet til:

$$\Delta \log A_t = \lambda_1 I_t E_{t-3} + \lambda_2 I_t + \lambda_3 E_{t-3} = (\lambda_1 + \lambda_3) I_t E_{t-3} + \lambda_2 I_t + \lambda_3 (1 - I_t) E_{t-3}$$

Hvor det første led på højre side angiver effekten af uddannelsesintensitet i virksomheder med innovation, mens det sidste led angiver effekten af uddannelsesintensiteten i virksomheder uden innovation. Endelig haves det midterste led, som måler den rene effekt af at have innovation. Hypoteserne, der testes, er om $(\lambda_1 + \lambda_3) = 0$ og $\lambda_3 = 0$. Det er en smule forskellig fra standard testet for komplementaritet, som tester om $\lambda_1 = 0$. Vi gør dette, fordi testene $\lambda_1 = 0$ og $\lambda_3 = 0$ ikke kan afvises separat for alle regressioner, men derimod kan $(\lambda_1 + \lambda_3) = 0$ afvises, mens $\lambda_3 = 0$ (som hovedregel) kan afvises. Fortolkningen er dermed, at vi ikke kan afvise, at uddannelsesintensive virksomheder med innovationsaktivitet har højere vækst end andre virksomheder; både virksomheder, som ikke anvender uddannet arbejdskraft intensivt og virksomheder, som ikke har innovationsaktivitet.

De empiriske resultater præsenteres i nedenstående tabel 4 og 5. I tabel 4a præsenteres resultater for produktivitetsvækst for alle virksomheder og for de fire virksomhedsstørrelser, mens resultater for produktivitetsvækst for de fem brancher præsenteres i tabel 4b. Tilsvarende præsenteres resultater for profit per medarbejder opdelt på henholdsvis virksomhedsstørrelse og brancher i tabel 5a og 5b.

I første søjle af tabel 4a og 4b ses det, at $(\lambda_1 + \lambda_3) = 0.043$ og signifikant på 1 procents signifikant niveau, mens $\lambda_3 = 0.011$ og insignifikant, dvs. at punkttestimatet ikke er forskellig fra 0 i statistisk forstand. Med andre ord har uddannelsesintensive virksomheder med innovationsaktiviteter højere produktivitetsvækst end andre virksomheder. Det skal understreges, at parameteren $\lambda_1 = 0.043 - 0.011 = 0.032$ er signifikant

på 5 procents niveau. Dette resultat bekræfter, at uddannelse og innovation er komplementære faktorer i produktivitetsudviklingen.

Når der opdeles efter virksomhedsstørrelse, fremgår det, at $(\lambda_1 + \lambda_3)$ er positiv og signifikant på 1 procents niveau for små og mellemstore virksomheder, mens λ_3 ikke er forskellig fra 0. Med andre ord, har uddannelsesintensive virksomheder med innovationsaktiviteter højere vækst end virksomheder uden innovationsaktiviteter. Det skal nævnes, at λ_1 ikke i sig selv er signifikant for estimerne for små og mellemstore virksomheder, hvilket i høj grad vurderes at skyldes, at det mindre antal af observationer er grunden til dette.

Tabel 4a: Produktivitetsvækst og Innovation - 3 års log diff - Virksomhedsstørrelse

	(Alle)	(Mikro)	(Små)	(Mellem)	(Store)
λ_3 : inno=0 # $\text{arsinh}(100 \times E_{t-3})$	0.011 (0.009)	0.005 (0.026)	0.015 (0.011)	0.005 (0.025)	-0.024 (0.047)
$\lambda_1 + \lambda_3$: inno=1 # $\text{arsinh}(100 \times E_{t-3})$	0.043*** (0.011)	0.038 (0.030)	0.045*** (0.016)	0.049*** (0.019)	0.024 (0.034)
λ_2 : inno=1	-0.073 (0.046)	-0.061 (0.136)	-0.053 (0.055)	-0.122 (0.097)	-0.183 (0.180)
dlog(employment)	0.620*** (0.045)	0.471*** (0.083)	0.603*** (0.053)	0.570*** (0.052)	0.947*** (0.126)
dlog(capital)	0.073*** (0.010)	0.044 (0.031)	0.064*** (0.011)	0.085*** (0.019)	0.033 (0.040)
R i anden	0.362	0.258	0.301	0.365	0.634
Antal observationer	4888	347	1926	1930	685

Note: **Innovation**: Variablen er lig med 1, hvis virksomheden har en eller flere typer innovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år og virksomhedsstørrelse, mens søjle 1 også indeholder dummy-variabel for branche. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.010$

Når det opdeles på brancher i tabel 4b, fremgår det, at $(\lambda_1 + \lambda_3)$ er positiv og signifikant forskellig for branche 4 og 5, mens λ_3 ikke er forskellig fra 0. For branche 1 er $(\lambda_1 + \lambda_3)$ positiv og større end λ_3 , men insignifikant; $(\lambda_1 + \lambda_3)$ er stort set lige med λ_3 i branche 3, mens $(\lambda_1 + \lambda_3)$ er negativ, men insignifikant for branche 2. Resultaterne for branche 1 og 2 skyldes formodentlig det lave antal observationer, mens resultatet for branche 3 potentielt skyldes, at uddannelsesintensitet og innovation ikke nødvendigvis er komplementære faktorer for produktivitetsvækst i denne branche.

Tabel 4b: Produktivitetsvækst og Innovation - 3 års log diff - Brancher

	(All)	(Branche 1)	(Branche 2)	(Branche 3)	(Branche 4)	(Branche 5)
λ_3 : inno=0 # arsinh(100x E_{t-3})	0.011 (0.009)	0.005 (0.022)	-0.022 (0.027)	0.025 (0.018)	0.007 (0.021)	0.007 (0.024)
$\lambda_1 + \lambda_3$: inno=1 # arsinh(100x E_{t-3})	0.043*** (0.011)	0.026 (0.031)	-0.038 (0.060)	0.026 (0.016)	0.068*** (0.020)	0.084* (0.048)
λ_2 : inno=1 dlog(employment)	-0.073 (0.046)	-0.042 (0.085)	0.032 (0.212)	0.013 (0.073)	-0.178 (0.116)	-0.198 (0.144)
dlog(capital)	0.620*** (0.045)	0.601*** (0.110)	0.479*** (0.126)	0.577*** (0.045)	0.687*** (0.046)	0.451*** (0.113)
	0.073*** (0.010)	0.222*** (0.046)	0.061* (0.031)	0.088*** (0.018)	0.048*** (0.012)	0.030 (0.030)
R i anden	0.362	0.595	0.312	0.353	0.354	0.199
Antal observationer	4888	583	196	1827	1767	515

Note: **Innovation**: Variablen er lig med 1, hvis virksomheden har en eller flere typer innovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år og virksomhedsstørrelse, mens søjle 1 også indeholder dummy-variabel for branche. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010

I tabellerne 5a og 5b præsenteres resultater for ændring i profit per medarbejder. Det fremgår, at ændringen i profit per medarbejder er høj for uddannelsesintensive virksomheder med innovationsaktiviteter. I første søjle ses det, at $(\lambda_1 + \lambda_3) = 23875$ kr. og signifikant på 1 procent signifikant niveau, mens $\lambda_3 = 6122$, som er signifikant på 10 procent niveau. $\lambda_1 = 17753$ er signifikant på 1 procent niveau. Med andre ord er uddannelsesintensitet og innovationsaktiviteter komplementære faktorer for ændring i profit per medarbejder.

I de to nedenstående tabeller er $(\lambda_1 + \lambda_3)$ positiv og signifikant forskellig fra 0 i alle tilfælde på nær for mikro-virksomheder samt for virksomheder i branche 2. Desuden er $\lambda_1 > 0$ for alle regressionerne på nær for branche 2. Rent faktisk er λ_1 positiv og signifikant forskellig fra 0 for alle virksomheder, for branche 3, 4 og 5, samt for små virksomheder.

Tabel 5a: Ændring i profit per medarbejder og innovation - 3 års ændringer - Virksomhedsstørrelse

	(All)	(Micro)	(Small)	(Medium)	(Large)
λ_3 : Inno=0 # arsinh(100x E_{t-3})	6122* (3374)	-3118 (8156)	5263 (3854)	19849** (9960)	-3290 (40277)
$\lambda_1 + \lambda_3$: Inno=1 # arsinh(100x E_{t-3})	23875*** (5778)	18704 (11660)	18144** (7098)	36679*** (9752)	61204* (34576)
λ_2 : Innovation=1	-43612** (18993)	-52211 (42221)	-13410 (21192)	-56590 (41968)	-174004 (168539)
R i anden	0.016	0.032	0.025	0.019	0.027
Antal observationer	4911	360	1940	1930	681

Note: **Innovation**: Variablen er lig med 1, hvis virksomheden har en eller flere typer innovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år og branche, mens søjle 1 også indeholder dummy-variabel for virksomhedsstørrelse. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010

Tabel 5b: Ændring i profit per medarbejder og innovation - 3 års ændringer - Brancher

	(All)	(Branche 1)	(Branche 2)	(Branche 3)	(Branche 4)	(Branche 5)
λ_3 : Inno=0 # $\text{arsinh}(100 \times E_{t-3})$	6122*	16352*	-10174	7081	5884	-185
	(3374)	(8427)	(13009)	(7543)	(6176)	(7084)
$\lambda_1 + \lambda_3$: Inno=1 # $\text{arsinh}(100 \times E_{t-3})$	23875***	28618**	-17220	29499***	28432***	36347**
	(5778)	(14263)	(17789)	(11162)	(8885)	(14224)
λ_2 : Inno=1	-43612**	-9434	35114	-59654	-65064*	-105230**
	(18993)	(32499)	(58988)	(38174)	(38245)	(46694)
R i anden	0.016	0.035	0.065	0.019	0.029	0.086
Antal observationer	4911	584	194	1831	1776	525

Note: **Innovation**: Variablen er lig med 1, hvis virksomheden har en eller flere typer innovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år og branche, mens søjle 1 også indeholder dummy-variabel for virksomhedsstørrelse. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.010$

Overordnet set findes det, at uddannelse og innovation er komplementære faktorer for produktivitetsvækst og for profit per medarbejder. Desuden findes komplementaritet for flere virksomhedsstørrelser og brancher.

5. Resultater for mere detaljerede innovationsmål

Når talen går på innovation er det ofte produkt eller proces innovation, der er i tankerne. Altså udvikling af nye eller forbedring af allerede eksisterende produkter eller processer. I løbet af de sidste årtier er betydningen af ikke-teknologiske vækstdrivere i højere grad blevet anerkendt. En fremtrædende driver er organisatoriske ændringer. Caroli og Van Reenen (2001) finder, at denne type ændring spiller en uafhængig rolle i produktivitetsvæksten. Derudover finder forfatterne, at organisatoriske ændringer i høj grad kræver ansatte med kvalifikationer for effektiv implementering, hvilket indebærer, at væksteffekten af disse aktiviteter er større i virksomheder, som anvender kvalificeret arbejdskraft intensivt, sammenlignet med virksomheder, som ikke gør. Tilsvarende finder Junge, Severgnini og Sørensen (2016), at markedsføringsinnovation kan være en væsentlig vækstdriver i virksomheder, som har stor anvendelse af kvalificeret arbejdskraft.

Som beskrevet i afsnit 4, har vi ind til nu benyttet et overordnet innovationsmål, hvor en virksomhed betragtes som værende innovativ, hvis den har mindst en innovationstype af de 4 mulige typer. I dette afsnit er fokus på mere detaljerede mål. Dette er selvfølgelig udfordrende at skulle håndtere fire forskellige innovationstyper, som kan kombineres på 16 forskellige måder. For eksempel kan en virksomhed have produktinnovation, men ikke andre innovationstyper; den kan have produktinnovation og andre innovationstyper; eller for eksempel organisatorisk innovation, men ikke produktinnovation. Det er ikke muligt at inkludere 16 forskellige innovationskombinationer, da der er for mange parametre at estimere for det tilgængelige datasæt.

Tilgangen i analysen i dette afsnit er at opdele innovative virksomheder på følgende måde: Den første type er virksomheder med produktinnovation uanset hvilke andre innovationstyper de er aktive indenfor. Den anden type er virksomheder, som har organisatorisk innovation og eventuelt andre innovationstyper, men som ikke har produktinnovation.

Der ses således bort fra procesinnovation og markedsføringsinnovation, da der ikke findes signifikante resultater fra disse innovationstyper. For procesinnovation er en mulig grund, at de stillede spørgsmål i FUI spørgeskemaet for procesinnovation er alt for generelle og dermed bliver for upræcise, således at mange

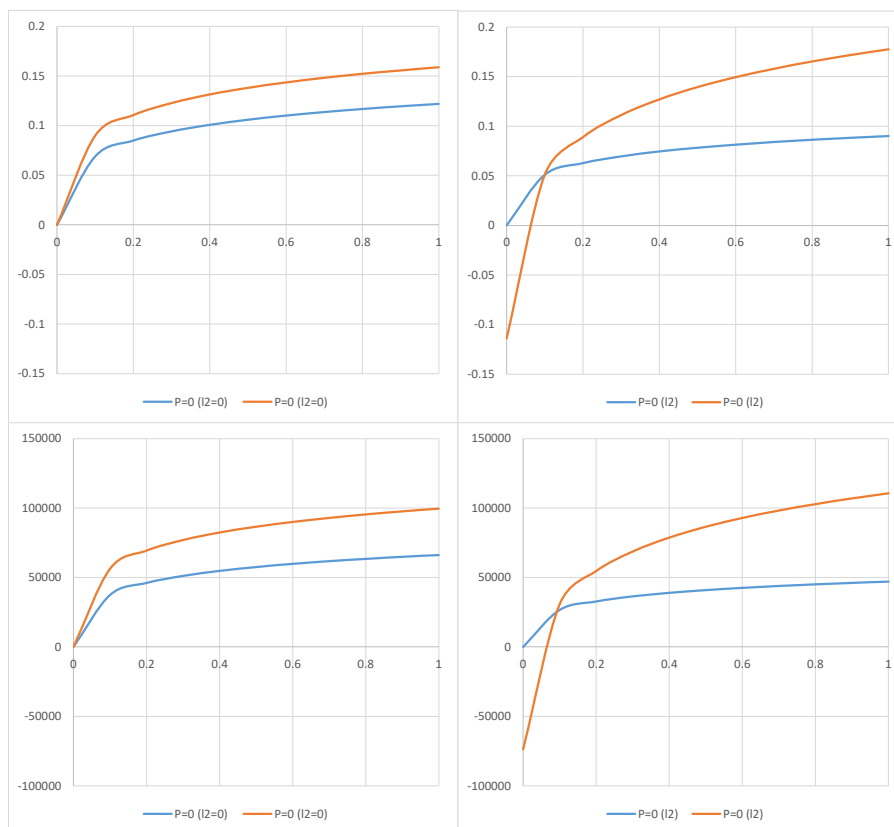
ændringer store som små fører til bekræftende svar. Dette kan føre til meget upræcise estimater for procesinnovation. I anden sammenhæng stilles spørgsmål til det teknologiske indhold for produktionsapparatet i virksomheder. Her findes det, at større stigning i indholdet er relateret til højere produktivitetsvækst og ændringer i profit, se for eksempel Kromann og Sørensen (2019). For marketing innovation findes i anden sammenhæng, at denne type innovation er komplementær til produktinnovation, hvilket vil sige, at virksomheder som har begge innovationstyper opnår højere vækst end virksomheder, der enten har produktinnovation eller marketingsinnovation, se Junge, Severgnini og Sørensen (2016).

I det følgende benyttes følgende funktion for videnskabelse:

$$\begin{aligned}\Delta \log A_t &= \lambda_1^{PI} I_t^{PI} E_{t-3} + \lambda_2^{PI} I_t^{PI} + \lambda_1^{OI} I_t^{PI} E_{t-3} + \lambda_2^{OI} I_t^{OI} + \lambda_3 E_{t-3} \\ &= (\lambda_1^{PI} + \lambda_3) I_t^{PI} E_{t-3} + \lambda_2^{PI} I_t^{PI} + (\lambda_1^{OI} + \lambda_3) I_t^{OI} E_{t-3} + \lambda_2^{OI} I_t^{OI} + \lambda_3 (1 - I_t^{PI} - I_t^{OI}) E_{t-3}\end{aligned}$$

Det skal understreges, at der ikke undersøges for komplementaritet mellem innovationstyper. En sådan formulering ville kræve interaktion mellem λ_1^{PI} og λ_1^{OI} . Vi benytter ikke en sådan formulering, da vi ikke har kunne etablere den på baggrund af det benyttede datasæt.

I tabel 6a præsenteres resultaterne for produktivitetsvækst, mens resultaterne for ændringer i profit pr. medarbejder præsenteres i tabel 6b. Tabellerne er opbygget på følgende måde. I de første 2 søjler præsenteres resultater for produktinnovation alene. I første søjle sættes $\lambda_2^{PI} = 0$, mens parameteren estimeres i søjle 2. I søjle 1 fremgår det, at $\lambda_1^{PI} = 0.030 - 0.023 = 0.007$ for produktivitetsvækst og $\lambda_1 = 18791 - 12500 = 6291$ for profit per medarbejder. Begge disse estimater er signifikant forskellig fra 0. Dette indebærer, at uddannelsesintensive virksomheder med produktinnovation har højere produktivitetsvækst end uddannelsesintensive virksomheder uden. I søjle 2 fremgår det, at $\lambda_2^{PI} < 0$, mens $\lambda_1^{PI} > 0$. Rent faktisk er λ_1^{PI} væsentlig større end under restriktionen med $\lambda_2^{PI} = 0$. Hvis vi tager dette resultater bogstaveligt, betyder det, at virksomheder med lav uddannelsesintensitet står bedre ved *ikke* at have produktinnovation, da vækst og ændring i profit per medarbejder rent faktisk er lavere for, der forsøger sig med produktinnovation end for virksomheder, der ikke gør. Dette resultater er illustreret i nedenstående figur 2.



Figur 2: Afkast til produktinnovation med og uden restriktion $\lambda_2 = 0$. Produktivitetsvækst og ændring i profit per medarbejder.

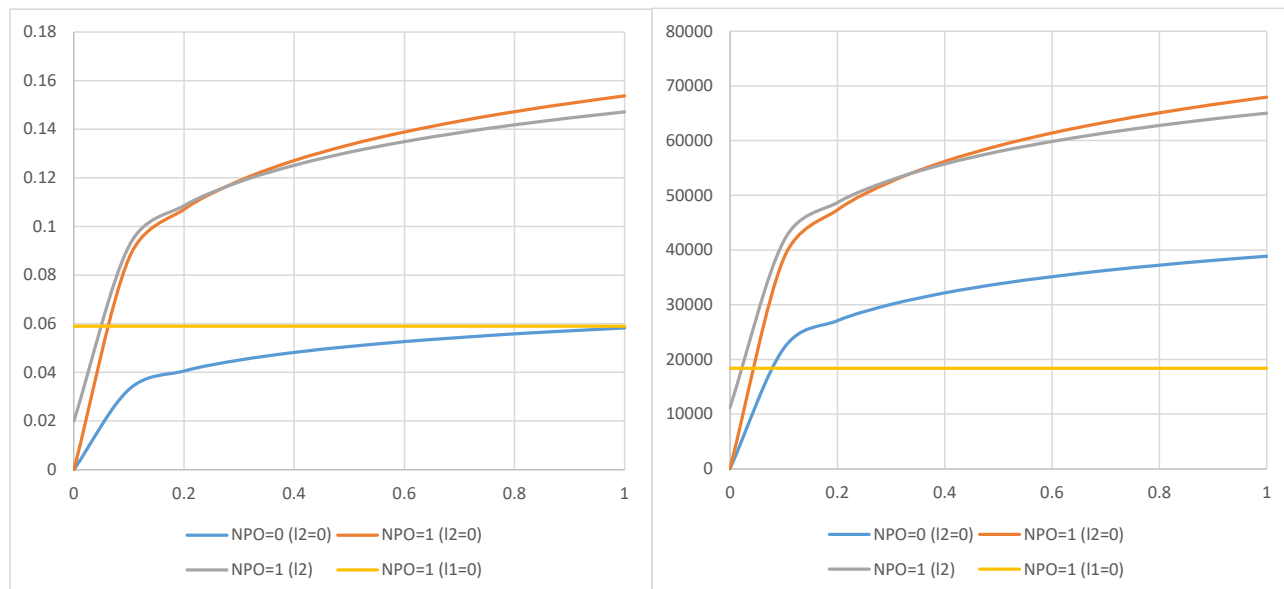
I søjlerne 3-6 præsenteres resultater for både virksomheder med produktinnovation (og andet) samt virksomheder med organisatorisk innovation, men ikke produktinnovation. I søjle tre præsenteres resultater med $\lambda_2^{PI} = \lambda_2^{OI} = 0$, $\lambda_2^{OI} = 0$ i søjle 4, mens de to parametre er helt uden restriktioner i søjle 5. Endelig er $\lambda_1^{OI} = 0$ i søjle 6.

Det fremgår af tabellerne, at resultaterne for produktinnovation er stort set uændrede ved inklusion af information for virksomheder med organisatorisk innovation, men uden produktinnovation. Det ses af søjle 3, at uddannelsesintensive virksomheder af denne type har $\lambda_1^{OI} = 0.035 - 0.017 = 0.018$ for vækst og $\lambda_1^{OI} = 16451 - 11024 = 5427$ for ændring i profit per medarbejder. Begge parametre er signifikante forskellige fra 0.

I søjlerne 5-6 introduceres λ_2^{OI} . Når denne parameter introduceres ses det, at både λ_1^{OI} og λ_2^{OI} er positive, men ikke-signifikante. Samlet set er de to parametre signifikante, dvs. at $H_0: \lambda_1^{OI} = \lambda_2^{OI} = 0$ kan afvises, mens både $H_0: \lambda_1^{OI} = 0$ og $H_0: \lambda_2^{OI} = 0$ ikke kan afvises. Det er derfor ikke til at afgøre entydigt om organisatorisk innovation (i virksomheder uden produktinnovation) er en uddannelsesintensiv aktivitet eller ej. Dette er illustreret i figur 3. Det skal dog siges, at resultaterne med og uden restriktionen $\lambda_2^{OI} = 0$ stort set er ens. Med dette resultat i bagehovedet antager vi, at organisatorisk innovation er en uddannelsesintensiv aktivitet, selvom resultaterne ikke er entydige.

Et forhold for organisatorisk innovation er, at virksomheder ikke behøver at have et minimumsniveau af uddannelsesintensitet før organisatorisk innovation er en profitabel aktivitet. Dette skyldes, at organisatorisk innovation har et positivt afkast, selvom virksomheden slet ikke har arbejdskraft med videregående arbejdskraft. Dette var ikke tilfældet for produktinnovation, hvor virksomheder med

innovationsaktiviteten skal have en uddannelsesintensitet, som overstiger 0.1 før, at aktiviteten giver et positivt afkast, hvilket fremgår af figur 2.



Figur 3: Afkast til organisatorisk innovation med og uden restriktion $\lambda_2 = 0$. Produktivitetsvækst og ændring i profit per medarbejder.

Tabel 6a: Produktivitetsvækst i virksomheder med og uden produkt og organisatorisk innovation - 3 års vækstrater

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
dlog(employment)	0.621*** (0.045)	0.621*** (0.044)	0.624*** (0.043)	0.623*** (0.043)	0.623*** (0.043)	0.623*** (0.043)
dlog(capital)	0.073*** (0.010)	0.073*** (0.010)	0.073*** (0.010)	0.072*** (0.010)	0.072*** (0.010)	0.072*** (0.010)
<u>P # ihs(E) og NPO # ihs(E):</u>						
P=0 # ihs(E)	0.023*** (0.008)	0.017** (0.008)	0.017** (0.008)	0.011 (0.008)	0.012 (0.009)	0.014* (0.008)
P=1 # ihs(E)	0.030*** (0.008)	0.055*** (0.017)	0.030*** (0.008)	0.053*** (0.017)	0.053*** (0.017)	0.053*** (0.017)
NPO=1 # ihs(E)			0.035*** (0.009)	0.029*** (0.010)	0.024 (0.017)	
<u>P and NPO:</u>						
P=1		-0.114* (0.066)		-0.111* (0.066)	-0.108 (0.067)	-0.103 (0.066)
NPO=1					0.020 (0.055)	0.059*** (0.019)
R i anden	0.361	0.362	0.355	0.356	0.356	0.356
Antal observationer	4888	4888	4888	4888	4888	4888

Note: Innovation: Variablen P er lig med 1, hvis virksomheden har produktinnovation, ellers er den 0. Variablen O er lig med 1, hvis virksomheden har organisatorisk innovation, men ikke produktinnovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummyvariable for år, virksomhedsstørrelse og branche. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010.

Tabel 6b: Ændringer i profit per medarbejder i virksomheder med og uden produkt og organisatorisk innovation - 3 års ændringer

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
dlog(employment)	-31464*** (12134)	-31709*** (12085)	-28304** (11663)	-28612** (11617)	-28645** (11622)	-28653** (11624)
dlog(capital)	2799 (4306)	2560 (4305)	2880 (4302)	2639 (4302)	2642 (4303)	2643 (4303)
<u>P # ihs(E) og NPO # ihs(E):</u>						
P=0 # ihs(E)	12500*** (3238)	8868*** (3165)	11024*** (3301)	7333** (3241)	7784** (3395)	8142** (3180)
P=1 # ihs(E)	18791*** (3791)	34786*** (8492)	18845*** (3800)	34954*** (8514)	34955*** (8514)	34951*** (8513)
NPO=1 # ihs(E)			16451*** (3789)	12825*** (3697)	10069 (7303)	
<u>P and NPO:</u>						
P=1		-73686*** (28215)		-74242*** (28278)	-72726** (28692)	-71729** (28256)
NPO=1					11155 (22777)	18377** (7925)
R i anden	0.021	0.023	0.017	0.019	0.019	0.019
Antal observationer	4842	4842	4842	4842	4842	4842

Note: **Innovation:** Variablen P er lig med 1, hvis virksomheden har produktinnovation, ellers er den 0. Variablen O er lig med 1, hvis virksomheden har organisatorisk innovation, men ikke produktinnovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år, virksomhedsstørrelse og branche. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010.

6. Diskussion og Konklusion

Formålet med dette notat er at beskrive og præsentere de resultater, som ligger til grund for beregninger af innovationsparathed og innovationseffekter i innovationsværktøjet www.innovationbenchmark.dk. Et væsentligt formål er at præsentere empiriske modeller, som på et overskueligt grundlag kan tilvejebringe simple beregninger for virksomheders innovationsaktiviteter.

For det første beregnes en sandsynlighed for om virksomheders baggrundskarakteristika tilsiger, at virksomheden tenderer at skulle have innovationsaktiviteter. Svaret herfor tilvejebringes ved brug af virksomhedens anvendelse af ansatte med videregående uddannelse ud af det samlede antal ansatte. Denne information er meget væsentligt for, om virksomheder er innovationsaktive eller ej. Mere præcist benytte den initiale uddannelsesintensitet for virksomheder, dvs. den uddannelsesintensitet, der observeres i slutningen af året før innovationsaktiviteten iværksættes. Desuden inddrages information om virksomhedsstørrelse og branche. Den estimerede model benyttes til at beregne sandsynligheden for om en virksomhed har innovation eller ej. Eksempelvis, hvis sandsynligheden findes til 0.7, så fortolkes det som, at ud af 100 virksomheder, som ligner din virksomhed, har 70 virksomheder innovationsaktiviteter. Det er denne information, som virksomhederne præsenteres for i værktøjet.

For det andet beregnes den forventede produktivitetsvækst og ændring i profit per medarbejder. Denne beregning er baseret på uddannelsesintensitet, innovationsaktivitet, virksomhedsstørrelse og branche. Igen er information om virksomheders uddannelsesintensitet vigtig. Den estimerede model benyttes til at beregne den forventede produktivitetsvækst og ændring i profit per medarbejder for virksomheden i tilfældet af, at den har innovationsaktiviteter eller ej. Herefter opnås information om hvad virksomheden har fået ud af at have innovationsaktiviteter; alternativt hvad denne ville have fået ud af at have innovationsaktivitet.

Formålet med at præsentere virksomheder for de to mål relateret til innovationsaktiviteter er, at tilvejebringe information om, hvorvidt de er veludrustet til at have innovationsaktiviteter eller ej. Hvis de ikke er, bør de ansætte nye medarbejdere med stærke kvalifikationer til at udføre innovation, hvis de ønsker at have innovationsaktiviteter. Eksempelvis kan man ansætte nye medarbejdere, der i forvejen har erfaring med innovation fra andre virksomheder. Hvis virksomheden omvendt har et højt innovationspotentiale, men ikke har innovationsaktiviteter, bør det overvejes i virksomheden om det ikke vil være hensigtsmæssigt at igangsætte aktiviteter, som over tid vil øge virksomhedens produktivitet, udvikling og profit per medarbejder.

Litteratur

Crepon, B, E Duguet and J Mairesse (1998), "Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level". *Economics of Innovation and New Technology* 7, no. 2: 115–58

Caroli, E. og J. Van Reenen, "Skill-Biased Organizational Change? Evidence from a Panel of British and French Establishments," *Quarterly Journal of Economics*, 116, 1449–92, 2001

Hall, B.H., (2011), "Innovation", i "Productivity and Competitiveness", *Nordic Economic Policy Review*, Guest Editor with Anders Sørensen og Jakob Madsen

Hall, B. H., Lotti, F., og Mairesse, J. (2013). "Evidence on the impact of R&D and ICT investments on innovation and productivity in Italian firms". *Economics of Innovation and New Technology*, 22(3):300-328.

Junge, M, B. Severgnini og A. Sørensen (2016), "Product-Marketing Innovation, Skills and Firm Productivity Growth", *Review of Income and Wealth*, 62(4), 724-757, DOI: 10.1111/roiw.12192

Kromann, L., og A. Sørensen (2019) "Automation, Performance and International Competition: Firm-level Comparisons of Process Innovation", *Economic Policy*, 34, issue 100, October 2019, 691–722 - DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/epolic/eiaa002>

Appendiks 1: Sandsynlighedsmodel med kvadratiske led

I nedenstående tabel A1a og A1b præsenteres estimationer for sandsynligheden for innovation. I estimationerne er uddannelsesintensiteten opdelt på uddannelseslængde; kortvideregående i en gruppe og mellemlang og lang videregående i en anden. Desuden variabelen lineært og som kvadratiske led i regressionerne.

Tabel A1a: Sandsynlighed for Innovation – OLS – Virksomhedsstørrelse

	(All)	(Micro)	(Small)	(Medium)	(Large)
Udd-int, KVVU	1.017*** (0.190)	0.879* (0.523)	1.348*** (0.245)	0.515 (0.366)	0.426 (1.214)
Udd-int squared, KVVU	-1.315*** (0.470)	-1.374 (1.192)	-1.649*** (0.600)	-0.509 (0.751)	-0.428 (4.381)
Udd-int, MVU og LVU	1.071*** (0.130)	1.080*** (0.312)	0.975*** (0.172)	1.520*** (0.293)	1.519*** (0.487)
Udd-int squared, MVU og LVU	-0.813*** (0.188)	-0.676 (0.502)	-0.642*** (0.226)	-1.572*** (0.483)	-2.076** (0.814)
R i anden	0.145	0.115	0.085	0.062	0.092
Antal observationer	8941	644	3619	3553	1125

Note: Innovation: variable er lig med 1 hvis virksomhed har en eller flere af de 4 innovationstyper, ellers er variabel lig med 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år, branche og virksomhedsstørrelse. Lineær sandsynlighed model. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010

Det fremgår, at uddannelsesintensiteten indgår positivt og signifikant i de fleste tilfælde. Desuden er den kvadrerede uddannelses intensitet negativ og signifikant. Det ses desuden, at det alene er uddannelsesintensiteten for de mellemlange og lange videregående uddannelser, som er signifikante for medium store og store virksomheder.

På tilsvarende vis indsætter vi resultater opdelt på brancheniveau:

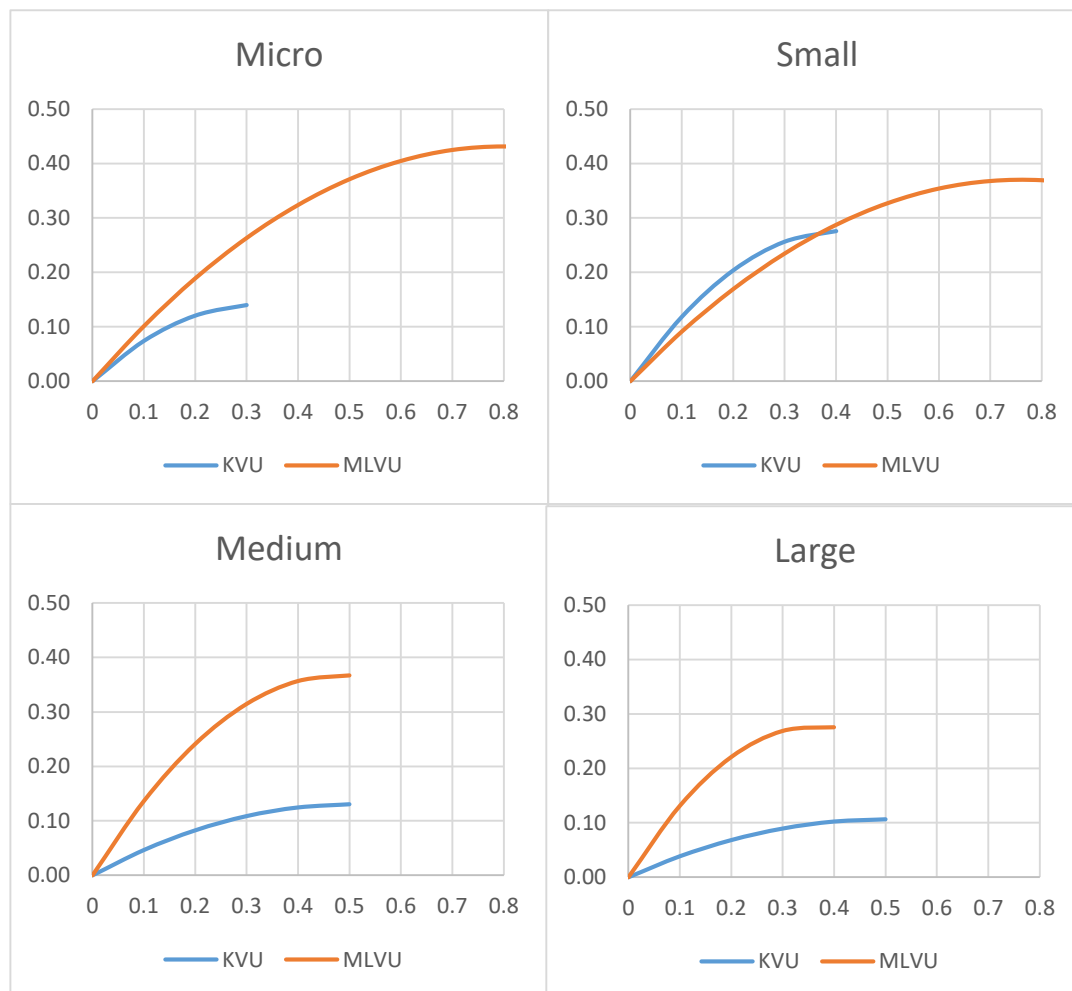
Tabel A1b: Sandsynlighed for Innovation – OLS – Brancher

	(All)	(Branche 1)	(Branche 2)	(Branche 3)	(Branche 4)	(Branche 5)
Udd-int, KVVU	1.017*** (0.190)	2.015*** (0.575)	0.032 (0.947)	1.217*** (0.306)	0.946** (0.371)	1.191*** (0.409)
Udd-int squared, KVVU	-1.315*** (0.470)	-2.404*** (0.603)	0.942 (2.610)	-1.217* (0.626)	-2.074** (0.992)	-0.603 (0.548)
Udd-int, MVU og LVU	1.071*** (0.130)	1.073 (0.752)	1.184** (0.591)	0.870*** (0.258)	1.137*** (0.191)	1.454*** (0.371)
Udd-int squared, MVU og LVU	-0.813*** (0.188)	-1.971 (2.312)	-0.555 (0.664)	-0.731* (0.422)	-0.877*** (0.260)	-1.448** (0.714)
R i anden	0.145	0.202	0.140	0.116	0.125	0.181
Antal observationer	8941	1091	351	3369	3135	995

Note: Innovation: variable er lig med 1 hvis virksomhed har en eller flere af de 4 innovationstyper, ellers er variabel lig med 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år, branche og virksomhedsstørrelse. Lineær sandsynlighed model. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010

Det er svært umiddelbart at aflæse effekten af uddannelsesintensitet på sandsynligheden i tabel A1a og A1b. Derfor er effekten illustreret i nedenstående figur. I figuren præsenteres effekten af uddannelsesintensitet for mellemlang og lang videregående uddannelse med orange og for kort videregående uddannelser med blå. Da den funktionelle form for uddannelse også medtager den

kvadrerede uddannelsesintensitet, kan effekten blive negativ for store værdier af uddannelsesintensiteten. Dette skyldes, at sammenhængen estimeres for hvor hovedparten af observationer er. Og da 99% percentilen for uddannelsesintensiteter er 0.31 for kort videregående uddannelse og 0.63 for mellemlang og lang videregående uddannelse, kan effekten af uddannelse blive estimeret til at blive aftagende for højere værdier. I nedenstående figur er illustrationerne begrænset ved toppunkterne for den kvadrerede funktion.



Figur A1: Sandsynlighed for, at virksomheder har innovation og uddannelsesintensitet – lineær og kvadreret led, Virksomhedsstørrelser

At effekten af uddannelsesintensiteten er aftagende som konsekvens af valget af funktionel form for uddannelsesintensitet er u hensigtsmæssig for nærværende analyse. Estimerne for uddannelsesintensitet benyttes nemlig til, at virksomheder som får vurderet deres innovationsparathed på baggrund af selvoplyst uddannelsesintensiteter. Af denne årsag benyttes "inverse hyperbolske sinus transformation".

Appendiks 2: Lineær Performance model

I dette appendiks benyttes uddannelsesintensiteten direkte som forklarende variabel i performance modellerne i stedet for den "inverse hyperbolske sinus transformation". Resultaterne præsenteres i nedenstående tabel B1a, B1b, B2a, og B1b.

I første søjle ses det, at $(\lambda_1 + \lambda_3) = 0.245$ og signifikant på 1 procents sig signifikant niveau, mens $\lambda_1 = 0.15$ og insignifikant, dvs. at punktestimatet ikke er forskellig fra 0 i statistisk forstand. Med andre ord har uddannelsesintensive virksomheder med innovationsaktiviteter højere produktivitetsvækst end andre virksomheder. Sammenlignes 2 virksomheder med en forskel på 10% points i uddannelsesintensitet, så har virksomheden med den høje intensitet en vækst i værditilvækst, som er 2.64% højere over en 3 års periode, - eller 0.88% per år - end virksomheden med den lave uddannelsesintensitet.

Tabel B1a: Produktivitetsvækst og Innovation - 3 års log diff - Virksomhedsstørrelse

	(All)	(Micro)	(Small)	(Medium)	(Large)
dlog(employment)	0.618*** (0.045)	0.471*** (0.082)	0.598*** (0.052)	0.570*** (0.051)	0.952*** (0.127)
dlog(capital)	0.073*** (0.010)	0.044 (0.031)	0.063*** (0.011)	0.085*** (0.019)	0.032 (0.040)
Inno=0 # Udd-int	0.151 (0.097)	0.337 (0.372)	0.213* (0.119)	0.030 (0.165)	-0.444 (0.290)
Inno=1 # Udd-int	0.245*** (0.071)	0.061 (0.169)	0.365*** (0.134)	0.298*** (0.100)	-0.001 (0.147)
Inno=1	0.012 (0.023)	0.068 (0.085)	0.010 (0.033)	-0.019 (0.034)	-0.081 (0.072)
R i anden	0.363	0.258	0.304	0.367	0.634
Antal observationer	4888	347	1926	1930	685

Innovation: Variablen er lig med 1, hvis virksomheden har en eller flere typer innovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år og branche, mens søjle 1 også indeholder dummy-variabel for virksomhedsstørrelse. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010

Tabel B1b: Produktivitetsvækst og Innovation - 3 års log diff - Brancher

	(All)	(Branche 1)	(Branche 2)	(Branche 3)	(Branche 4)	(Branche 5)
dlog(employment)	0.618*** (0.045)	0.602*** (0.110)	0.482*** (0.134)	0.575*** (0.045)	0.682*** (0.046)	0.449*** (0.113)
dlog(capital)	0.073*** (0.010)	0.223*** (0.046)	0.061* (0.031)	0.087*** (0.018)	0.049*** (0.012)	0.027 (0.029)
Inno=0 # Udd-int	0.151 (0.097)	0.348 (0.246)	0.310 (0.319)	0.253 (0.196)	0.174 (0.156)	-0.084 (0.206)
Inno=1 # Udd-int	0.245*** (0.071)	0.268 (0.315)	-0.458 (0.323)	0.218* (0.119)	0.267*** (0.094)	0.592 (0.368)
Inno=1	0.012 (0.023)	0.013 (0.064)	0.086 (0.093)	0.021 (0.034)	0.018 (0.047)	-0.066 (0.065)
R i anden	0.363	0.596	0.320	0.354	0.354	0.202
Antal observationer	4888	583	196	1827	1767	515

Innovation: Variablen er lig med 1, hvis virksomheden har en eller flere typer innovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år og branche, mens søjle 1 også indeholder dummy-variabel for virksomhedsstørrelse. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010

I tabel B2a og B2b sammenlignes stigningen profit per medarbejder for vækstmodellen med komplementaritet mellem uddannelse og innovation. Det ses, at $(\lambda_1 + \lambda_3) = 119.259$ og signifikant på 1 procents signifikant niveau, mens $\lambda_1 = 54118$ og insignifikant. Dette gør, at punktestimatet ikke er forskellig fra 0 i statistisk forstand. Med andre ord har uddannelsesintensive virksomheder med innovationsaktiviteter større stigning i profit per medarbejder end andre virksomheder. Sammenlignes 2 virksomheder med en forskel på 10% points i uddannelsesintensitet, så har virksomheden med den høje

intensitet en stigning i profit per medarbejder, som er 11.926 kr. højere over en 3 års periode, - eller ca. 4.000 kr. per år - end virksomheden med den lave uddannelsesintensitet.

Tabel B2a: Ændring i profit per medarbejder og innovation - 3 års ændringer - Virksomhedsstørrelse

	(All)	(Micro)	(Small)	(Medium)	(Large)
Inno=0 # Udd-int	54118 (39068)	-49541 (114370)	52732 (48461)	87586 (80843)	-179089 (278129)
Inno=1 # Udd-int	119259*** (41032)	51121 (67153)	135950** (56293)	187891*** (52857)	156739 (154055)
Inno=1	2743 (9243)	-5318 (25846)	11826 (11880)	-14908 (14852)	-762 (49883)
R i anden	0.016	0.025	0.028	0.020	0.022
Antal observationer	4911	360	1940	1930	681

Innovation: Variablen er lig med 1, hvis virksomheden har en eller flere typer innovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år og branche, mens søjle 1 også indeholder dummy-variable for virksomhedsstørrelse. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010

Tabel B2b Ændring i profit per medarbejder og innovation - 3 års ændringer - Brancher

	(All)	(Branche 1)	(Branche 2)	(Branche 3)	(Branche 4)	(Branche 5)
Inno=0 # Udd-int	54118 (39068)	226340* (129445)	-41668 (221617)	77694 (97084)	47666 (53795)	-76249 (75479)
Inno=1 # Udd-int	119259*** (41032)	215010 (190865)	-140581 (102949)	188434** (84828)	114040*** (41590)	308705*** (117148)
Inno=1	2743 (9243)	23251 (29447)	25572 (27322)	-6780 (17139)	1359 (15631)	-50484** (20542)
R i anden	0.016	0.033	0.066	0.021	0.028	0.100
Antal observationer	4911	584	194	1831	1776	525

Innovation: Variablen er lig med 1, hvis virksomheden har en eller flere typer innovation, ellers er den 0. Alle regressioner indeholder dummy-variable for år og virksomhedsstørrelse, mens søjle 1 også indeholder dummy-variable for branche. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.010