

Digitalisering og produktivitet - Vækstpotentiale i danske virksomheder

Erhvervs- og vækstpolitisk analyse

Maj 2017

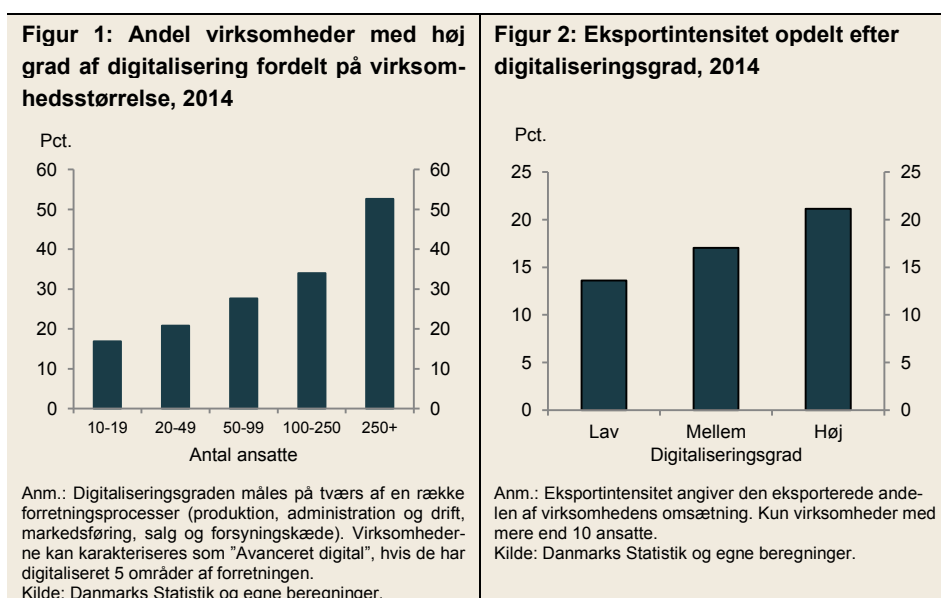
2017

SAMMENFATNING:

Produktiviteten og velstanden i Danmark afhænger blandt andet af, hvor dygtige virksomhederne er til at anvende ny teknologi. Historisk set har ny teknologi været med til at løfte produktiviteten og løbende været med til at gøre danske virksomheder mere konkurrencedygtige. I disse år sker der en kraftig udvikling inden for en række teknologier, som er knyttet til digitalisering, og som åbner op for nye produktivetsgevinster.

Danske virksomheder er blandt de mest digitale i Europa. Der er imidlertid stor forskel på digitaliseringsgraden blandt danske virksomheder. Store virksomheder er således mere digitale end mindre virksomheder. Godt halvdelen af virksomhederne med mere end 250 ansatte har en høj digitaliseringsgrad, hvorimod det kun gør sig gældende for under 20 pct. af virksomhederne med 10-19 ansatte, se figur 1.

Tilsvarende eksporterer højt digitaliserede virksomheder i gennemsnit mere end lavt digitaliserede virksomheder, se figur 2. Der er desuden betydelige forskelle i digitaliseringsgraden på tværs af brancher.



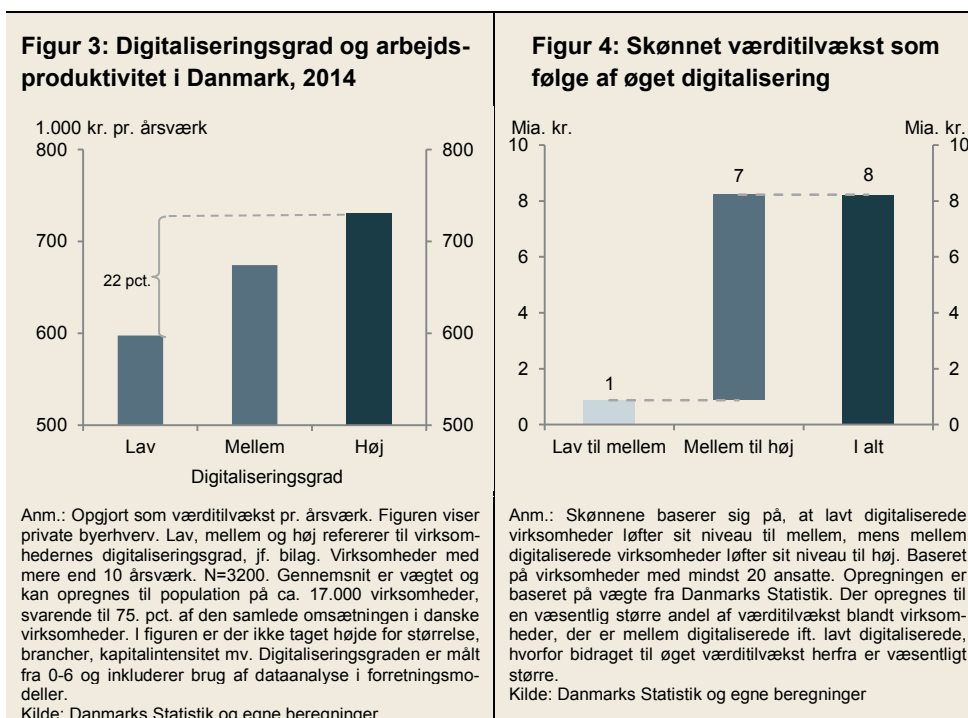
Digitalisering og ny teknologi udpeges af mange til at have potentiale til at øge produktiviteten. Det skyldes, at ny teknologi kan bidrage til et mere digitaliseret kapitalapparat, der understøtter fx forbedrede arbejdsgange, automatisering og reducerer driftsomkostninger, samt salg og markedsføring og udvikling af nye forretningsmodeller. Der er også andre, der er mere skeptiske om ny teknologis bidrag til fremtidig produktivetsvækst, som bl.a. hæfter sig ved, at effektiviseringsgevinster er knappe, og ikke på linje med tidligere industrielle revolutioner, som fx elektrificering.

I analysen undersøges sammenhængen mellem digitalisering og produktivitet i danske virksomheder med over 20 ansatte i perioden 2010-2014.

Der er en positiv sammenhæng mellem digitalisering og produktivitet i danske virksomheder med mindst 20 ansatte. De mest digitale virksomheder i Danmark med over 10 ansatte har i 2014 gennemsnit over 20 pct. højere arbejdsproduktivitet end de mindst digitale virksomheder. Det svarer til, at hver medarbejder i virksomheder med høj digitalisering bidrager med 135.000 kr. mere i værditilvækst end medarbejdere i lavt digitaliserede virksomheder, se figur 3.

En del af produktivetsforskellene kan bl.a. forklares ved, at de mest digitale virksomhedernes samtidigt eksporterer mere og har flere ansatte og større kapitalapparat, og at nogle brancher generelt har højere produktivitet end andre. Når der korrigeres for disse forhold findes, at højt digitaliserede virksomheder med mindst 20 ansatte har ca. 6 pct. højere produktivitet end lavt digitaliserede virksomheder.

Det peger på, at højere digitalisering kan øge virksomhedernes produktivitet, og at der er et vækstpotentiale i øget digitalisering i danske virksomheder. Analysen viser et samfundsøkonomisk potentiale for varigt at øge værdiskabelsen i danske virksomheder med mindst 20 ansatte med godt 8 mia. kr. årligt, hvis henholdsvis de mindst digitale løfter deres digitale niveau til mellem og de mellem digitale virksomheder løfter deres digitaliseringsniveau til det højeste, se figur 4. Det forudsætter, at alle virksomheder kan anvende eksisterende digitale teknologier på et højere niveau, og har adgang til de rette kompetencer, samt at der ikke er lovgivningsmæssige barrierer, der forhindrer virksomhederne i at implementere eksisterende digital teknologi.



I analysen vurderes kun produktivetspotentialet ved, at mindre digitaliserede virksomheder løftes. Der tages således ikke højde for, at de mest digitaliserede virksomheder også kan anvende eksisterende teknologi i et større omfang, end de gør i dag. Derudover er produktivetspotentialet fra anvendelsen af nyere digitale teknologier, som fx Big Data, Internet of Things, kunstig intelligens mv., ikke opgjort, men det forventes at disse teknologier vil være med til at øge produktiviteten yderligere.

Det er ikke muligt at konkludere, om det er digitaliseringen, der skaber øget produktivitet i virksomhederne, eller om det er de i forvejen højproduktive virksomheder, der implementerer ny teknologi. Resultaterne skal derfor fortolkes med forsigtighed.

1.1 DIGITALISERING KAN VÆRE EN DRIVKRAFT FOR PRODUKTIVITET

Digitalisering rummer mange muligheder for øget produktivitet. Dels giver brugen af digital teknologi virksomhederne mulighed for et mere produktivt kapitalapparat, forbedrede arbejdsgange og reducerede driftsomkostninger. Dels skubber udviklingen af digital teknologi til øget økonomisk aktivitet forbundet til internettet, hvor nye forretningsmodeller opstår, som giver nye muligheder og samtidig udfordrer eksisterende virksomheder og øger konkurrencen. Den økonomiske litteratur peger på, at der er en positiv sammenhæng mellem digitalisering og produktivitet, se boks 1.

Boks 1: Sammenhængen mellem digitalisering og produktivitet

En række studier viser positive produktivetsgevinster fra forskellige specifikke teknologier, herunder robotter, Internet of Things, automatiserede vedligeholdelsessystemer, 3D-print mv., se fx OECD (2016b), Graetz, Michaels (2015). De estimerede effekter varierer imidlertid alt efter, hvilke teknologier der betragtes.

Derudover kan ny software forbedre organiseringen af daglige arbejdsgange, herunder automatiseringer og føre til innovation af produkter og forretningsmodeller, se fx OECD (2016a).

Desuden er der studier, der peger på, at produktivetsgevinsterne afhænger af, om der er supplerende investeringer i andre kapitalformer og i medarbejderkompetencer. Fx synes der at være en sammenhæng mellem digitalisering og kompetenceniveau for at kunne øge produktiviteten, se Corrado og Jäger (2014), Youssef og Aoun (2014). Tilsvarende er der studier, der peger på en sammenhæng mellem digitale teknologier og immaterielle aktiver (fx forskning og udvikling, design mv.), se fx Corrado, Haskel, Jona-Lasinio (2014).

Et enkelt dansk studie har også påvist en positiv sammenhæng mellem virksomhedernes digitalisering og deres produktivitet, se fx CEBR (2011, 2012). Her vises, at en marginal ændring i andelen af virksomheder, som digitaliserer deres forretningsprocesser, er knyttet til 0,72 procent højere værditilvækst pr. medarbejder. I et andet forskningsbidrag foretaget for Erhvervsstyrelsen (CEBR, 2013) er produktiviteten i gennemsnit vokset 2,4 pct.point hurtigere om året i de virksomheder, der har foretaget flest IT-investeringer, sammenlignet med virksomheder med færrest IT-investeringer.

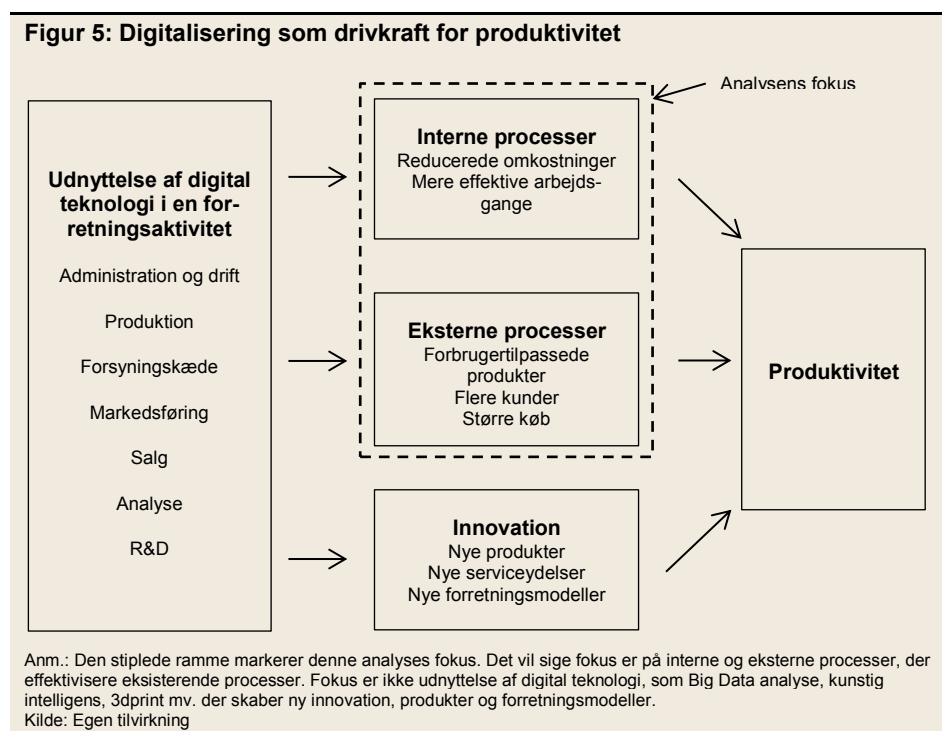
Digitalisering har bidraget direkte til BNP-væksten gennem virksomhedernes investeringer i IT-kapital (hardware, software mv.). I tillæg til den direkte effekt af investeringer i IT-kapital på BNP-væksten, kan en effektiv anvendelse af IT-kapital også have en positiv effekt på TFP, hvis virksomhederne supplerer opbygning af IT-kapital med en bedre intern og ekstern organisering af daglige arbejdsgange.

Digital teknologi dækker bl.a. over brug af hardware og softwaresystemer til ressourceoptimering og opfindelse af nye produkter samt brug af e-handel og sociale medier til interaktion med kunder. Fx kan investeringer i softwaresystemer, som ressourceoptimeringssystemer (ERP) og logistiksystemer (SCM) føre til nye automatiserede arbejdsgange inden for indkøb, bogholderi og administration, der giver omkostningsbesparelser for virksomhederne. Det handler også om bedre og mere systematisk kontrol af kvaliteten af produktionen. Dertil kommer brug af cloud computing, der muliggør, at ansatte på samme tid kan dele og tilgå arbejdsdokumenter og data i store mængder og har adgang til stor computerkraft. Disse mekanismer kan ligeledes reducere virksomhedernes driftsomkostninger og skabe mere effektive arbejdsgange.

Digitalisering betyder også, at virksomhederne har kunnet gentænke deres kunderelationer. Marketingsafdelinger kan i dag udnytte sociale medier til reklame for virksomhedens produkter, og salget kanaliseres i stigende grad over i en e-handelsbutik. Forbrugere kan samtidig nemt og hurtigt danne sig et overblik over de varer, de ønsker, få produktet leveret tæt til døren til konkurrencedygtige priser. Virksomheder kan derved spare både omkostninger til drift af butik samt øge antallet af kunder, der potentielt foretager større køb. Alt i alt sænkes transaktionsomkostninger for virksomheder og forbrugere.

Digitalisering øger også produktiviteten ved, at virksomhederne udvikler nye forretningsmodeller, fx inden for deleøkonomien. Nye forretningsmodeller opstår også ved, at eksisterende virksomheder omlægger deres forretning, hvor produktion og salg tilbydes sammen med serviceydelser. Fx ved at vindmølleproducenter i dag både tjener penge på at producere, samt opsætte og monitorere vindmøller. Potentielle kunder har en interesse i, at vindmøller kontinuert producerer strøm, og ved at monitorere vindmøllerne kan producenten også tilbyde et servicetjek, som sikrer, at vindmøllen udnytter sin kapacitet fuldt ud. Det kan ske ved at udnytte nye teknologier, som fx sensorer og Big Data. Det betyder, at traditionelle brancheskel opløses og at virksomhedernes værdiskabelse i stigende grad sker efter salget og i samspil med kunderne.

I analysen fokuseres der på, hvordan digitalisering af interne og eksterne processer bidrager til produktivitet, jf. stiplede ramme i figur 5. Det analyseres ikke, hvordan udnyttelsen af nye digitale teknologier, som Big Data analyse, kunstig intelligens, 3d print mv. kan skabe nye innovative løsninger, produkter og forretningsmodeller, som alle påvirker virksomhedernes produktivitet. Det kunne fx være brug af sensorer i termostater eller til tracking af varer, brug af data til optimering af sejlruter eller intelligente robotter i fremstillingsindustrien.



Til at måle udnyttelsen af digital teknologi inden for de ovennævnte processer er der udviklet en digitaliseringsindikator, som er en sammenvægtning af 10 indikatorer, der på tværs af forretningsområder måler virksomhedernes anvendelse af digital teknologi, se boks 2.

Boks 2: Ny digitaliseringsindikator

En ny digitaliseringsindikator er udviklet for at måle virksomhedernes udnyttelse af eksisterende digitale løsninger og derved bedre forstå, hvordan digitalisering anvendes i danske virksomheder på tværs af brancher. I tidligere litteratur (CEBR 2012) måles digitalisering ud fra virksomhedernes anvendelse af maskiner med IT, hvor fokus primært var på digitalisering i produktionen, og var i højere grad tilpasset fremstillingsindustrien. Den nye indikator dækker fem forretningsaktiviteter, herunder administration og drift, produktion, forsyningskæde, markedsføring og salg. Indikatoren er således vurderet anvendelig til at omfavne alle virksomheder i dansk erhvervsliv, da disse fem forretningsaktiviteter indgår som faste elementer i de fleste danske virksomheder.

Indikatoren rangeres fra 0 til 5 med følgende gruppeinddeling, lav digitalisering [0-2], mellem digitalisering [3-4] og høj digitalisering [5]. Man kan derved undersøge sammenhængeffekter ved forskelle mellem de mindst digitale og mest digitale virksomheder. For yderligere information henvises til bilag 3.2.

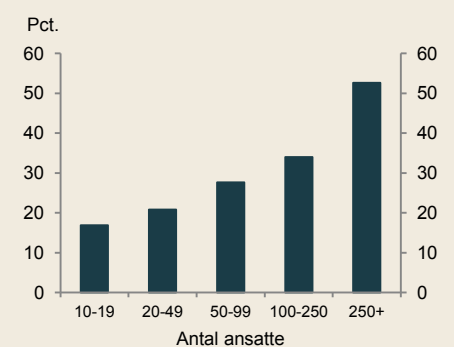
Digitalisering i Danmark og i danske virksomheder

Danmark er generelt meget digitaliserede. Således er Danmark det mest digitaliserede EU-land målt på Europa-Kommissions indeks for den digitale økonomi og samfund, 2017 (DESI).

Når der fokuseres mere specifikt på virksomhedernes anvendelse af digital teknologi, er danske virksomheder også blandt de førende¹. Der er imidlertid stor forskel på digitaliseringsgraden blandt danske virksomheder.

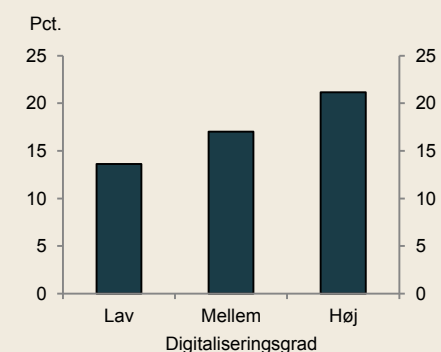
Store virksomheder er mere digitale end mindre virksomheder. Godt halvdelen af virksomhederne med mere end 250 ansatte har en høj digitaliseringsgrad, hvorimod det kun gør sig gældende for under 20 pct. af virksomhederne med 10-19 ansatte, se figur 6. Eksportintensiteten er samtidigt højere i meget digitale virksomheder, se figur 7. Det hænger også sammen med, at de store virksomheder eksporterer mere.

Figur 6: Andel virksomheder med høj grad af digitalisering fordelt på virksomhedsstørrelse, 2014



Anm.: Digitaliseringsgraden måles på tværs af en række forretningsprocesser (produktion, administration og drift, markedsføring, salg og forsyningskæde). Virksomhederne kan karakteriseres som "Avanceret digital", hvis de har digitaliseret 5 områder af forretningen.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger.

Figur 7: Eksportintensitet opdelt efter digitaliseringsgrad, 2014

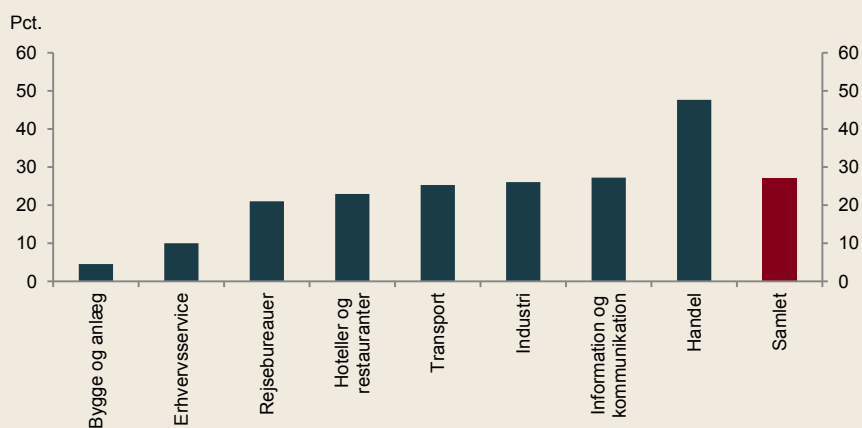


Anm.: Eksportintensitet angiver den eksporterede andelen af virksomhedens omsætning. Kun virksomheder med mere end 10 ansatte.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger.

¹ Erhvervsministeriet: Redegørelse om vækst og konkurrenceevne.

Der er også store forskelle på tværs af brancher. I bygge og anlæg er kun en ud af 20 virksomheder højt digitaliseret. Handel har den højeste andel af virksomheder med højt digitaliseringsniveau efterfulgt af information og kommunikation, se figur 8. Det skyldes særligt, at web-salg og markedsføring er udbredt blandt handelsvirksomheder. Inden for anvendelse af nyere digitale teknologier, som indsamling og analyse af kundedata, Big Data analyse, mv. så er branchen information og kommunikation den mest digitale².

Figur 8: Andel virksomheder med høj digitalisering på tværs af brancher, 2014



Anm.: Branchen for energi er udeladt af opgørelsen. Virksomheder med over 10 ansatte.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger

Er digitale virksomheder også mere produktive?

Teknologi har historisk set været vigtig for produktivitetsudviklingen i Danmark, men hvad betyder digital teknologi for virksomhedernes produktivitet? Med brug af den nye digitaliseringsindikator er det muligt at estimere sammenhængen mellem virksomheders digitaliseringsgrad og produktivitet.

Et simpelt mål for produktivitet er arbejdsproduktivitet, som er givet ved bruttoværditilvækst (BVT) i forhold til antallet af årsværk. En ulempe ved dette mål er, at der ikke tages forbehold for, at ressourceanvendelsen kan variere på tværs af brancher. Særligt kan kapitalintensitet have stor betydning for timeproduktiviteten, jf. bilag 3.1. Et andet mål for produktivitet kaldet totalfaktorproduktivitet (TFP) tager højde for dette, jf. bilag 3.3.

TFP er den del af produktivitetsvæksten, som ikke kan forklares af ændringer i kapitalapparat og arbejdskraft (herunder humankapital). Derved tages der implicit forbehold for kapitalintensitet og den direkte effekt fra medarbejdernes uddannelsesniveau. TFP øges gennem effektivisering via bedre arbejdsgange og god ledelsespraksis samt innovation, hvor ny teknologi fx gør det muligt at producere mere for de samme ressourcer. TFP er imidlertid mere kompliceret at opgøre end arbejdsproduktivitet og er behæftet med større usikkerhed.

Begge disse anvendes i analysen til at give et bredt billede af sammenhængen mellem digitalisering og produktivitet. Det betyder også, at der benyttes forskellige grupper af virksomheder i analysen, da TFP kun er tilgængeligt til 2013, mens arbejdsproduktivitet er tilgængeligt for 2014, se boks 3.

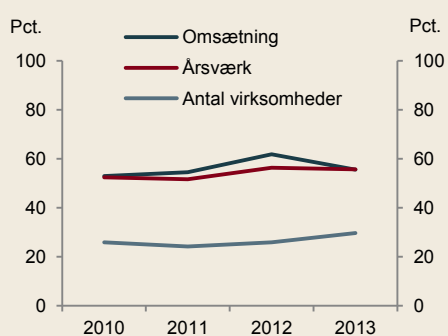
² Erhvervsministeriet: Redegørelse om Danmarks digitale vækst 2016 og Redegørelse om Danmarks digitale vækst 2017.

Boks 3: Virksomheder i temaet

Analyserne i kapitlet baserer sig på forskellige tidsperioder og virksomhedspopulationer. Det skyldes adgangen til data.

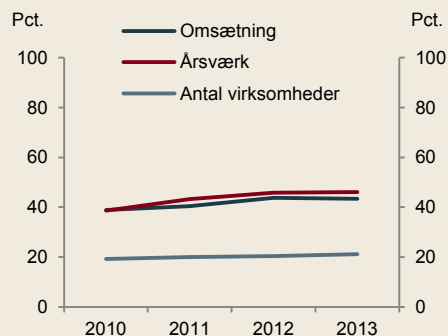
Der stilles store krav til datakvalitet, når TFP estimeres. Det er ikke muligt at estimere TFP for 2014, pga. revisioner af de integrerede arbejdsstyrkestatistikker. I de analyser, der baserer sig på TFP, betragtes derfor en periode fra 2010-2013, som indeholder information om firma- og regnskabsstatistikkerne, samt de integrerede arbejdsstyrkestatistikker og lønmodtagerbeskæftigelsen for virksomheder med mindst 20 ansatte. Alt i alt er virksomhedspopulationen på 5.865 virksomheder, fordelt nogenlunde ligeligt over de fire år. Stikprøven består af virksomheder i udvalgte brancher i industri og service. For begge vedkommende er ca. 20 pct. af virksomhederne dækket i analysen, mens ca. halvdel af virksomhedernes samlede omsætning og samlede antal årsværk dækkes af virksomhederne i stikprøven, se figur a og figur b. Der anvendes vægte for at opregne stikprøven til virksomhedspopulationen bestående af virksomheder med mindst 20 ansatte.

Figur a: Dækning i industri, 2010-2013



Anm.: For virksomheder med mindst 20 ansatte.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger

Figur b: Dækning i service, 2010-2013



Anm.: For virksomheder med mindst 20 ansatte.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger

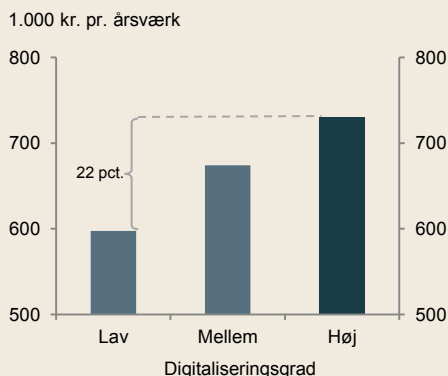
For øvrige analyser, hvor det er muligt at udvide virksomhedspopulationen, anvendes det nyeste datagrundlag. Her anvendes regnskabs- og firmastatistikkerne fra 2014, hvor 3.206 virksomheder danner grundlag for stikprøven. Her er det muligt at beregne for alle virksomheder med mere end 10 ansatte. Det svarer til 75 pct. af den samlede omsætning. Der anvendes vægte for at opregne stikprøven til populationen.

Sammenhængen mellem digitalisering og produktivitet

De mest digitale virksomheder har i gennemsnit over 20 pct. højere arbejdsproduktivitet end de mindst digitale virksomheder svarende til knap 135.000 kr. pr. årsværk (2014-niveau), se figur 9. En del af forskellen kan skyldes, at nogle af de mest digitaliserede virksomheder er store virksomheder, der generelt har højere produktivitet.

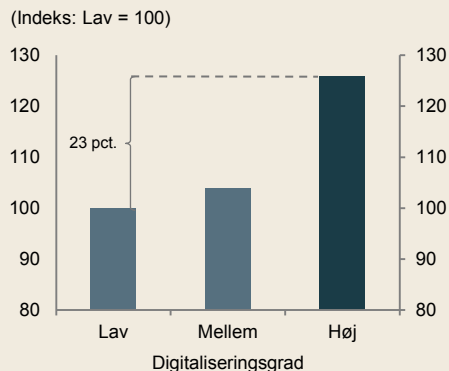
De mest digitale virksomheder har samtidigt over 20 pct. højere totalfaktorproduktivitet, der tager højde for størrelsen af virksomhedernes kapitalapparat, end de mindst digitale. Det tyder på, at produktiviteten er stigende, jo mere digitaliserede virksomhederne er. Særligt er produktiviteten højere for højt digitaliserede virksomheder, se figur 10.

Figur 9: Digitaliseringsgrad og arbejdsproduktivitet i Danmark, 2014



Anm.: Opgjort som værditilvækst pr. årsværk. Figuren viser private byerhverv. Lav, mellem og høj refererer til virksomhedernes digitaliseringsniveau, jf. bilag. Stikprøve på 3.200 virksomheder med mere end 10 årsværk. Gennemsnit er vægтет og kan opregnes til population på ca. 17.000 virksomheder, svarende til ca. 75 pct. af den samlede omsætningen i danske virksomheder. I figuren er der ikke taget højde for størrelse, brancher, kapitalintensitet mv. Digitaliseringsgraden er målt fra 0-6 og inkluderer brug af dataanalyse i forretningsmodeller.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger

Figur 10: Digitaliseringsgrad og totalfaktorproduktivitet, 2010-2013

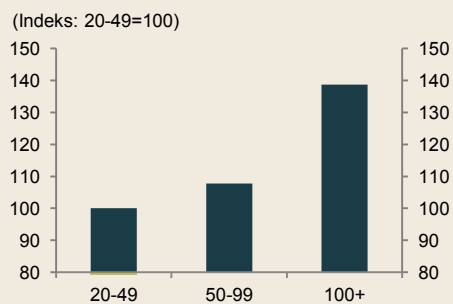


Anm.: Figuren viser digitalisering og produktivitet målt ved TFP. Se nærmere i bilag for en beskrivelse af beregningsmetode. Figuren er ikke renset for virksomhedernes størrelse, brancher mv., men er vægтет. Stikprøve på 5.865 virksomheder med mindst 20 årsværk. Gennemsnit er vægтет og kan opregnes til population på godt 7.000 virksomheder svarende til ca. 50 pct. af den samlede omsætning i danske virksomheder.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger

Generelt observeres det, at større virksomheder har højere produktivitet, se figur 11. Ligesom der findes store forskelle i produktivetsniveauer på tværs af brancher³. Det indikerer, at hvis den direkte sammenhæng mellem digitalisering og produktivitet estimeres, er det nødvendigt at tage højde for virksomhedernes størrelse såvel som branche.

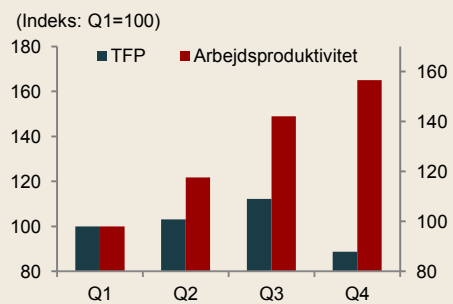
Produktivitet kan også være afhængig af uddannelsesniveau, men det synes afhængigt af produktivetsmålet, se figur 12. Fx stiger arbejdsproduktivitet med uddannelsesniveauet, men det samme gør sig dog ikke gældende for TFP. Uddannelse synes dermed relevant for at forklare arbejdsproduktivitet, men ikke for at forklare TFP.

Figur 11: TFP betinget på virksomhedsstørrelse, 2010-2013



Anm.: Produktivitet er her målt ved TFP. Beregning af TFP er behæftet med usikkerhed. Se nærmere i bilag for en beskrivelse af beregningsmetode. Virksomhedsstørrelse er målt ved antal årsværk, hvor der kun er virksomheder med mindst 20 ansatte. Gennemsnittet er vægтет.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger

Figur 12: Uddannelsesgrad og TFP, 2010-2013



Anm.: Arbejdsproduktivitet er måles som værditilvækst per årsværk. Beregning af TFP er behæftet med usikkerhed. Se nærmere i bilag for en beskrivelse af beregningsmetode. Uddannelsesniveau er andelen af personer i virksomheden der har erhvervsrelevante kompetencer. Q angiver 1., 2., 3. og 4. kvartil for virksomheder med gradvist større andel af uddannet arbejdskraft. Kun virksomheder med mindst 20 årsværk. Gennemsnittene er vægtede.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger

³ Erhvervsministeriet 2017: Redegørelse om vækst og konkurrenceevne.

1.2 ANALYSE & RESULTATER

Der tages udgangspunkt i et tidligere studie på danske virksomheder af sammenhængen mellem digitalisering og arbejdsproduktivitet, se boks 4.

Boks 4: Tidligere analyser

CEBR (2012) finder i et studie, at danske virksomheder med en høj digitaliseringsgrad (høj grad af IT-anvendelse) også har en højere produktivitetsvækst, hvis virksomhederne samtidig har en høj andel af uddannet arbejdskraft. Udgangspunkt for modellen er nedenstående log-transformerede Cobb-Douglas produktionsfunktion, der er udvidet med en indikator for virksomheders digitaliseringsgrad:

$$y_i = a + \alpha k_i + \beta l_i + \gamma s_i + a^d D_i + \gamma^d s_i D_i + \epsilon_i$$

hvor y betegner logaritmen til værditilvækst per årsværk, k er logaritmetransformeret kapitalintensitet, l er logaritmetransformeret arbejdskraft, og s betegner andelen af arbejdskraften, som er veluddannet. D betegner digitaliseringsgraden, som indgår direkte og interageret med veluddannet arbejdskraft for at kontrollere for samspilseffekter mellem digitalisering og uddannelsesniveaet blandt medarbejderne. Der kontrolleres desuden for en række virksomhedsspecifikke baggrundsvARIABLE, herunder branche, konkurrenceudsættelse og uddannelsessammensætning.

Analysen adskiller sig fra den tidligere analyse på tre væsentlige forhold: Der anvendes en ny indikator for digitalisering, der er mere nuanceret, produktiviteten måles ved totalfaktorproduktivitet og i analysen medtages både industri- og servicevirksomheder, se boks 5 for en beskrivelse af metoderne i temaet.

Boks 5: Metoderne i temaet

Analysen tager udgangspunkt i:

1. En detaljeret indikator for virksomhedernes digitaliseringsgrad. Virksomhedernes digitaliseringsgrad defineres således på en skala fra 0 til 5.
2. Totalfaktorproduktivitet (TFP) som produktivitetsmål.
3. Virksomheder i både industri og service.

Estimation af TFP ved Wooldridge-metoden

Udgangspunktet er, at virksomheder har samme produktionsfunktion, som er givet ved en logaritmetransformeret Cobb-Douglas-produktionsfunktion:

$$vtv_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \omega_{it} + \epsilon_{it}$$

hvor vtv_{it} er værditilvækst, β_0 er et gennemsnitligt produktivetsniveau for alle virksomheder, l_{it} er kvalitetskorrigeret arbejdskraft, mens k_{it} er kapitalapparat. ω_{it} er uobserverbar produktivitet, og endelig er ϵ_{it} idiosynkratiske stød, som antages at være hvid støj. i angiver virksomhed, mens t angiver tidspunkt. ω_{it} antages at være kendt af de enkelte virksomheder, men det er ikke muligt at observere niveauet.

Der opstår to problemer, hvis ovenstående ligning estimeres med OLS. For det første er arbejdskraft og kapital korrelerede, og derfor vil et stød til produktivitet, som påvirker arbejdskraftvariablen, føre til bias i outputelasticiteten med hensyn til kapital. For det andet efterspørger mere produktive virksomheder flere ressourcer, hvilket fører til positiv bias i de estimerede outputelasticiteter. For at korrigere for dette, antages det, at produktivitet følger en førsteordens Markov-proces, som kan inverteres og derved approksimeres betinget på virksomhedens kapitalapparat og køb af halvfabrikata.

Efter nogle beregninger (jf. bilag 3.4) er det muligt at estimere TFP residualt i følgende ligning,

hvor *hat* angiver, at der er tale om et estimat:

$$\widehat{TFP}_{it} \equiv \hat{\beta}_0 + \hat{\omega}_{it} + \hat{\epsilon}_{it} = vt_{it} - \hat{\beta}_l l_{it} - \hat{\beta}_k k_{it}$$

Estimatet for TFP består dermed af det gennemsnitlige produktivetsniveau, det virksomhedsspecifikke produktivetsniveau, samt et støjled. Metoden anvendes også af Finansministeriet.

Statistik model i analysen

De estimerede TFP-niveauer indsættes som afhængig variabel i en logtransformeret funktion, hvor forskellige grader af digitalisering indgår sammen med en række kontrolvariable for at belyse sammenhængen mellem digitalisering og produktivitet:

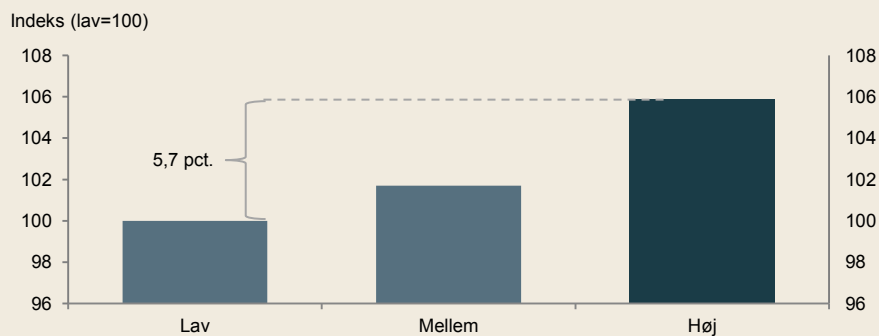
$$\widehat{TFP}_{it} = a + \theta_1 \cdot \text{Digimellem}_{it} + \theta_2 \cdot \text{Digihøj}_{it} + \delta_1 \cdot \log(aarsv_{it}) + \delta_{i2} \cdot \text{branche}_{it} + \delta_{i3} \cdot \text{reg}_{it} + \delta_{4t} \cdot \text{år}_{it} + \delta_5 \cdot \text{eksport}_{it} + \epsilon_{it}$$

hvor *Digimellem_{it}* og *Digihøj_{it}* er dummy-variable, der angiver om virksomheden er mellem eller højt digitaliseret. Man kunne have anvendt en dikotom indikator for digitalisering, men fordelene ved at inddele i forskellige niveauer er, at man opnår et mere nuanceret indblik i danske virksomheders digitalisering. *log(aarsv_{it})* angiver det logaritmetransformerede antal årsværk i virksomheden, der tager forbehold for at større virksomheder typisk er mere produktive, *branche_{it}*, *reg_{it}* og *år_{it}* er kategoriske variable, der tager forbehold for hhv. forskelle i produktivitet mellem brancher, forskelle i produktivitet mellem Danmarks fem regioner og årsspecifikke stød. Endelig er *eksport_{it}* en variabel, der angiver eksportandelen i en given branche i et givent år, mens *ε_{it}* er et fejllid for virksomhed *i* til tidspunkt *t*.

Ligningen estimeres på tværs af år ved pooled OLS, hvor virksomhederne i analysen vægtes efter deres repræsentativitet og der anvendes heteroskedastiske robuste standardfejl. Generelt kan metoden føre til biased estimater, hvis uobserverbare, tidsinvariante virksomhedsspecifikke karakteristika har indflydelse på de estimerede TFP-værdier. En måde at løse dette på er at implementere fixed effects-estimatoren. Der er imidlertid ikke nok variation i data over tid til, at metoden giver signifikante effekter. I takt med at flere data bliver tilgængelige, kan metoden med fordel implementeres. I analysen inddrages i stedet en række variable, som forklarer virksomhedens produktivitet, hvilket mindsker sandsynligheden for, at de uobserverede karakteristika påvirker produktiviteten. Endelig anvendes også between-estimatoren, der belyser tværnsnitdimensionen af data og dermed er det muligt at belyse, om øget digitalisering er forbundet med højere produktivitet på tværs af virksomheder.

Der er en positiv sammenhæng mellem anvendelse af IT og produktivitet blandt virksomheder med mindst 20 årsværk. Sammenhængen er statistisk signifikant – også når der kontrolleres for virksomhedsspecifikke karakteristika. Estimationen viser, at TFP er ca. 5,7 pct. højere for højt digitaliserede virksomheder ift. lavt digitaliserede virksomheder, se figur 13.

Figur 13: Digitaliseringsgrad og totalfaktorproduktivitet, 2010-2013



Anm.: Produktivitet er her målt ved TFP. Beregning af TFP er behæftet med usikkerhed. Se nærmere i bilag for en beskrivelse af beregningsmetode. For virksomheder med mindst 20 årsværk. Resultaterne der ligger til grundlag for analysen er vægtede. Figuren er dannet ud fra specifikation IV, se tabel 1. Antallet af observationer er 5.865.

Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger.

I tabel 1 fremgår koefficienterne i forskellige specifikationer ved OLS, jf. boks 5. Koefficienten fra mellem digitalisering og høj digitalisering skal ses i forhold til lavt digitaliserede virksomheder, som udgør referencegruppen. Da TFP er logaritmetransformeret skal de angivne koefficienter fra mellem og høj digitalisering aflæses som procenter.

I model I medtages ikke virksomhedsspecifikke variable ud over digitaliseringsindikatoren og dermed vises den direkte sammenhæng mellem digitalisering og produktivitet. De mest digitale virksomheder har 23 pct. højere produktivitet end de mindst digitale virksomheder. Denne estimation tager dog ikke højde for øvrige forhold, der kan have indflydelse på virksomhedernes produktivitet.

I model II inkluderes kontrolvariable for branche, region og år. Disse variable er med til at forklare virksomhedernes produktivitet, og virkningen af digitalisering er som forventet lavere. De mest digitale virksomheder har dog stadig 17 pct. højere produktivitet end de mindst digitale virksomheder. Det bemærkes, at forklaringsgraden stiger væsentligt ved introduktionen af kontrolvariablene, hvor særligt dummy-variablen for branche formår at forklare variation i TFP mellem virksomheder. I model III inkluderes antallet af årsværk for i et vist omfang at tage højde for, at store virksomheder både er mere digitale, jf. figur 6, og typisk også er mere produktive, hvilket bekræftes.

I model IV medtages virksomhedernes eksportandel, da mere digitale virksomheder typisk også eksporterer mere, jf. figur 7. Eksportandelen søger at tage højde for to dele. Først og fremmest kan eksportvariablen anvendes som proxy for hvor konkurrenceudsat en branche er, herunder konkurrence fra udlandet. For det andet kan virksomheders status som eksportør betyde, at de i højere grad har adgang til den nyeste teknologi fra udlandet. Dermed kan der eksistere en teknologisk spillover-effekt for virksomheder, der eksporterer. Det ændrer dog ikke væsentligt ved resultaterne i forhold til digitaliseringens effekt på produktivitet i model III. Samlet viser analysen, at virksomheder med en høj digitaliseringsgrad alt andet lige har 6 pct. højere TFP end virksomheder med en lav digitaliseringsgrad, når der kontrolleres for virksomhedsspecifikke karakteristika, jf. kolonne IV i tabel 1. Denne sammenhæng er statistisk signifikant. Hvis resultaterne tillægges en kausal sammenhæng, er det muligt at fortolke koefficienterne som en effekt af at gå fra en lav til en høj digitaliseringsgrad, hvor lavt digitaliserede virksomheder derved kan øge deres TFP med 6 pct. i gennemsnit alt andet lige.

Tabel 1: Estimater ved OLS, 2010-2013				
Modelbeskrivelse	I	II	III	IV
Konstant	6,23 (0,02)	6,24 (0,05)	5,59 (0,06)	5,53 (0,06)
Mellem digitalisering	0,037 (0,02)	0,062 (0,02)	0,022 (0,02)	0,017 (0,02)
Høj digitalisering	0,229 (0,03)	0,174 (0,02)	0,062 (0,02)	0,057 (0,02)
Log (årsværk)			0,16 (0,01)	0,15 (0,01)
Eksport				0,27 (0,02)
Kontrol for branche		Ja	Ja	Ja
Kontrol for region		Ja	Ja	Ja
Kontrol for år		Ja	Ja	Ja
Antal observationer	5.865	5.865	5.865	5.865
R ² (adjusted)	0,02	0,40	0,47	0,49
Anm.: Heteroskedastiske robuste standardfejl fremgår i parentes. Virksomheder med mindst 20 årsværk. Der er anvendt vægte. Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger				

For at undersøge robustheden af analysens resultater og yderligere søge at minimere potentiel bias i koefficienterne, er der gennemført en anden estimationsmetode - between-estimatoren, jf. boks 5. Med OLS opnås en blanding af tids- og tværsnitseffekter, mens between-estimatoren udnytter tværsnitsstrukturen i data. Derved kan det yderligere belyses, hvordan digitalisering påvirker produktivitet mellem virksomheder. De estimater, der opnås med between-estimatoren, ligner meget de estimater, der opnås ved OLS, men er marginalt lavere, se tabel 2. Det er også forventeligt, da stikprøven af virksomheder har karakter af tværsnitsdata, hvorfor OLS og between-estimationen vil minde om hinanden.

Modelbeskrivelse	V	VI	VII	VIII
Konstant	6,27 (0,02)	6,28 (0,04)	5,60 (0,05)	5,52 (0,05)
Mellem digitalisering	0,02 (0,03)	0,06 (0,02)	0,01 (0,02)	0,01 (0,02)
Høj digitalisering	0,25 (0,03)	0,19 (0,02)	0,05 (0,02)	0,05 (0,02)
Log (årsværk)			0,16 (0,01)	0,15 (0,01)
Eksport				0,25 (0,02)
Kontrol for branche		Ja	Ja	Ja
Kontrol for region		Ja	Ja	Ja
Kontrol for år		-	-	-
Antal observationer	5.865	5.865	5.865	5.865
R ² (between)	0,02	0,45	0,52	0,51

Anm.: Almindelige standardfejl fremgår i parentes. Virksomheder med mindst 20 årsværk. Det er ikke muligt at vægte, når between-estimatoren anvendes.
Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger

1.3 MULIG MAKROØKONOMISK POTENTIALE AF ØGET DIGITALISERING

Resultaterne indikerer, at virksomhederne kan få udbytte af at udnytte de digitale teknologier. Også i et samfundsøkonomisk perspektiv kan det være med til at øge produktiviteten. Det er ikke muligt at konkludere, om det er digitaliseringen, der skaber øget produktivitet i virksomhederne, eller om det er de i forvejen højproduktive virksomheder, der implementerer ny teknologi. Resultaterne skal derfor fortolkes med forsigtighed.

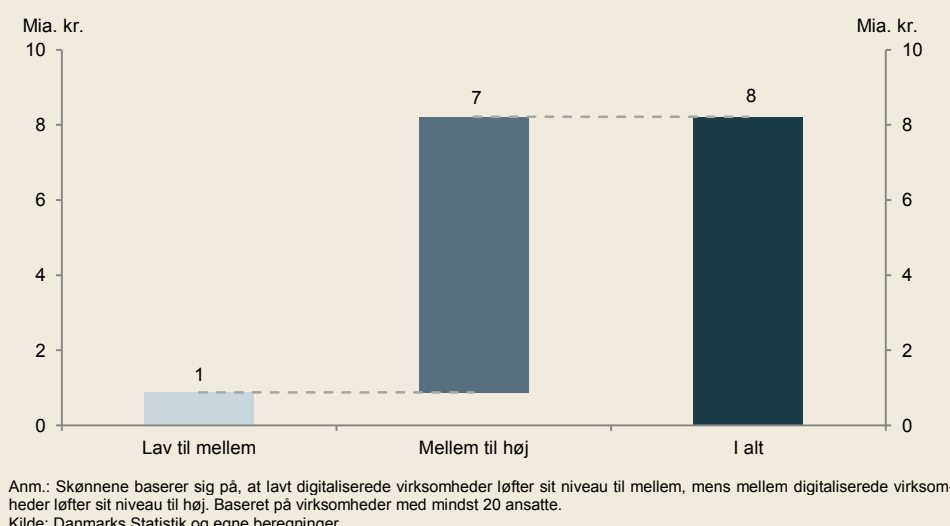
En måde at opgøre et muligt potentiale er at beregne, hvor meget produktiviteten vil stige, hvis de mindre digitaliserede virksomheder bliver mere digitaliserede. Det kræver, at alle virksomheder er i stand til at implementere og anvende eksisterende digitale teknologier i et større omfang end i dag. Det afhænger også af, at virksomhederne har adgang til de rette kompetencer, samt at der ikke er lovgivningsmæssige barrierer. Indfrielse af potentialet kan kræve øgede investeringer i virksomhederne. Potentialet er derfor forbundet med usikkerhed⁴:

⁴ Ved at antage, at effekten af øget digitalisering påvirker alle virksomheder ligeligt, er det muligt at estimere effekten af et eksogent stød til virksomhedernes TFP og derefter se på virksomhedernes værdiskabelse. Det skal i den forbindelse nævnes, at der er en overvægt af virksomheder med mellem og høj digitaliseringsgrad.

- Hvis lavt digitaliserede virksomheder er i stand til at løfte deres digitaliseringsniveau til det mellemste niveau, vil de kunne forøge TFP med 1,7 pct. Det svarer alt andet lige til en øget værditilvækst på knap 0,9 mia. kr.⁵
- Hvis lavt digitaliserede virksomheder er i stand til at løfte deres digitaliseringsniveau til det højeste niveau, vil de kunne forøge TFP med 5,7 pct., svarende alt andet lige til en øget værditilvækst på knap 2,8 mia. kr.
- Hvis virksomheder med mellem digitaliseringsgrad løfter deres digitaliseringsniveau til det højeste niveau, vil de kunne forøge TFP med 4,0 pct., svarende alt andet lige til en øget værditilvækst på knap 7,4 mia. kr.

Samlet set peger analysen på, at der er potentiale for varigt at øge værdiskabelsen i danske virksomheder med mindst 20 ansatte med godt 8 mia. kr. årligt, hvis henholdsvis de mindst digitale løfter deres digitale niveau til mellem og de mellem digitale virksomheder løfter deres digitaliseringsniveau til det højeste, se figur 14.

Figur 14: Skønnet værditilvækst som følge af øget digitalisering



Opregningen er baseret på vægte fra Danmarks Statistik. Ved opregningen observeres en overvægt af virksomheder der er mellem digitaliserede i forhold til lavt digitaliserede. Derfor er bidraget til øget værditilvækst fra mellem digitaliserede virksomheder væsentligt større.

I analysen vurderes kun produktivetspotentialet ved, at mindre digitaliserede virksomheder løftes. Der tages således ikke højde for, at de mest digitaliserede virksomheder også kan anvende eksisterende teknologi i et større omfang, end de gør i dag. Derudover er produktivetspotentialet fra anvendelsen af nyere digitale teknologier, som fx Big Data, Internet of Things, kunstig intelligens mv., ikke opgjort, men det forventes at disse teknologier vil være med til at øge produktiviteten yderligere.

⁵ Det vil sige opregnet til virksomhedspopulation, se boks 3.

2. LITTERATUR

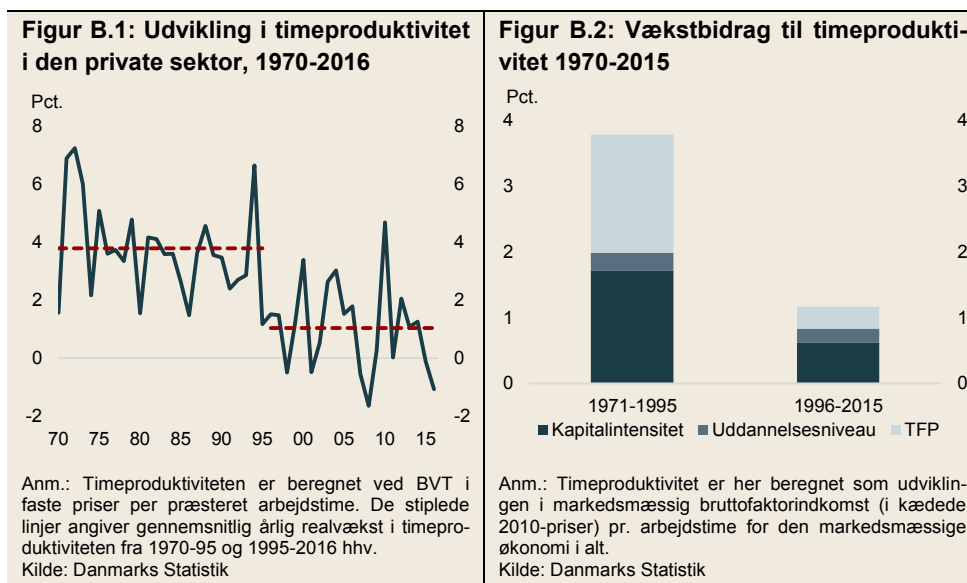
2.1 LITTERATURLISTE

- Biagi (2013), *ICT and Productivity: A review of the Literature*, European Commission, Centre for Economic and Business Research (CEBR) (2011), *Digitalization and Productivity*.
- Centre for Economic and Business Research (CEBR) (2012), *Digitalization, skilled labor and the productivity of firms*.
- Centre for Economic and Business Research (CEBR) (2013), *ICT, Innovation and Productivity Growth*.
- Collechia, Schreyer (2002), *The contribution of information and communication technologies to economic growth in nine oecd countries*, OECD Economic Studies No. 34, 2002/1.
- Corrado, Haskel, Jona-Lasinio (2014), *Knowledge Spillovers, ICT and Productivity Growth*, IZA Discussion Paper No. 8274.
- Corrado, Jäger (2014), *Communication Networks, ICT and Productivity Growth in Europe*, The Conference Board, Economics Program Working Paper Series, EPWP #14 – 04.
- Damvad (2015), *Fra højhastighedsbredbånd til øget produktivitet: kortlægning af effekt-kæder*.
- Damvad (2015), *Bredbånd og produktivitet: økonometrisk effektmåling*.
- Damvad (2015), *VITA-datasættets anvendelighed: metodenotat*.
- Danmarks Statistik (DST) (2011-2016), *Virksomhedernes IT-anvendelse 2011-2016*.
- Det Økonomiske Råds Sekretariat. (2010). *Dansk Økonomi - Efterår 2010*.
- Erhvervsministeriet (2017). Redegørelse om vækst og konkurrenceevne 2017
- Erhvervsministeriet (2016). Redegørelse om Danmarks Digitale Vækst 2016-2017.
- EU-kommissionen (2014-2017). *Digital Economy and Society Index*.
- Finansministeriet. (2016). *Økonomisk Analyse: Produktivitet og konkurrence*.
- Graetz, Michaels (2015), *Robots at Work*, Centre for Economic Performance, CEP Discussion Paper No 1335.
- OECD (2016a), *Stimulating digital innovation for growth and inclusiveness: The role of policies for the successful diffusion of ICT*.
- OECD (2016b), *Seizing the benefits of digitalisation for growth and well-being*.
- Solon, G., Haider, S., & Wooldridge, J. (2015). *What are we weighting for?* Journal of human resources, pp. 301-316.
- Syverson, C. (2011, Juni). *What determines productivity?* Journal of economic literature, pp. 326-65.
- Wooldridge, J. M. (2009). *On estimating firm-level production functions using proxy variables to control for unobservables*. Economics Letters, pp. 112-114.
- Youssef, Aoun (2014), *Information and Communication Technologies: Their Use and Short and Long Run Effects*, Economics Bulletin, Volume 35, Issue 3.

3. BILAG

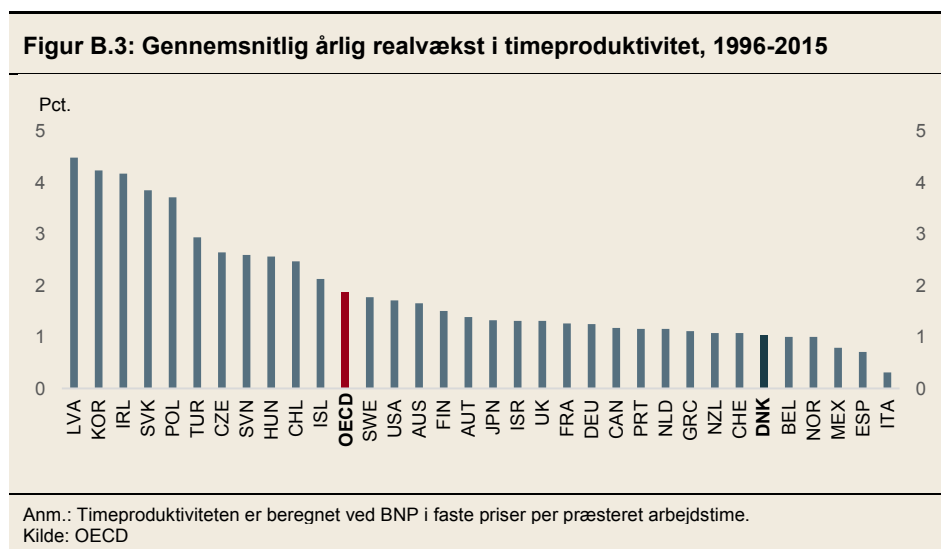
3.1 PRODUKTIVITETSUDVIKLINGEN I DANMARK

Produktivitet er afgørende for udvikling i vækst og velstand. Fra 70'erne og frem til midten af 90'erne oplevede Danmark høje vækstrater i produktivitet på 3,8 pct., se figur B.1. Kapitalintensitet og totalfaktorproduktivitet (TFP) bidrog væsentligt til udviklingen. De senere år er vækstbidraget fra både kapitalintensitet og TFP faldet, med lavere timeproduktivtetsvækst som følge, se figur B.2.



TFP siges at være den del af produktivitetsvæksten, som ikke kan forklares af ændringer i kapitalapparat og arbejdskraft (herunder humankapital). Dermed tager TFP forbehold for, at ressourceforbruget varierer mellem virksomheder.

Fra midten af 90'erne og frem til 2016 har produktivitetsvæksten været på et lavere niveau, svarende til godt 1 pct. Den stagnerende produktivitetsvækst bliver mere udtalt når Danmarks produktivitetsudvikling ses i forhold til andre lande, se figur B.3.



3.2 MÅLING AF DIGITALISERING I DANMARK

I denne analyse er der anvendt et nyt konstrueret indeks til at måle virksomheders digitalisering. Det er en sammenvægtning af 10 indikatorer indenfor fem forretningsprocesser, der bredt set er relevante for de fleste typer af virksomheder: Forsyningskæde, administration og drift, salg, markedsføring og produktion.

Konstruktion af digitaliseringsindeks

Det nye digitaliseringsindeks er lavet ud fra formålet om at måle, hvor digitalt er danske virksomheder på tværs af forretningsområder. Fokus har været på at konstruere et indeks, der kan anvendes på tværs af brancher med udgangspunkt i 2014.

Udvælgelsen af forretningsområder og variable er baseret på tidligere litteratur, som har forsøgt at måle virksomhedernes digitalisering, se boks B.1.

Boks B.1: Primær litteratur anvendt til udvælgelse af indikatorer

Digitaliseringsindekset er udledt fra tidligere litteratur på området, herunder Europa-Kommissionens årlige indeks for digitaliseringsgraden i samfundet og økonomien (EU-kommissionen 2016), CEBR's analyse af digitalisering og produktivitet (CEBR 2011) samt IRIS analyse af digitalisering af dansk erhvervsliv (IRIS 2012).

EU-kommission udgiver hvert år et indeks over det danske samfund og den danske økonomis digitaliseringsgrad (Digital Economy and Society Index). En af de fem indikatorer er virksomhedernes integration af digital teknologi, der måler både virksomhedernes digitalisering og deres udnyttelse af online salgskanaler (ERP, RFID, Social media, e-faktura, Cloud og e-handel). Alle disse variable er inkluderet i dette indeks og fordelt på forskellige forretningsprocesser.

Fra CEBR-analysen "Digitalization and Productivity" (2011) er der hentet inspiration til, hvilke interne forretningsprocesser der skal medtages for at give et fyldestgørende billede af digitalisering, herunder brugen af ressourceplanlægning og brug af maskiner med it samt fokus på distribution.

Fra IRIS-analysen "Digitalisering af dansk erhvervsliv" er der hentet inspiration til, hvad de mest centrale teknologier og forretningsprocesser er, når man skal se på digitalisering i erhvervslivet, herunder cloud computing, dataudveksling, maskiner med IT, data mv. Ligeledes er der hentet inspiration til at se på graden af digitalisering.

Imidlertid er disse studier baseret på enten ældre data (CEBR 2011), hvor data siden da er blevet forbedret (2008-2009). Der findes analyser på makroplan (EU's DESI Index), der bl.a. ikke tager højde for brug af IT i maskiner, markedsføring og logistik. Netop disse variable peger Damvad (2015) på i forbindelse med en analyse af sammenhæng mellem bredbåndsdækning og virksomheders er vigtige, hvis man vil kortlægge effektkæder fra digital teknologi til produktivitet.

En måde at kvantificere digitalisering er ved at nedbryde virksomheden i forskellige forretningsprocesser, så flest mulige aspekter af digitalisering medtages (også anvendt i IRIS 2012, Damvad 2015). Formålet med digitaliseringsindekset er netop at give et billede af virksomhedernes digitaliseringsgrad på tværs af brancher, størrelser mv. Forretningsprocesserne skal være så specifikke, at de fortæller noget om virksomhedens digitale processer og samtidig brede nok til at rumme forskelle mellem brancher og virksomhedsstørrelse. Her ligger der en antagelse om, at alle kategorier er relevante for alle brancher. Indekset forsøger at måle bredt set, men er ikke udtømmende.

I alt er der identificeret fem forretningsprocesser, som langt de fleste virksomheder har. Særligt er der taget udgangspunkt i DESI, der har fokus på produktion, administration og drift, salg og markedsføring. Imidlertid mangler der et centralt forretningsområde, som både IRIS, CEBR og Damvad har fokus på - forsyningskæde/distribution.

Digitaliseringsindeks – metodisk gennemgang

Digitaliseringsindeks måles i alt på fem forretningsområder. Hvert forretningsområde er igen delt op på min. 2 variable for hvert forretningsområde uden tilføjet vægtning af de forskellige underkategorier. I boks B.2 er der for hver variable beskrevet, hvorfor netop denne indikator er relevant og hvorfor den belyser et aspekt af forretningsområdet.

Boks B.2: 10 indikatorer til at måle virksomhedernes brug af digitale løsninger

Forsyningskæde måles ved brugen af:

- Supply Chain Management (SCM), som er elektronisk deling af information mellem leverandør og kunder om leverancer
- E-køb, som angiver virksomhedens køb af varer og serviceydelser via internettet, apps eller automatiseret køb.

Administration og drift består af virksomhedernes anvendelse af:

- Cloud computing omfatter køb af it-services, der benyttes via internettet. Det omfatter fx ekstern adgang til software og standardiserede it-produkter, computerkraft, lagerkapacitet mv. Cloud computing er en effektiv måde til dels at reducere omkostningerne til både anskaffelse og drift af it-systemer, dels til at skalere it-produkterne efter forbrug og behov
- E-faktura, som leverer bl.a. regninger til kunder vha. elektronisk kommunikation, der kan databehandles automatisk.

Salg indeholder to indikatorer

- Web-salg, dvs. om virksomheden har modtaget ordrer, som er afgivet via hjemmeside eller apps
- Automatiseret salg (EDI), viser elektronisk salg, hvor ordren sendes i et aftalt format, som tillader automatisk databehandling (foregår fra system til system og ikke via internettet).

Markedsføring indeholder to indikatorer:

- Anvendelse af sociale medier til markedsføring, som indikerer, hvorvidt virksomheder bruger digitale kanaler til at markedsføre sine produkter
- Hjemmesider, samt brugen af hjemmesider til produktkatalog og prislister mv., som indikerer hvor aktiv virksomheden bruger de digitale kanaler.

Produktion indeholder to indikatorer:

- Automatiseret dataudveksling også kaldet elektronisk ressourceplanlægning (ERP) er et system, der sporer virksomhedens ressourcer samt giver en status for virksomhedens forpligtelser ofte i realtid om køb, salg og produktion.
- Sensorer (RFID), som kan opfange, måle, processer og hente information i tags (lille elektronik, som sender information tilbage, når den modtager et signal).

Anm.: Fra 2014 og fremefter er det muligt at måle digitaliseringsgraden på seks forretningsområder. Det vil sige, at det er muligt at medtage analyse, som forretningsområde, der måler virksomhedernes indsamling og analyse af kundedata. Jf. Redegørelse om Danmarks Digitale Vækst 2016-2017. Dette er kun relevant for figur 3 og figur 9.

Hver variabel er en dummyvariabel, der angiver, hvorvidt virksomheden anvender den digitale teknologi (1) eller ej (0). Fx anvendte 37 pct. af virksomhederne cloud computing i 2014. Med den spørgsmålsformulering kan det bemærkes, at vi ikke kan skelne mellem

intensitet i digitalisering indenfor hvert forretningsområde og måle i hvilket omfang teknologiens anvendes.

Næste skridt er at slå variablene sammen under ét forretningsområde for at styrke målingsvaliditeten under hvert forretningsområde, og for at tage højde for, at enkelte variable ikke måles i VITA hvert år. Her grupperes variablene parvis. Et forretningsområde i virksomheden betragtes som værende digitaliseret, når virksomheden som minimum anvender en af indikatorerne under et forretningsområde, se Boks B.1. Til gengæld betragtes virksomheden også som digitaliseret, hvis den kun anvender en indikator. Man kunne også have set på, hvor mange virksomheder, der har digitaliseret to eller tre komponenter indenfor produktion. Her vælger vi dog at se på, om de har digitaliseret eller ej.

Virksomhedernes digitaliseringsgrad måles således ud fra, hvor meget de har digitaliseret forretningen i parvis konstellation. Det er muligt at anvende fem digitale teknologier, men kun have digitaliseret tre forretningsområder. Det skaber stabilitet i data over tid med denne metode, idet enkelte variable optræder en smule inkonsistent, se boks B.3.

Boks B.3: Eksempel på konstruktion af digitaliseringsvariable

	Virksomhed A	Virksomhed B	Virksomhed C
Cloud computing	Ja (1)	Nej (0)	Nej (0)
E-faktura	Ja (1)	Ja (1)	Nej (0)
Forretningsområde administration og drift digitaliseret?	Ja (1)	Ja (1)	Nej (0)

Virksomhedernes digitaliseringsgrad måles fra 0 til 5. Dvs. jo flere forretningsprocesser virksomheden har digitaliseret ud af de fem, jo mere digitaliseret antages virksomheden at være. "høj digital" er, hvis virksomheden har digitaliseret 5 områder af forretningen, "mellem digital" er, hvis virksomheden har digitaliseret 3-4 områder, "lav digital" er hvis virksomheden kun har digitaliseret 0-2 områder.

Datagrundlaget – IT-anvendelse i virksomhederne (VITA)

VITA er en årlig spørgeskemabaseret undersøgelse gennemført af Danmarks Statistik af knap 4.000 danske virksomheder med mindst 10 ansatte. Antallet af virksomheder i VITA har været stort set uændret siden 2004. Der anvendes en stratificeret tilfældig udvælgelse efter antal fuldtidsansatte, region og branche. Det betyder, at statistikken vha. vægte kan opregnes til hele virksomhedspopulationen. Nogle virksomheder går igen i alle år, men dette gælder for langt fra alle. Derudover bemærkes det, at brugen af sociale medier først måles fra 2013, se boks B.4.

Boks B4: Opmærksomhedspunkter ved brug af indekset

Brugen af sociale medier først måles fra 2013. Det betyder at variabelen markedsføring stiger, når den medtages. Siden sociale medier er en central del af en virksomheders digitale markedsføring er variabelen beholdt. Det er dog vigtigt, at estimaterne fortolkes en smule påpasseligt.

Derudover bør det bemærkes, at nogle indikatorer, herunder cloud computing, e-faktura, crm, e-salg og SCM, har skiftet navn undervejs, hvilket betyder, at virksomhederne har svaret på lidt forskellige spørgsmål over tid. Det betyder mindre niveauforskelle over tid.

Når VITA kan kobles med Danmarks Statistiks registre (firma- og regnskabsstatistik) for at fremskaffe informationer om virksomhedernes størrelse og økonomiske nøgletal reduceres antallet af virksomheder. Særligt reduceres antallet af virksomheder med mellem 10-20 ansatte i et omfang, at der i analysen ses bort fra disse. Derfor er populationen i denne undersøgelse virksomheder med mere end 20 ansatte. For en mere uddybende beskrivelse henvises til DST 'It-anvendelse i virksomheder' (2016) samt Damvad 'VITA-datasættets anvendelighed' (2015).

3.3 MÅLING AF PRODUKTIVITET

Der findes forskellige måder at estimere produktivitet, der hver har sine styrker og svagheder. I analysen anvendes totalfaktorproduktivitet som mål for produktivitet, da det teoretisk set er det mest korrekte mål herfor, se boks B.5.

Boks B.5: Mål for produktivitet

Produktivitet måler, hvor meget der kan skabes med en given mængde ressourcer. Et simpelt mål for dette er arbejdsproduktivitet, som er givet ved bruttoværditilvækst (BVT) i faste priser per beskæftiget:

$$\text{Arbejdsproduktivitet} = \frac{\text{BVT}}{\text{Antal beskæftigede}}$$

En ulempe ved arbejdsproduktivitet er, at der ikke tages forbehold for, hvor mange timer det enkelte individ arbejder. Derfor anvendes ofte timeproduktivitet, som er givet ved BVT i faste priser per præsteret arbejdstime:

$$\text{Timeproduktivitet} = \frac{\text{BVT}}{\text{Antal præsterede arbejdstimer}}$$

En ulempe ved timeproduktivitet er, at der ikke tages forbehold for, at ressourceanvendelsen kan variere på tværs af brancher. Særligt kan kapitalintensitet have stor betydning for timeproduktiviteten.

En måde at løse dette på er ved at anvende et tredje mål for produktivitet kaldet totalfaktorproduktivitet (TFP). TFP er et mere rent mål for produktivitet, da denne er uafhængig af mængden af ressourcer, der anvendes. Således afhænger TFP grundlæggende kun af organisering af virksomheden, samt innovation og effektivisering, herunder den anvendte teknologi. Således siges TFP at være den del af produktivitetsvæksten, der ikke kan forklares af ændringer i kapitalapparat og arbejdskraft (herunder humankapital). Dermed tager TFP forbehold for, at ressourceforbruget varierer mellem virksomheder. TFP estimeres i en ligning af typen:

$$\text{BVT} = \text{TFP} \cdot \text{Sammenvejete ressourcindsats}$$

Anm.: En mere detaljeret gennemgang af estimation af TFP på virksomhedsniveau findes i bilag 3.4.

3.4 ESTIMATION AF TFP

I temaet anvendes metoden foreslået af Wooldridge (2009) til at estimere TFP. Der betragtes virksomhed i til tidspunkt t i en logaritmetransformeret Cobb-Douglas-produktionsfunktion:

$$B.1 \quad vtv_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \omega_{it} + \epsilon_{it}$$

hvor vtv_{it} er værditilvækst, β_0 er et gennemsnitligt produktivetsniveau for alle virksomheder, l_{it} er kvalitetskorrigeret arbejdskraft, mens k_{it} er kapitalapparat. ω_{it} er uobserverbar produktivitet, og endelig er ϵ_{it} idiosynkratiske stød, som antages at være hvid støj. ω_{it} antages at være kendt af de enkelte virksomheder, men det er ikke muligt for andre at observere niveauet. Det antages endvidere, at produktivitet følger en førsteordens Markov-proces, givet ved:

$$B.2 \quad \omega_{it} = E[\omega_{it} | \omega_{it-1}] + \xi_{it} = g(\omega_{it-1}) + \xi_{it}$$

hvor ξ_{it} er produktivetsstød, som antages at være uafhængigt af ω_{it} og k_{it} . Endelig er $g(\cdot)$ en ukendt, tidsinvariant funktion. Det antages, at virksomheder observerer produktivetsstød og tilpasser deres optimale niveau af halvfabrikata ud fra efterspørgselsfunktionen givet ved:

$$B.3 \quad m_{it} = f(\omega_{it}, k_{it})$$

hvor $f(\cdot)$ er en ukendt, tidsinvariant funktion og m_{it} er halvfabrikata (benævnes materialer), der anvendes i produktion og består af energi, råvarer, hjælpematerialer mv. Det fremgår, at virksomhedens køb af materialer bestemmes umiddelbart efter produktivetsstødet observeres. Det antages desuden, at kapital bestemmes dynamisk og følger en proces, hvor virksomhedens kapitalapparat determineres af sidste års kapitalapparat, samt indeværende års investeringer fratrukket nedslidning. Forholdet kan beskrives ved:

$$B.4 \quad K_{it} = (1 - \delta) \cdot K_{it-1} + I_{it}$$

hvor $0 < \delta < 1$ angiver nedslidning (eller teknologisk forældelse) af sidste års kapitalapparat og I_{it} er investeringer. Endelig antages det, at arbejdskraftsvariablen er ikke-dynamisk, og dermed vælges frit. Det betyder, at arbejdskraftsvariablen vælges umiddelbart efter produktivetsstødet observeres.

Det er ikke muligt at observere de enkelte virksomheders produktivetsniveau. Det er i stedet muligt at invertere $f(\cdot)$, hvis m_{it} er monotont stigende som en funktion af ω_{it} . Hvis dette er tilfældet kan man invertere funktionen:

$$B.5 \quad \omega_{it} = f^{-1}(m_{it}, k_{it})$$

Med funktionen er det muligt at observere virksomhedernes produktivetsniveau ved hjælp af proxy-variablene, som består af materialer og kapital. Det antages endvidere, at produktivetsstød er uafhængigt af alle nuværende og tidligere informationssæt:

$$B.6 \quad E[\epsilon_{it} | \Omega_{it}, \Omega_{it-1}, \dots] = 0, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Således har virksomheder ingen forventning om stødet. Dette ændrer dog ikke på, at fejlleddene kan være indbyrdes afhængige over tid. For at imødekomme dette problem og opnå en konsistent estimator, antages produktivitet at være uafhængig af kapital til tidspunkt t , samt tidligere værdier for arbejdskraft, kapital og materialekøb:

$$B.7 \quad E[\omega_{it} | k_{it}, k_{it-1}, l_{it-1}, m_{it-1} \dots] = 0, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

Antagelsen tillader, at arbejdskraft og materialekøb bestemmes umiddelbart efter, at produktivitet observeres. Antagelsen går dermed fint i tråd med de øvrige antagelser. Da produktivitet følger en førsteordens Markov-proces, er det muligt at opstille:

$$B.8 \quad E[\xi_{it} | k_{it}, k_{it-1}, l_{it-1}, m_{it-1} \dots] = 0, \quad t = 2, 3, \dots, T$$

som betyder, at produktivitetstødet skal være uafhængigt af kapital til tidspunkt t , samt tidligere værdier for arbejdskraft, kapital og materialekøb for $t > 1$. Hvis antagelsen holder, er det muligt at indsætte B.5 i B.2, hvormed der opnås:

$$B.9 \quad E[\omega_{it} | \omega_{it-1}] = g(f^{-1}(m_{it-1}, k_{it-1})), \quad t = 2, 3, \dots, T$$

Antagelseme opstillet i ligning B.7 og ligning B.9 gør det muligt at opstille to ligninger, hvor parametrene β_l og β_k kan identificeres:

$$B.10 \quad vtv_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + f(m_{it}, k_{it}) + \epsilon_{it}, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$$B.11 \quad vtv_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + g(f(m_{it-1}, k_{it-1})) + \eta_{it}, \quad t = 2, 3, \dots, T$$

hvor $\eta_{it} = \epsilon_{it} + \xi_{it}$. Herefter approksimeres de ukendte funktioner med tredjeordenspolynomier og residualen fra de to ligninger minimeres simultant med GMM i et setup, hvor værdierne selv bruges som instrumenter. Med metoden opnås robuste standardfejl, der både tager forbehold for indbyrdes afhængige fejlede og heteroskedasticitet. Endelig er det muligt at estimere TFP residualt i følgende ligning, hvor *hat* angiver, at der er tale om et estimat:

$$B.12 \quad \widehat{TFP}_{it} \equiv \hat{\beta}_0 + \hat{\omega}_{it} + \hat{\epsilon}_{it} = vtv_{it} - \hat{\beta}_l l_{it} - \hat{\beta}_k k_{it}$$

Estimatet for TFP består dermed af det gennemsnitlige produktivetsniveau, det virksomhedsspecifikke produktivetsniveau, samt et støjled.

3.5 BRUG AF VÆGTE I SURVEYDATA

I denne analyse er der anvendt vægte til at opregne til populationen. Vægte er anvendt, fordi det giver mulighed for at rette op på en skæv stikprøve med for mange store virksomheder, jf. boks B.6.

Boks B.6: Hvorfor vægte?

I Solon et al. (2015) påpeges det, at spørgsmålet om hvorvidt vægte er relevante ikke altid er let at besvare. Generelt fastslås det, at deskriptive statistikker altid skal vægtes for at tage forbehold for, at den population man betragter er skæv.

Når man derimod bevæger sig et skridt videre og vil estimere kausale effekter, er spørgsmålet mere kompliceret at svare på. Der findes i artiklen tre gode argumenter for at vægte en stikprøve. To af disse er særligt relevante for indeværende analyse:

- 1) *Opnå mere præcise estimater ved at korrigere for heteroskedasticitet.*
- 2) *Opnå konsistente estimater ved at korrigere for 'skæv' stikprøveudvælgelse.*

I artiklen foreslås det derfor at undersøge, hvorvidt de uvægtede og vægtede stikprøver lider af heteroskedasticitet. Udføres et Breusch-Pagan test for homoskedasticitet kan

nulhypotesen om homoskedasticitet ikke forkastes i den uvægtede stikprøve, mens den tydeligt kan forkastes i den vægtede stikprøve. Derfor gennemføres den vægtede stikprøve med robuste standardfejl. Det tyder på, at det faktisk er bedre at estimere uden vægte, hvis man ønsker at opfylde betingelsen om konstant varians betinget på de uafhængige variable.

Den oprindelige stikprøve er afgrænset efter branche, og stikprøven er dannet ved stratificeret tilfældig udvælgelse efter branche og størrelse. Den endelige stikprøve er herefter reduceret, da estimation af TFP stiller større krav til kvaliteten af data. Danmarks Statistik har beregnet vægte, der gør det muligt at opregne stikprøven til populationen.

Der eksisterer altså en afvejning mellem stikprøvens repræsentativitet og hvor præcist sammenhængen mellem digitalisering og produktivitet kan måles. Af disse årsager anvendes vægtene til at gøre op for den endogene stikprøveudvælgelse, mens robuste standardfejl anvendes for at tage forbehold for heteroskedasticitet.

Det skal også påpeges, at ved brug af vægte, så vægtes større virksomheder mindre, mens små virksomheder vægtes højere. Det skyldes, at der er udtrukket færre mindre virksomheder end store virksomheder. Af disse årsager skal man være varsom med at tolke 'hårdt' på analysens konklusioner, særligt når det drejer sig om virksomhederne udenfor populationsstørrelse.

3.6 VIRKSOMHEDERNE I ANALYSEN

Virksomhederne i analysen baserer sig på to virksomhedspopulationer. Den ene population baserer sig på år 2014, hvor der findes data for både virksomhedernes IT-anvendelse og regnskabsstatistikken. Denne del af analysen er udelukkende deskriptiv og derfor kan alle virksomheder i populationen bruges til at påpege øjeblikbilleder.

For den anden del af analysen stilles strengere krav til data. Population baserer sig på årene 2010-2013. Årsagen til dette er, at der også er benyttet data fra den integrerede database for arbejdsmarkedsforskning, hvor der kun er data frem til 2013. Det er nødvendigt at inkludere disse data for at sikre, at man får et retvisende mål for arbejdskraftsvariablen, der indgår i estimation af virksomhedernes TFP-niveauer. Hermed tages der forbehold for, at forskelle i virksomhedernes produktivetsniveauer ikke skyldes forskelle i arbejdsproduktivitet. Der dannes et såkaldt kvalitetskorrigeret arbejdskraftsinput, se fx Det Økonomiske Råds Sekretariat (2010) og Finansministeriet (2016). Derudover fjernes virksomheder, hvis data er imputeret. Dette er med til at sikre kvalitet og tilstrækkelig variation i data. Da estimation af TFP er behæftet med en vis usikkerhed, er virksomheder med ekstreme værdier fjernet fra analysen.

Erhvervsministeriet
Slotsholmsgade 10-12
DK - 1216 København K

Tlf 33 92 33 50
evm@evm.dk