De Økonomiske Råd

d. 29.11.2022

Baggrundsnotat: Fremstillingsvirksomheder og energipriser

Baggrundsnotatet indeholder en beskrivelse af data og beregningerne i kapitlet *Fremstillingsvirksomheder og energipriser* i rapporten *Økonomi og Miljø, 2022*.

Indhold

1. Databeskrivelse
2. Virksomhedens energipris
3. Energiudgifternes andel af de samlede materialeudgifter
4. Prisovervæltning ved stigende materialeudgifter
5. Robusthedsanalyse af energiprisers betydning for udledninger
6. Estimation af produktionsfunktioner på produktniveau
7. Litteratur

1 Databeskrivelse

Kapitlets analyser er baseret på data fra perioden 2001-18. De anvendte datakilder for fremstillingsvirksomhederne kan opdeles i to kategorier:

- **Grundregistre fra Danmarks Statistik**
  - Industriens forbrug af energi (ENERGI)
  - Regnskabsstatistikken (FIRE)
  - Industriens salg af varer (VARS)

- **Offentlig tilgængelig data**
  - Emissionsregnskabet fra Danmarks Statistik
  - Energipriser fra Danmarks Statistiks energiregnskab
  - Verificererede udledninger af CO_2 fra EU-kommissionen
  - Emissionskoefficienter fra DCE

Industriens forbrug af energi

I registeret ENERGI findes fremstillingsvirksomhedernes energiforbrug målt i Gigajoule (GJ), fordelt på forskellige energikilder: elektricitet, fjernvarme, naturgas, LPG, motorbenzin, petrol, stenkul, koks, gas-/dieselolie, fuelolie, spildolie, biogas, bygas og affald. Forbruget er opdelt på CVR-nummer for fremstillingsvirksomheder med 20 eller flere ansatte. Fra 2014 og frem er forbruget dog yderligere fordelt på arbejdsstedsniveau, men aggregeres tilbage til virksomhedsniveau. ENERGI indeholder data i årene 2001, 2003, 2005, 2007, 2009, 2012, 2014, 2016, 2018.

Regnskabsstatistikken

Regnskabsstatistikken på virksomhedsniveau kaldes FIRE. Datasættet indeholder regnskabsoplysninger, der dog i mange tilfælde er imputerede med baggrund i øvrige data og branchegennemsnit. Det er primært tilfældet for små virksomheder, men for at opnå et præcist datagrundlag, ses bort fra alle observationer med imputerede data. Hvis virksomheden på et tidspunkt skifter fra fremstilling til service, er det kun observationer fra perioden som fremstillingsvirksomhed, der er anvendt. Virksomheder, der skifter fra service til fremstilling, er ekskluderet fra analysen. Endvidere bevares opdelingen af virksomhederne i brancher fra den tidsperiode, de først observeres i stikprøven (”den oprindelige branche”).

Arbejdskraft (L) defineres som antal ansatte lønmodtagere i regnskabsperioden omregnet til fuldtidsbeskæftigede. Kapital (K) defineres som summen af ultimoværdierne af de materielle og immaterielle anlægsaktiver. Materialeinput (M) defineres som køb af varer og tjenester i alt (inkl. energi).

Industriens salg af varer

VARS indeholder data om værdierne af de solgte varer og deres mængder for hver virksomhed. Data i VARS er opgjort for hvert kvartal, og værdierne aggregeres op til årsniveau. Varekoderne er 8-cifrede, og det numeriske system, som de er inddelt efter, kaldes for den Kombinerede Nomenklatur (KN8). Da KN8 ændrer sig over tid, er det

nødvendigt at lave en fælles, internt konsistent transformation, der kan bruges i et paneldatasæt. Hertil bruges algoritmen fra Van Beveren mfl. (2012), der tidligere har været brugt på dansk data i Buus mfl. (2021). Dermed genereres tidskonsistente KN8+ koder for hele perioden mellem 2001 og 2018. I enkelte tilfælde medfører dette, at nogle produkter er opgjort i forskellige mængdeenheder. Derfor defineres et produkt som en unik KN8+ kode og mængdeenhed kombination.

Danske energipriser

Danske energipriser kan udledes for hver nationalregnskabsbranche og energikilde fra Danmarks Statistiks input-output-tabeller. Disse data er opdelt indenfor nationalregnskabsbrancher og energikilder, og dækker hele den relevante tidsperiode. I analyserne benyttes den faktiske udgift, som virksomhederne har haft i et givet år (kr. pr. GJ).

Udledninger

Opgørelsen af CO_2-udledninger følger metoden fra *Økonomi og Miljø, 2021* og tager udgangspunkt i virksomhedernes energiforbrug af de 14 forskellige energikilder, der findes i ENERGI-registret. Bemærk, at elektricitet og biogas ikke udleder CO_2. Derfor er der kun 12 energikilder, der bidrager til ændringerne i virksomhedernes CO_2-udledninger. Virksomhedernes energiforbrug omregnes fra GJ til kg CO_2-udledning ved brug af udledningsfaktorer fordelt på energikilder fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE). Udledningsfaktorerne er branchespecifikke, men varierer ikke betydeligt på tværs af brancher, da CO_2-udledningen i høj grad følger inputtet.

Derudover følger en fordeling af de ikke-energirelaterede udledninger, såkaldte procesudledninger, på de enkelte virksomheder. Denne fordeling foretages ved brug af Danmarks Statistiks emissionsregnskab og verificerede udledningsdata fra EU's emissionshandelssystem (EU ETS).

1. I ENERGI-registret er der information om virksomhedernes energiforbrug, målt i GJ, for forskellige energikilder. For hver af disse energikilder kobles en emissionsfaktor, der angiver kilogram CO_2 pr. GJ energi (udledningen fra biogas og elektricitet sættes til 0).
2. For de virksomheder, hvor de verificerede CO_2-udledninger fra EU-kommissionen er mindre end den totale opgjorte udledning af CO_2, sættes den ikke-energirelateret udledning lig differencen. For hver af de tilhørende brancher fratrækkes disse ikke-energirelateret udledninger af CO_2 fra de ikke-energirelateret udledninger af CO_2 i emissionsregnskabet.
3. For de virksomheder, hvor de verificerede CO_2-udledninger fra EU-kommissionen er større end den totale opgjorte udledning af CO_2, fordeles den resterende CO_2-udledning ud på de enkelte virksomheder vha. deres branchespecifikke andele af det samlede energiforbrug for alle brændsler i ENERGI-registret.

1.1 Kapitlets datagrundlag

Ovenstående registre er samlet til datagrundlag for kapitlet. Den samlede stikprøve indeholder 4.135 unikke fremstillingsvirksomheder og 91.154 virksomhed-produkt-årstalsobservationer. I en gennemsnitlig virksomhed kan ca. 90 pct. af salget tilskrives de 5 vigtigste produkter. Virksomhederne, der kun sælger en vare, udgør mindre end 10 pct. af observationerne og repræsenterer ca. 2 pct. of omsætningen og 3 pct. af beskæftigelsen. Langt de fleste virksomheder er således flervarevirksomheder.

Til estimation af produktionsfunktioner i afsnit 4 er virksomhederne inddelt i 40 brancher. Af tabel 1 fremgår opdeling og datastruktur. Der er så vidt muligt anvendt 4-cifrede branchegrupperinger, men samtidig stillet et krav om mindst 35 virksomheder i hver branche. 22 brancher i stikprøven lever op til dette krav. Andre brancher er aggregeret til 2-cifrede branchegrupperinger, hvilket er tilfældet for de sidste 18 brancher i stikprøven.

Til dekomponering og estimation af energiprisernes effekter på energiforbrug og udledningsintensitet i hhv. afsnit 2 og 3 benyttes det virksomhedsspecifikke energiforbrug fra ENERGI. Dette er kun tilgængeligt ca. hvert andet år, og stikprøven til denne analyse er derfor mindre og består af 3.171 fremstillingsvirksomheder og 16.371 virksomhed-årstalsobservationer. Yderligere observeres alle fremstillingsvirksomheder ikke i alle år, hvilket også mindsker antal observationer.

Tabel 1. Estimation af produktionsfunktioner – branchenomenklatur

Kode	Brancher	Virksomheder	Observationer
10	Fødevareindustri	293	13.395
11 + 12	Drikke- og tobaksvareindustri	41	1.452
13 + 15	Tekstil, læder- og fodtøjsindustri	94	2.384
14	Beklædningsindustri	98	9.163
16	Træindustri	85	1.421
17	Papirindustri	92	1.128
20	Kemisk industri	149	8.293
19 + 22	Olieraffinaderier, plast- og gummiindustri	68	1.105
23	Glasindustri og keramisk industri, betonindustri og teglværker	148	2.952
24	Fremstilling af metal	87	1.230
25	Metalvareindustri	169	2.743
26	Elektronikindustri	143	1.988
27	Fremstilling af elektrisk udstyr	116	2.782
28	Maskinindustri	214	4.727
29 + 30	Transportmiddelindustri	70	912
31	Møbelindustri	38	487
32	Anden industri	66	1.806
33	Reparation og installation af maskiner	153	1.152
1020	Forarbejdning og konservering af fisk og fiskeprodukter	65	1.827
1623	Fremstilling af bygningstømmer og snedkeriartikler	151	1.672
1812	Fremstilling af andre papir og papvarer	121	1.138
2221	Fremstilling af plader, ark, rør og slanger samt profiler af plast	51	1.809
2222	Fremstilling af plastemballage	55	758
2229	Fremstilling af andre plastprodukter i øvrigt	108	1.479
2361	Fremstilling af byggematerialer af beton	67	1.166
2511	Fremstilling af metalkonstruktioner og dele heraf	172	2.129
2562	Almindelige maskinforarbejdningsprocesser på kontraktbasis	116	1.319
2599	Fremstilling af andre færdige metalprodukter	176	2.868
2651	Fremstilling af navigationsudstyr, måle og kontrolapparater	94	1.732
2712	Fremstilling af elektriske fordelings og kontroltavler	45	535
2822	Fremstilling af løfte og håndteringsudstyr	100	2.182
2825	Fremstilling af elektriske husholdningsapparater	67	1.481
2829	Fremstilling af andre maskiner til generelle formål i øvrigt	67	1.145
2830	Fremstilling af traktorer og maskiner til land og skovbrug	62	1.244
2893	Fremstilling af maskiner til nærings og nydelsesmiddelindustri	73	878
2899	Fremstilling af andre maskiner til specielle formål i øvrigt	87	941
2920	Karosserifabrikker	49	632
3101	Fremstilling af stole og andre siddemøbler samt møbelpolstrer	68	1.473
3109	Fremstilling af andre møbler til boliger samt møbellakererier	166	3.131
3250	Fremstilling af medicinsk og kirurgisk udstyr	51	495
	I alt	**4.135**	**91.154**

2 Virksomhedens energipris

Til beskrivelse af i hvor høj grad energipriserne varierer indenfor og mellem brancher er foretaget en variansdekomponering ved følgende ligning:

$$\mathrm{var}(p_{ib}^{e}) = \underbrace{\sum_{b} \frac{N_b}{N} (\mu_b - \bar{\mu})^2}_{\text{mellem}} + \underbrace{\sum_{b} \frac{N_b}{N} \sigma_b^2}_{\text{indenfor}}$$

hvor p_{ib}^{e} er virksomhedens i energipris, og b står for branche. μ_b og σ_b^2 er branchespecifik henholdsvis gennemsnit og varians, mens $\bar{\mu}$ er det samlede gennemsnit. N_b er antallet af virksomheder i branche b og N er det samlede antal virksomheder. Variansdekomponering beregnes indenfor et givet år.

Dekomponeringen viser, at ca. 85 pct. af variationen i energipriser kan tilskrives forskelle indenfor brancherne i 2018, mens det gennemsnitligt over perioden 2001-18 er ca. 76 pct. af variationen, der findes indenfor brancher, jf. figur 1.

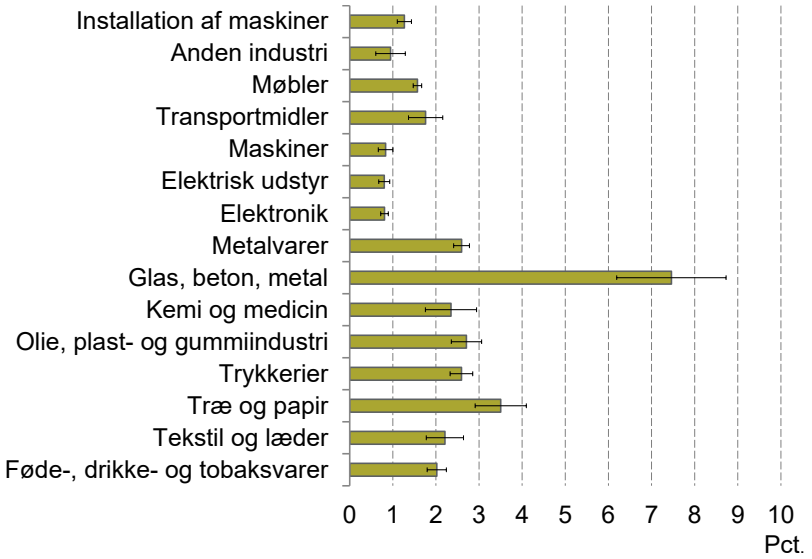
Figur 1. Variansdekomponering

Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

3 Energiudgifters andel af de samlede materialeudgifter

En opgørelse af energiudgifternes andel af materialeudgifterne viser, at andelen varierer betydeligt på tværs af brancher, jf. figur 2. Særligt i branchen *Glas, beton og metal* udgør energiudgifterne en stor andel. Bemærk, at figur III.9 i kapitlet, som ligner nedenstående figur 3, angiver variationen i virksomhedens energipriser som to standardafvigelser fra hver side af gennemsnittet. Figur III.9 viser således ikke et konfidensinterval, men derimod de approksimerede 2,5 og 97,5 percentiler og viser variationen i energipriser inden for brancher.

Figur 2. Energiudgifternes andel af materialeudgifterne på tværs af brancher



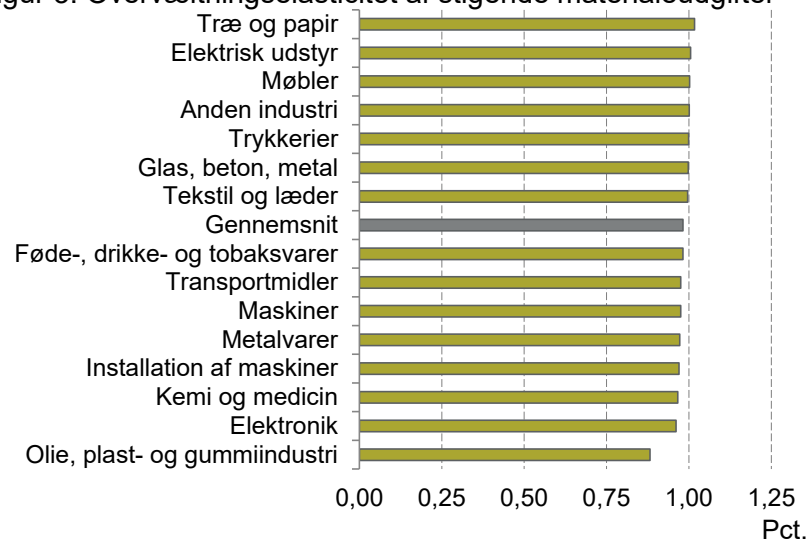
Anm.: Intervallerne angiver 95 pct. konfidensintervaller beregnet ifølge delta-metoden for ratioer.
Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

4 Prisovervæltning ved stigende materialeudgifter

I afsnit III.4 diskuteres gennemslaget af forskellige typer stød. I dette afsnit præsenteres analysen, når der kun anvendes forrige periodes marginalomkostninger som instrument. Dette fanger primært stød fra ændrede materialeudgifter, jf. Hintermann mfl. (2020). Dette er interessant, fordi forskellige typer stød til marginalomkostningerne kan have forskelligt gennemslag, afhængigt af, hvor stor en del af markedet, der rammes af stødet. Sådanne forskelle findes bl.a. i Tyskland, hvor gennemslaget fra materialeudgifter er større end gennemslaget fra energiudgifter, jf. Hintermann mfl. (2020). Hintermann mfl. (2020) argumenterer for, at det skyldes en større asymmetri i, hvordan stød til energipriserne rammer virksomhedernes omkostninger relativt til hvordan materialeudgifter rammer omkostningerne. Argumentet er, at konkurrenterne på et givet marked typisk er afhængige af de samme inputs og derfor rammes symmetrisk af stigende materialepriser. Virksomhedernes specifikke energimix er dog mere forskelligt og afhænger eksempelvis af virksomhedens geografiske placering. Stigende energipriser vil derfor ramme virksomhederne mere forskelligt.

Gennemslaget fra materialeudgifter er også større end gennemslaget fra energipriser i Danmark, jf. figur 3. Her er gennemslaget tæt på fuldstændigt på tværs af alle fremstillingsbrancher. Det betyder, at når marginalomkostningerne stiger med 1 pct. som følge af stigende materialeudgifter, stiger priserne, groft sagt, også med 1 pct.

Figur 3. Overvæltningselasticitet af stigende materialeudgifter



Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

5 Robusthedsanalyse af energiprisers betydning for udledninger

I afsnit III.3 undersøges energiprisernes betydning for udledninger. Her præsenteres yderligere resultater relateret til diskussionen i afsnittet. Generelt afdækkes sammenhængen mellem energiprisen og en given outcomevariabel, y, ved ligningen:

$$\log(y_{i,t}) = \gamma \cdot \log(p_{i,t}^{E}) + \varphi_i + \delta_{b,t} + \epsilon_{i,t}$$

Hvor φ_i og $\delta_{b,t}$ er virksomheds hhv. branche-års *fixed effects*, og $\epsilon_{i,t}$ er fejlleddet. γ er parameteren, der måler sammenhængen mellem energiprisen og outcomevariablen. $p_{i,t}^{E} = \sum_{e \in E} s_{i,t}^{e} \cdot p_t^{e}$ er den faktiske virksomhedsspecifikke energipris, hvor $e \in E$ er de mulige energikilder, $s_{i,0}^{e}$ er andelen af energikilde e i virksomhed i's energiforbrug i basisperioden, og p_t^{e} er den branchespecifikke markedspris på energikilde e i den nuværende periode t.

For at kunne tolke γ som årsagssammenhængen benyttes et såkaldt instrument for energiprisen. Instrumentet skal være korreleret med virksomhedens energipris, men må ikke have nogen selvstændig effekt på outcomevariablen. Med baggrund i instrumentet estimeres γ ved two-stage least squares, hvor sammenhængen mellem virksomhedens energipris og instrumentet først etableres i first stage.

Beregningen af instrumentet kan opsummeres med ligningen:

$$z_{i,t} = \sum_{e \in E} s_{i,0}^{e} \cdot p_t^e$$

Hvor $e \in E$ er de mulige energikilder, $s_{i,0}^{e}$ er andelen af energikilde e i virksomhed i's energiforbrug i basisperioden, og p_t^e er den branchespecifikke markedspris på energikilde e i den nuværende periode t.

I analysens first stage undersøges, om markedsprisen på virksomhedens oprindelige energimix ($z_{i,t}$) kan forklare den virksomhedsspecifikke pris på energimixet ($p_{i,t}^{E}$), som virksomheden anvender i produktionen nu:

$$\log(p_{i,t}^{E}) = \beta \cdot \log(z_{i,t}) + \varphi_i + \delta_{b,t} + \epsilon_{i,t}$$

Hvor $p_{i,t}^{E} = \sum_{e \in E} s_{i,t}^{e} \cdot p_t^e$ er den faktiske virksomhedsspecifikke energipris, $z_{i,t}$ er instrumentet, φ_i og $\delta_{b,t}$ er virksomheds hhv. branche-års *fixed effects*, og $\epsilon_{i,t}$ er fejlleddet.

Resultaterne viser, at instrumentet er relevant, jf. tabel 2. Gyldigheden af instrumentet hviler på, at mens valget af energikilder er virksomhedens egen beslutning, afhænger udviklingen i markedspriser på forskellige energikilder ikke af de enkelte virksomheder. Dermed er udviklingen i instrumentet ikke påvirket af virksomheden, selv om det initiale valg af energikilder er.

Tabel 2. First stage estimater

First stage	$\log(p_{i,t}^{E})$ kr. pr. GJ
$\log(z_{i,t})$	0.299*** (0.0261)
Observationer	16.371
F-statistik	130,8

Anm.: Ubalanceret data i perioden 2001-18. Regressionen inkluderer virksomhed og branche-år *fixed effects*. Alle monetære værdier er opgjort i faste 2010 priser. Tallene i parentes angiver standardfejl. Signifikansniveau: * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.
Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

Tabel 3 svarer til tabel III.2 fra afsnit III.3, hvor effekten på de samlede udledninger er tilføjet. De analyserede variable er udledninger, $U_{i,t}$, energiforbrug, $E_{i,t}$, udledningsfaktor, ($U_{i,t}/E_{i,t}$), energiproduktivitet, ($O_{i,t}/E_{i,t}$).

Tabel 3. Second stage estimater

Second stage	$\log(U_{i,t})$ kg CO_2	$\log(E_{i,t})$ GJ	$\log(U_{i,t}/E_{i,t})$ kg CO_2 pr. GJ	$\log(O_{i,t}/E_{i,t})$ kr. pr GJ
$\log(p_{i,t}^{E})$	-1.943*** (0.401)	-0.618** (0.192)	-1.324*** (0.354)	0.631** (0.193)

Anm.: Ubalanceret data i perioden 2001-18. Regressioner inkluderer virksomhed og branche-år *fixed effects*. Alle monetære værdier er opgjort i faste 2010 priser. Tallene i parentes angiver standardfejl. Signifikansniveau: * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.
Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

Hvis energiprisen stiger med 1 pct., falder virksomhedens udledninger med 1,9 pct. Denne effekt skyldes et 0,6 pct. fald i energiforbruget og 1,3 pct. fald i udledninger pr. energienhed (udledningsfaktor). Lavere udledningsfaktor kan kun opnås gennem skifte til mindre udledende energikilder.

For at undersøge, om virksomheder med højere energiforbrug reagerer på højere energipriser anderledes i forhold til virksomheder med lavere energiforbrug, estimeres en specifikation med interaktionen mellem energiprisen og energiforbruget. Derfor tilføjes endnu en instrument til ligningen:

$$\tilde{z}_{i,t} = \log(z_{i,t}) \cdot \log(E_{i,0})$$

Hvor $\tilde{z}_{i,t}$ er interaktionen mellem det allerede anvendte instrument $z_{i,t} = \sum_{e \in E} s_{i,0}^{e} \cdot p_t^e$ og $E_{i,0}$ er virksomhedens energiforbrug i basisperioden.

Det betyder, at der estimeres to ligninger i first stage:

$$\log\left(p_{i,t}^{E}\right) = \beta \cdot \log(z_{i,t}) + \gamma \cdot \log(z_{i,t}) \cdot \log(E_{i,0}) + \varphi_i + \delta_{b,t} + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

$$\log\left(p_{i,t}^{E}\right) \cdot \log(E_{i,t}) = \beta \cdot \log(z_{i,t}) + \gamma \cdot \log(z_{i,t}) \cdot \log(E_{i,0}) + \varphi_i + \delta_{b,t} + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

Resultaterne indikerer, at begge instrumenter er signifikante og dermed kan bruges til at udlede årsagssammenhænge i second stage, jf. tabel 4. Bemærk, at alle observationer, hvor energiudgifter udgør mindre en 1 pct. af samlede materialeudgifter er ekskluderet fra estimationen.

Tabel 4. First stage estimater med interaktionseffekter

First stage	(1) $\log\left(p_{i,t}^{E}\right)$	(2) $\log\left(p_{i,t}^{E}\right) \cdot \log(E_{i,t})$
$\log(z_{i,t})$	-0.457***	-10.30***
	(0.113)	(1.310)
$\log(z_{i,t}) \cdot \log(E_{i,0})$	0.109***	1.615***
	(0.0114)	(0.132)
Observationer	11.054	11.054
F-statistik	339,8	244,2

Anm.: Ubalanceret data i perioden 2001-18. Regressioner inkluderer virksomhed og branche-år *fixed effects*. Alle monetære værdier er opgjort i faste 2010 priser. Observationer, hvor energiudgifter udgør mindre en 1 pct. af samlede materialeudgifter er ekskluderet fra estimeringen. Tallene i parentes angiver standardfejl. Signifikansniveau: * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.
Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

Resultaterne fra second stage viser, at der findes en negativ effekt af energiprisen på virksomhedens omsætning ved relativt højt energiforbrug, jf. tabel 5. Dette gælder observationer med energiforbruget i 90. percentil og højere. Derudover er der stadigvæk en høj og signifikant negativ effekt på udledningsintensiteten, som dog bliver mindre ved relativt højt energiforbrug.

Tabel 5. Second stage estimater med interaktionseffekter

Second stage	$\log(O_{i,t})$ kr.	$\log(U_{i,t}/O_{i,t})$ kg CO_2 pr. kr.
$\log(p_{i,t}^{E})$	0.840*	-2.931***
	(0.331)	(0.848)
$\log(p_{i,t}^{E}) \cdot \log(E_{i,t})$	-0.0714*	0.310***
	(0.0336)	(0.0860)

Anm.: Ubalanceret data i perioden 2001-18. Regressioner inkluderer virksomhed og branche-år *fixed effects*. Alle monetære værdier er opgjort i faste 2010 priser. Observationer, hvor energiudgifter udgør mindre en 1 pct. af samlede materialeudgifter er ekskluderet fra estimeringen. Tallene i parentes angiver standardfejl. Signifikansniveau: * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.
Kilde: Egne beregninger på baggrund af registerdata fra Danmarks Statistik.

6 Estimation af produktionsfunktioner på produktniveau

I afsnit III.4 beregnes prisovervæltning af stigende marginalomkostninger som følge af energiprisstigninger. Analysen starter med estimation af produktionsfunktioner på produktniveau. Her benyttes registerdata med industriens salg af varer og oplysninger fra regnskabsstatistikken. Efterfølgende beregnes marginalomkostninger og markupper på virksomhed-produkt-årstal niveau, hvilket giver de nødvendige elementer til at belyse prisovervæltning.

Den generelle metode er udformet af De Loecker mfl. (2016). Metoden bygger videre på De Loecker og Warzynski (2012), som blandt andet er blevet brugt i *Produktivitet, 2022*. Metoden til at estimere produktionsfunktioner har været brugt til andre formål på dansk data i Buus mfl. (2021). Dele af metoden har også været brugt i Hintermann mfl. (2020) til at estimere prisovervæltning for tyske fremstillingsvirksomheder. Det er tilgangen fra Hintermann mfl. (2020), der gøres brug af i nærværende kapitel.

At estimere produktionsfunktioner på produktniveau, frem for virksomhedsniveau, er en mere kompliceret proces. Den øgede kompleksitet har dog blandt andet følgende fordele:

- Den øgede disaggregering af produktionsprocesserne vil, alt andet lige, være med til at give et mere præcist billede af industrivirksomhederne. Flere virksomheder producerer forskellige produkter, hvorfor det ikke altid er meningsfyldt at beregne enhedspriser og marginalomkostninger på virksomhedsniveau.

- På produktniveau er det muligt at estimere produktionsfunktionerne i fysiske mængder, hvilket er med til at fjerne det klassiske prisbias.[1]

- Med baggrund i de beregnede markupper, er det muligt at beregne marginalomkostninger, da priserne observeres.

[1] Prisbias er et bias, der opstår, når man bruger omsætning som mål for produktion, da man ikke kan skille pris- og mængdeeffekt fra hinanden.

Det er særligt det sidste punkt, der er vigtigt i indeværende analyse, da det gør det muligt at beregne marginalomkostninger og dermed beregne prisovervæltning.

For virksomhed f, produkt p og år y kan produktionsfunktionen på produktniveau skrives som:

$$Q_{fpy} = F_p\left(L_{fpy}, K_{fpy}, M_{fpy}\right) \cdot \Omega_{fpy}$$

Hvor Q_{fpy} er fysisk produktion (f.eks. kg hvedemel), L_{fpy} er arbejdskraft (årsværk), K_{fpy} er kapital, M_{fpy} er materialer (inkl. energi) og Ω_{fpy} er totalfaktorproduktivitet. Ved at antage, at M_{fpy} er frit justerbart, medfører omkostningsminimering at:

$$MC_{fpy} = P_{fpy} \cdot \left(\theta_{fpy}^{M}\right)^{-1} \cdot \alpha_{fpy}^{M}$$

De marginale omkostninger kan således estimeres ved brug af salgspriser, P_{fpy}, der kan observeres i data, samt materialernes omkostningsandel α_{fpy}^{M} og produktionselasticiteten i forhold til materialer, θ_{fpy}^{M}. Det er standard i litteraturen at estimere produktionselasticiteten i forhold til materialer θ_{fpy}^{M} ved hjælp af produktionsfunktionsestimation. Det kræver dog yderligere antagelser at beregne materialernes omkostningsandel α_{fpy}^{M}, da den ikke observeres på produktniveau i data. I kapitlet anvendes omsætningsandele af de relevante produkter, jf. Hintermann mfl. (2020) og Foster mfl. (2008). Denne antagelse om, at omkostningsandele følger omsætningsandele er ikke uskyldig. Det kan eksempelvis være en problematisk antagelse, hvis en virksomheds produkter har meget forskellige markupper. I det tilfælde afspejler omsætningsandelene ikke omkostningsandelene og produkter med høje markupper vil blive tildelt for høje omkostningsandele, hvilket medfører at de beregnede markupper på produktet bliver for lave.

De Loecker mfl. (2016) anvender en anderledes tilgang, der ikke har samme problem. De estimerer kun produktionsfunktioner for enkeltvarevirksomheder og bruger estimaterne til at udlede materialernes omkostningsandel, α_{fpy}^{M}, for hvert produkt i flervarevirksomheder. Denne metode er anvendt som robusthed, men ændrer ikke resultaterne betydeligt, jf. tabel 3. Svagheden ved metoden er, at det kræver en antagelser om, at enkeltvarevirksomheder har samme teknologi som flervarevirksomheder. Desuden er der kun meget få enkeltvarevirksomheder at basere estimationen på. Derfor præsenteres denne metode som robusthed, mens antagelsen om at omkostningsandele følger omsætningsandele benyttes i hovedanalysen.

For at estimere θ_{fpy}^{M} skal parametrene i produktionsfunktionen F_p udledes. Estimationsligningen omskrives i log form:

$$q_{fpy} = f_p\left(\tilde{x}_{fpy};\, \beta\right) + A\left(v_{fpy}; \delta\right) + \omega_{fpy} + \varepsilon_{fpy},$$

hvor $\tilde{x}_{fpy}$ er en vektor med alle inputallokeringer på produktniveau, v_{fpy} er en vektor med ikke-observerbare inputpriser på produktniveau og ω_{fpy} er produktspecifik, ikke-observerbar produktivitet.

Inputpriser v_{fpy} findes ikke på produktniveau i data. Dette endogenitetsproblem er opfanget i $A(v_{fpy};\delta)$. De Loecker et al. (2016) løser problemet ved at antage, at variationen i inputpriser følger variationen i produktkvaliteten. Inputpriserne approksimeres således ved brug af en række proxy variable, der findes i data på produktniveau: enhedsprisen og dens kvadrat, markedsandelen og dens interaktion med enhedsprisen, produkt og mængdeenhed *fixed effects*.

Estimater af inputpriser v_{fpy} opdelt på virksomhed-produkt-årstal fås ved at lade f_p være en translog produktionsfunktion, da estimaterne således ikke kun afhænger af β, men også af den givne inputallokering.[2] På den måde kan produktionselasticiteterne θ_{fpy}^{M} udledes for hver kombination af virksomhed, produkt og år. Det vil derefter være muligt at beregne markupper og marginalomkostninger for hver virksomhed-produkt-år.

Med baggrund i de estimerede parametre udledes først markuppen:

$$\mu_{fpy} = \frac{\theta_{fpy}^{M}}{\alpha_{fpy}^{M}}$$

Med baggrund i de observerede priser og de beregnede markupper beregnes efterfølgende marginalomkostningerne på virksomheds-produkt-årsniveau:

$$mc_{fpy} = \frac{p_{fpy}}{\mu_{fpy}}$$

Hvor mc_{fpy} er marginalomkostningerne, p_{fpy} er enhedspriserne og μ_{fpy} er markupperne på virksomheds-produkt-årsniveau.

De gennemsnitlige elasticiteter i produktionsfunktionen indenfor brancher er opsummeret i tabel 6.

Materialeinput indgår i produktionsfunktionen med den gennemsnitlige elasticitet af 0,743; arbejdskraft med 0,223; kapital med 0,034. Det giver et skalaafkast på 1,000, dvs. der findes ikke nogle skalaeffekter i produktionsfunktionen. Det er dog vigtigt at påpege, at elasticiteterne adskiller sig på virksomhed-produkt-årstal niveau på grund af translog specifikation og de varierende inputallokeringer.

[2] Translog produktionsfunktion (i log form): $f_p(x_{fpy};\beta) = \beta_l l_{fpy} + \beta_{ll} l_{fpy}^2 + \beta_k k_{fpy} + \beta_{kk} k_{fpy}^2 + \beta_m m_{fpy} + \beta_{mm} m_{fpy}^2 + \beta_{lk} l_{fpy} k_{fpy} + \beta_{lm} l_{fpy} m_{fpy} + \beta_{mk} m_{fpy} k_{fpy}$.

Tabel 6. Estimering af produktionsfunktioner – hovedspecifikation

	Branche	Kapital	Arbejdskraft	Materialer	Skalaafkast
1	Føde-, drikke- og tobaksvareindustri	0,039	0,150	0,810	0,999
2	Tekstil- og læderindustri	0,016	0,185	0,802	1,002
3	Træ- og papirindustri	0,034	0,282	0,699	1,015
4	Trykkerier	0,045	0,346	0,602	0,992
5	Olieraffinaderier, plast- og gummiindustri	0,039	0,218	0,737	0,994
6	Kemisk og medicinalindustri	0,073	0,165	0,764	1,003
7	Glas-, betonindustri og fremstilling af metal	0,031	0,232	0,736	0,998
8	Metalvareindustri	0,031	0,294	0,667	0,993
9	Elektronikindustri	0,015	0,317	0,677	1,009
10	Fremstilling af elektrisk udstyr	0,023	0,288	0,689	1,000
11	Maskinindustri	0,026	0,245	0,731	1,002
12	Transportmiddelindustri	0,010	0,266	0,718	0,994
13	Møbelindustri	0,038	0,214	0,742	0,995
14	Anden industri	0,054	0,257	0,694	1,004
15	Reparation og installation af maskiner	0,032	0,325	0,643	1,000
	Gennemsnit	**0,034**	**0,223**	**0,743**	**1,000**

Resultaterne ændrer sig ikke synderligt, når der estimeres produktionsfunktioner pba. enkeltvarevirksomheder og disse benyttes til at udlede de optimale inputallokeringer, jf. tabel 7. Det estimerede skalaafkast er 0,991. Det betyder, at der fortsat ikke er nogle skalaeffekter i produktionsfunktionen. Materialeinput indgår i produktionsfunktionen med den gennemsnitlige elasticitet af 0,724; arbejdskraft med 0,230; kapital med 0,037.

Tabel 7. Estimering af produktionsfunktioner med en alternativ inputallokering

	Branche	Kapital	Arbejdskraft	Materialer	Skalaafkast
1	Føde-, drikke- og tobaksvareindustri	0,019	0,186	0,747	0,952
2	Tekstil- og læderindustri	0,029	0,113	0,858	1,000
3	Træ- og papirindustri	0,012	0,318	0,671	1,001
4	Trykkerier	0,025	0,272	0,678	0,974
5	Olieraffinaderier, plast- og gummiindustri	0,070	0,226	0,704	0,999
6	Kemisk og medicinalindustri	0,148	0,250	0,671	1,069
7	Glas-, betonindustri og fremstilling af metal	0,045	0,237	0,718	1,000
8	Metalvareindustri	0,041	0,291	0,668	1,000
9	Elektronikindustri	0,029	0,276	0,693	0,999
10	Fremstilling af elektrisk udstyr	0,020	0,273	0,699	0,992
11	Maskinindustri	0,032	0,271	0,703	1,006
12	Transportmiddelindustri	0,015	0,284	0,728	1,027
13	Møbelindustri	0,007	0,243	0,722	0,972
14	Anden industri	0,041	0,262	0,700	1,002
15	Reparation og installation af maskiner	0,017	0,293	0,686	0,996
	Gennemsnit	**0,037**	**0,230**	**0,724**	**0,991**

7 Litteratur

Buus, M.T., J.R. Munch, J.B. Rodrigue og G. Schaur (2021): Do export support programs affect prices, quality, markups and marginal costs? Evidence from a natural policy experiment. Arbejdspapir. Udkommer i: *The Review of Economics and Statistics.*

De Loecker, J. og F. Warzynski (2012): Markups and Firm-Level Exports Status, *American Economic Review*, 102 (6), s. 2437-2471.

De Loecker, J., P.K. Goldberg, A.K. Khandelwal og N. Pavcnik (2016): Prices, Markups, and Trade Reform, *Econometrica*, 84 (2), s. 445-510.

De Økonomiske Råds formandskab (2021): *Økonomi og Miljø, 2021.*

De Økonomiske Råds formandskab (2022): *Produktivitet, 2022.*

Foster, L., J.C. Haltiwanger og C. Syverson (2008): Reallocation, firm turnover, and efficiency: Selection on productivity or profitability? *American Economic Review*, 98 (1), s. 394–425.

Hintermann, B., M. Zarkovic, C. Di Maria og U.J. Wagner (2020): The effect of climate policy on productivity and cost pass-through in the German manufacturing sector. WWZ Working Paper 2020/11.