

DREAM

Danish Research institute for
Economic Analysis and Modelling



Lækage i GrønREFORM

Overordnede resultater

Ulrik Beck og Gustav Elias Dahl

Baggrundsnotat

25. august 2021

www.dreamgruppen.dk

1. Indledning

I dette notat beskriver vi de første lækageresultater fra GrønREFORM. Den overordnede metode til beregning af lækage er beskrevet i notatet "[Carbon leakage in GreenREFORM](#)".

De præsenterede stød tager udgangspunkt i den nuværende model af GrønREFORM. Selvom lækagemodulet er stort set færdigudviklet forventer vi at lækageresultaterne stadig kan ændre sig efterhånden som GrønREFORM udvikles. Der er særligt tre forhold, der kan have betydning for ændring i import og eksport, og dermed for lækageeffekternes størrelse:

1. **Opdaterede elasticiteter.** Der pågår et arbejde for at estimere produktionsfunktionernes elasticiteter. Det vil påvirke virksomhedernes omkostninger ved en afgift. Det er uvist hvilken retning dette vil påvirke lækagen.
2. **Integration af teknologikataloger** vil gøre det billigere for virksomheder at reducere deres udledninger uden at øge priserne. Det vil reducere import- og eksportreaktioner som følge af fx en afgift.
3. **Integration med forsyningsmodellen:** I den anvendte model er forsyningsmodellen endnu ikke koblet på. Når dette sker vil ændringer i import og eksport af el blive overtaget af forsyningsmodellen. Dette vil formentlig øge import- og eksportændringer i elektricitetsforsyningen, men det vides endnu ikke med sikkerhed.

I tillæg til disse udeståender er der to primære udfordringer med metoden:

1. **Størrelsen af lækage gennem EU-ETS:** DØRS' seneste rapport (2021) bruger en EU-ETS lækagerate på 20%. Dette er dog baseret på en antagelse om en midlertidig reduktion i kvoteefterspørgslen. For et permanent stød vurderes DØRS (2019) at give et mere retvisende bud på lækageraten. Lækageraten i DØRS (2019) var 80%.
2. **Forskelle i sammensætning af danske og udenlandske brancher:** De aggregerede brancher har en underlæggende sammensætning, som kan være forskellig mellem Danmark og udlandet. Eksempelvis består den danske GTAP-branche for produktion af ikke-metalliske mineraler næsten udelukkende af CO₂e-intensiv cementproduktion. Den samme branche i andre lande vil typisk være sammensat af store dele anden mindre CO₂e-intensiv produktion af forskellige ikke-metalliske mineraler. Det er formentlig realistisk, at dansk cementproduktion erstattes med udenlandsk cementproduktion frem for udenlands produktion af alle mulige forskellige ikke-metalliske mineraler. Hvis der ikke tages højde for dette, undervurderes lækageeffekten af en reduktion i dansk cementproduktion.

I de viste beregninger er EU-ETS-lækagen antaget at være 83%. I beregningerne i dette notat er lækageeffekten henlagt til samme år, som reduktion i Danmark finder sted. Der udestår endnu et arbejde med at bestemme timingen af disse udledninger: Det er sandsynligt, at en reduktion i dansk kvoteefterspørgsel i år 2022 giver merudledninger i udlandet i et senere år år 2040. Peter Kjær Kruse-Andersen vil efter sommerferien foretage kørsler på DØRS' (og Peters og Ulriks) kvotemodeller for blive klogere på timingen af de udenlandske udledninger.

For at vurdere størrelsesordenen af branche-sammensætningseffekten har vi sammenlignet CO₂e-intensiteten i de danske brancher med deres udenlandske modparter. Endvidere har vi forsøgt at kombinere GrønREFORM-databasen og GTAP-databasen for at vurdere om det er rimeligt at antage, at udlandets branche er nogenlunde sammensat på samme måde som den danske. Denne analyse findes i afsnit 3. Denne analyse, kombineret med analysen i afsnit

2, kan forhåbentligt bruges til en vurdering af hvor der er behov for at erstatte lækagekoefficienterne beregnet på GTAP med alternative bud på lækagens størrelsesorden.

2. Lækagerater i GrønREFORM

Lækageraten beregnes på baggrund af et policystød, hvorefter de beregnes efter formen:

$$\alpha = -\frac{\Delta GHG^{ROW}}{\Delta GHG^{DK}}$$

ΔGHG^{DK} og ΔGHG^{ROW} er ændringer i indlandets og udlandets udledninger som følge af støddet. Ændringer i udlandets udledninger beregnes med faste koefficienter på baggrund af ændringer i Danmarks import og eksport, samt forbruget af ETS-kvoter, jf. DREAM (2021):

$$\Delta GHG^{ROW} = \sum_{j,i} (L_{j,i} \cdot \Delta q_{j,i}^{DK}) + (1 - L_{EU}^{ETS}) \cdot (L_{DK}^{ETS} \cdot \Delta ETS^{DK})$$

, hvor $\Delta q_{j,i}^{DK}$ er ændringen i import og eksport i branche i , ΔETS^{DK} er ændringen i det danske ETS-kvoteforbrug, og $L_{j,i}$, L_{EU}^{ETS} og L_{DK}^{ETS} er faste lækagekoefficienter. Koefficienterne $L_{j,i}$ udtrykker lækagen, når importen/eksporten stiger med én enhed i branche i . L_{DK}^{ETS} udtrykker forøgelsen i udlandets ETS-udledninger, når Danmarks forbrug af ETS-kvoter falder med én enhed. Denne er som beskrevet i introduktionen sat til 83%. L_{EU}^{ETS} udtrykker reduktionen i udlandets ikke-ETS-udledninger som følge af en stigning i EU-ETS-udledningerne (fx som følge af stigninger i brændselspriser). Denne er sat til 13%.

2.1 Overordnet lækagerate

Konkret betragter vi lækageraten ved pålægningen af en uniform CO₂e-afgift på 1250 kr. pr. ton CO₂e. Alle eksisterende afgifter holdes uændret. Afgiften omfatter både energi- og ikke-energirelaterede udledninger, og indfases i perioden 2023-2030.

Den samlede lækagerate ved dette stød er 31% i 2030. Lækageraten vil afhænge af stødets konkrete udformning.

2.2 Branchespecifikke lækagerater

Dette afsnit beskriver, hvordan branchespecifikke lækagerater estimeres i GrønREFORM. Lækagerater estimeres på baggrund af policy stød, hvorefter de beregnes efter formen:

$$\alpha_s = -\frac{\Delta GHG^{ROW}}{\Delta GHG^{DK}}$$

α_s er lækageraten for branche s . For at estimere lækageraten for en enkelt branche pålægges en CO₂e-afgift på 1250 kr. pr. ton CO₂e. på den pågældende branche. Alle eksisterende afgifter holdes uændret. Dette stød beregnes for hver af GrønREFORM-brancherne, hvorefter lækageraterne beregnes. Man støder således til en enkelt branche, men beregner effekten på den samlede økonomi.

For de fleste brancher er effekterne på udlandets udledninger meget små, når de beregnes med denne metode (mindre end 10 kt CO₂e). Det skyldes, at der er to modsatrettede effekter:

Den direkte lækageeffekt opstår, idet afgiften fører til en reduktion produktionen i den branche hvor afgiften pålægges. Det fører (i reglen) til en øget import og reduceret eksport, hvilket giver en merudledning i udlandet.

Generelle ligevægtseffekter giver en modsatrettet effekt, som skyldes, at afgiften giver anledning til et fald i ligevægtsprisen samt i lønnen i de øvrige brancher. Det fører til øget produktion i de øvrige brancher. Dermed falder importen, mens eksporten stiger i de øvrige brancher, hvilket giver en negativ lækageeffekt.

I mange tilfælde dominerer ligevægtseffekterne, således at lækageraten bliver negativ. Dog er størrelsesordenen på den samlede lækage typisk lille i sådanne tilfælde, fordi disse brancher netop ikke er særligt CO₂e-intensive.

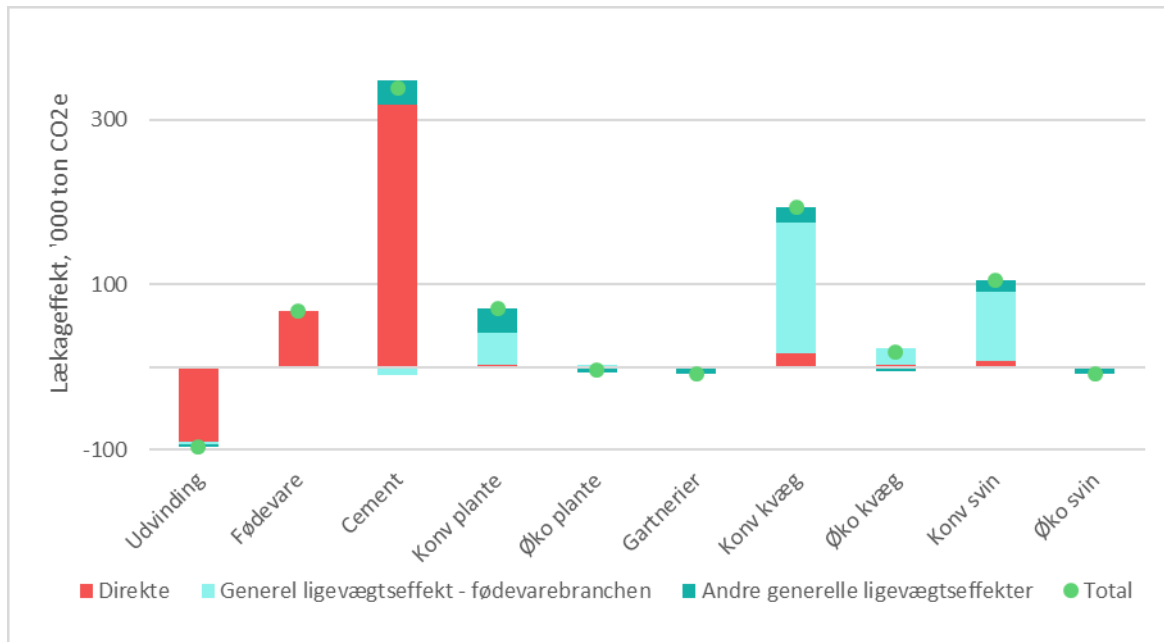
De generelle ligevægtseffekter er anderledes, når afgiften pålægges alle brancher samtidigt som i afsnit 3.1, idet arbejdskraft ikke kan flytte til andre brancher, som er fritaget for afgift. Forskellen i effekterne kan illustreres ved at summere lækageeffekterne fra alle branchespecifikke stød. Det giver en total lækagerate på 9%. Dette skal sammenholdes med en lækagerate på 31%, når afgiften lægges på alle brancher samtidigt. Generelle ligevægtseffekter i modellen har således stor betydning for de estimerede lækagerater.

I figur 2.1 og 2.2 er lækageeffekterne for alle modellens brancher illustreret. Særligt i figur 2.2 ses det, hvordan de generelle ligevægtseffekter dominerer, for de brancher, hvor de direkte effekter er små.

For landbrugsbrancherne i figur 2.1 går en stor del af lækageeffekten gennem generelle ligevægtseffekter i fødevarerbranchen. Mekanismen er, at en stor del af landbrugsbranchernes output indgår som input i fødevarerbranchen, hvorefter det eksporteres. Det betyder, at en stor del af lækageeffekten kommer gennem reduceret eksport af fødevarer. Dette afspejler sådan set virkeligheden fint nok, men GrønREFORM-modellens struktur og GTAP-modellens struktur betyder, at det alligevel kan føre til en undervurdering af lækageraterne fra landbruget. Det skyldes, at fødevarerbranchen bruger inputs fra andre brancher, herunder landbrugsbrancherne, i et fast forhold. Fødevarerbranchens produktpris stiger derfor forholdsmæssigt ift. hvor stor en andel som en given landbrugsbranche udgør af fødevarerbranchens samlede inputs. I praksis kan man forestille sig, at en given fødevarer stiger mere i pris end dette, når landbrugsinputtet stiger, da mange fødevarer ikke er en blanding af alle mulige forskellige fødevarer.

Figur 2.1

Lækageeffekter opdelt på direkte effekter og generelle ligevægtseffekter – brancher med store effekter

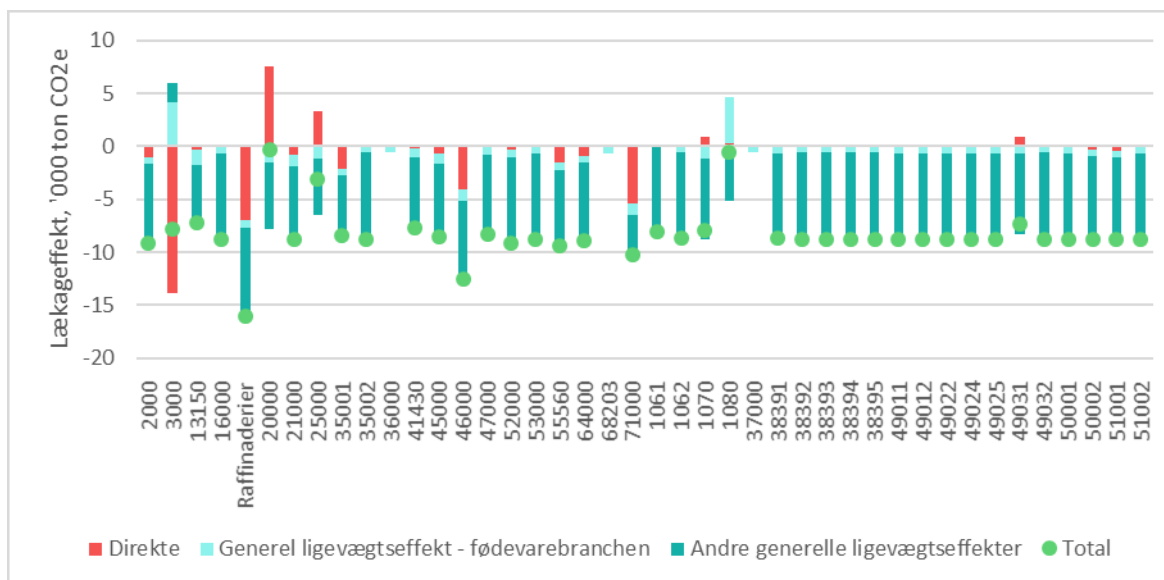


Anm.: Lækageraterne er beregnet for året 2030. Brancheangivelserne ud af x-aksen angiver hvilken branche der er blevet afgiftspålagt.

Kilde: Egne beregninger.

Figur 2.2

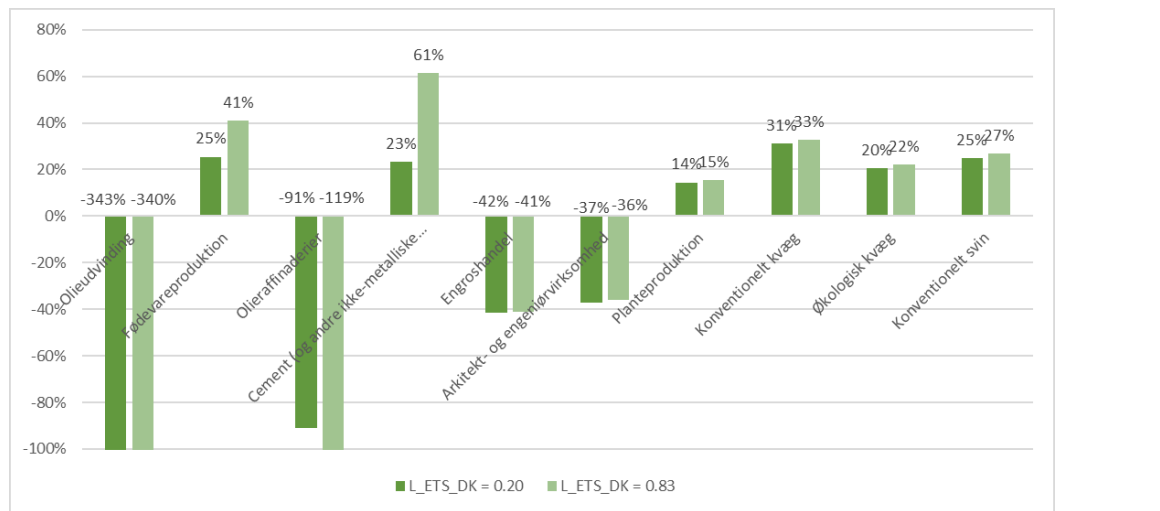
Lækageeffekter opdelt på direkte effekter og generelle ligevægtseffekter – brancher med små effekter



Anm.: Lækageraterne er beregnet for året 2030. Brancheangivelserne ud af x-aksen angiver hvilken branche der er blevet afgiftspålagt.
Kilde: Egne beregninger.

I figur 2.3 illustreres de branchespecifikke lækagerater, hvor lækageeffekterne er større end 10 kt CO₂e. Som beskrevet i afsnit 1 er der usikkerhed om lækagen gennem EU's kvotesystem. Nedenfor ses de estimerede lækagerater for udvalgte brancher, hvor $L_{DK}^{ETS} = 0.20$ og $L_{DK}^{ETS} = 0.83$, jf. hhv. DØRS (2021) og DØRS (2019):

Figur 2.3
Lækagerater for brancher med betydelige lækageeffekter.



Anm.: Lækageraterne er beregnet for året 2030.
Kilde: Egne beregninger.

Det er relativt få brancher, der har betydelige lækagerater. Olieudvinding og olieraffinaderier har negative lækagerater, fordi afgiften øger den danske eksportpris, hvilket reducerer udledningerne i udlandet. For raffinaderierne er de samlede lækageeffekter dog små, jf. figur 2.2. Engroshandel og service til produktion har negative lækagerater fordi de generelle ligevægtseffekter dominerer de direkte lækageeffekter. Disse brancher er netop karakteriseret ved, at de er meget lidt CO₂-intensive (så den direkte lækageeffekt er lille), men brancherne overordnet set er af betydelig størrelse (så de generelle ligevægtseffekter er relativt store).

3. Mekaniske lækagerater

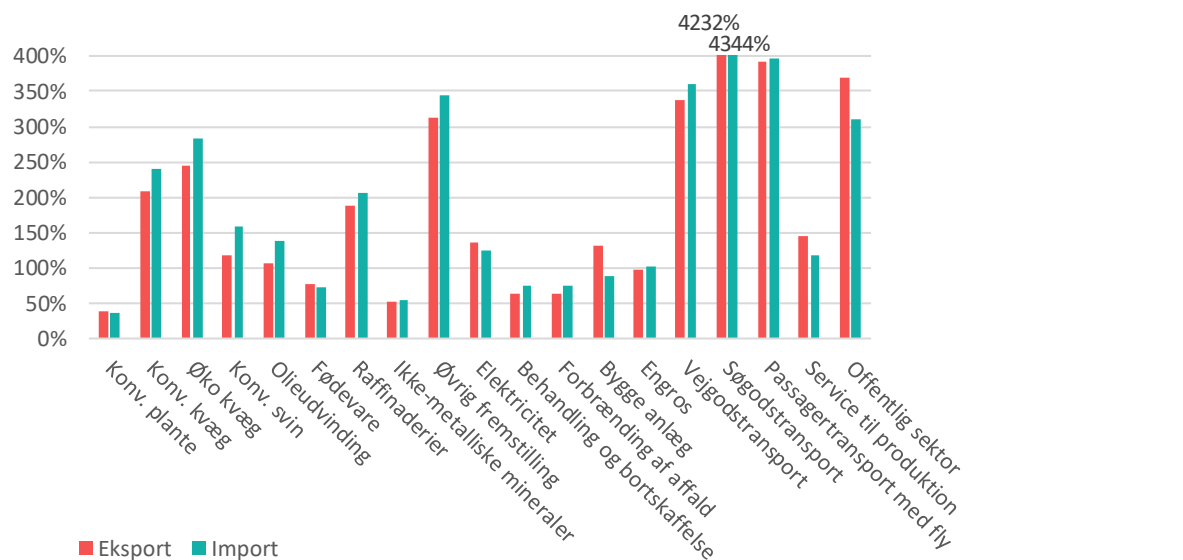
I dette afsnit har vi foretaget en analyse, hvor vi forsøger at sammenligne CO₂-intensiteten i danske brancher med et handelsvægtet gennemsnit af deres udenlandske modpart.

En måde at betragte resultaterne i dette afsnit på er, at de forsøger at svare på spørgsmålet: Hvis dansk produktion i branche *i* reduceres og opvejes 1:1 af øget produktion i udlandet, hvad siger GTAP og GrønREFORM-databaserne så der sker med de globale udledninger? Hvis den udenlandske branche *i* har samme CO₂e-intensitet som den danske sker der intet, svarende til en lækagerate på 100%. Hvis den udenlandske branche har en højere CO₂e-intensitet end den danske branche, vil den mekaniske lækagerate være over 100%. Det er af denne årsag, at vi kalder resultaterne for "mekaniske lækagerater".

I praksis er der mange lande, der hver har sin "udenlandske branche". Disse er vejlet sammen til en enkelt udenlandsk branche med vægt efter, hvor stor en del af handlen med Danmark i den pågældende branche, som de udgør. En mere teknisk beskrivelse af metoden kan findes i afsnit 3.1.

Resultaterne for brancher, der udgør mere end 1% af de danske udledninger, er vist i figur 3.1.

Figur 3.1
Mekaniske lækagerater



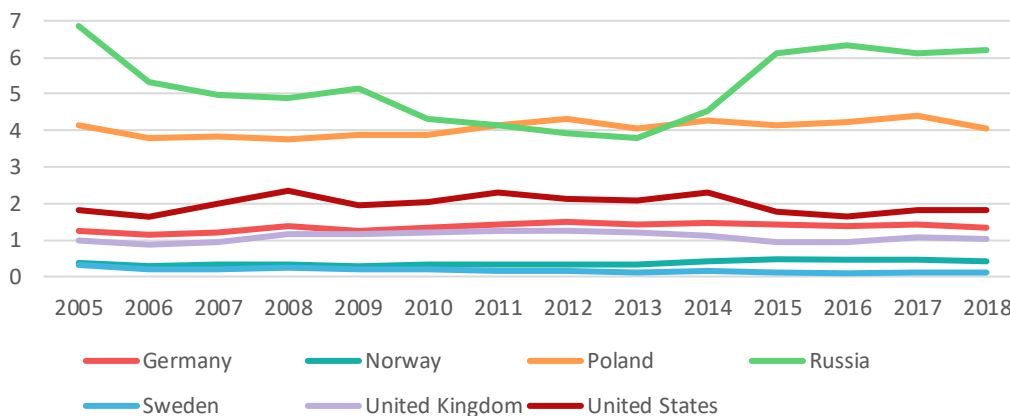
Anm.: Figuren viser lækagerater for brancher hvis udledninger udgør mere end 1% af de samlede danske udledninger
Kilde: Egne beregninger

Der er flere ting der er værd at bemærke i figur 3.1:

- Konventionel planteproduktion er *mindre* CO₂e-intensiv i udlandet end i Danmark. Dette forhold blev også bemærket i DØRS (2021). Omvendt er kvægproduktion *mere* CO₂e-intensiv i udlandet end i Danmark.

- Branchen "ikke-metalliske mineraler" inkluderer cementproduktion, og en stor del af udledningerne i den danske branche stammer fra netop Aalborg Portland. Når den mekaniske lækagerate for denne branche er omkring 50% skyldes det sandsynligvis de sammenlægnings effekter der blev beskrevet i afsnit 1
- For transport (og særligt søtransport) er den foretagne beregning behæftet med en fejl, idet kun territoriale udledninger er medregnet i den danske CO₂-intensitet, hvilket giver en lav CO₂-intensitet for den danske branche. Det medfører, at den mekaniske lækagerate ser urealistisk høj ud. Denne udfordring gør sig ikke gældende når lækage beregnes i GrønREFORM.
- Der er generelt store udsving i de mekaniske lækagerater. En lækagerate på fx 2 er i sig selv bemærkelsesværdig: Det betyder, at udlandets produktion er dobbelt så CO₂e-intensiv som den danske produktion. Der er to forklaringer på dette:
 - For det første er en stor del af dansk produktion elektrificeret. I beregningerne af den mekaniske lækagerate er kun de direkte udledninger fra produktionen medregnet. Det vil sige, at hvis en øget dansk produktion trækker på elektricitetsgenerering, er udledningerne ved produktion af elektricitet ikke inkluderet. Disse generelle ligevægtseffekter er imidlertid medregnet i GrønREFORM's lækagemodul, som er anvendt til beregningerne i sektion 2.
 - For det andet er der vitterligt store forskelle på CO₂e-intensitet på tværs af lande. Dette er illustreret på makroplan i figur 3.2.

Figur 3.2
CO₂e-intensitet relativt til Danmark



Anm.: CO₂e-intensitet er opgjort som udledninger pr BNP. 1 i figuren betyder at landet har samme intensitet som i Danmark, >1 svarer til højere CO₂e-intensitet end i Danmark

Kilde: World Resource Institute (wri.org).

3.1 Teknisk beskrivelse af mekaniske lækagerater

Dette afsnit indeholder en mere teknisk beskrivelse af hvordan de mekaniske lækagerater er beregnet, og kan skippes hvis man ikke er interesseret i dette.

Lækageraten er givet som:

$$\beta = -\frac{\Delta GHG^{RoW}}{\Delta GHG^{DK}}$$

Når vi ser bort fra substitution, kan den formuleres som ændringer i output og (konstante) drivhusgas-intensiteter:

$$\beta = -\frac{\Delta Y^{RoW} * \left(\frac{GHG}{Y}\right)^{RoW}}{\Delta Y^{DK} * \left(\frac{GHG}{Y}\right)^{DK}}$$

Antag nu at produktionsændringen i DK opvejes af produktionsstigning i udlandet 1:1:
 $\Delta Y^{RoW} = -\Delta Y^{DK}$:

$$\beta = \frac{\left(\frac{GHG}{Y}\right)^{RoW}}{\left(\frac{GHG}{Y}\right)^{DK}}$$

Altså svarer lækageraten til de relative CO₂-intensiteter i dansk og udenlandsk produktion.

Nu er der ikke kun en branche i GTAP, men forskellige brancher i , som tilsammen giver den samlede produktion $Y = \sum_i Y_i$. Dvs. at udledningsændringerne kommer fra ændringer i alle brancher, og produktionen af hver vare har sin egen drivhusgasintensitet. Det bliver hurtigt noget rod, når vi analytisk forsøger at reducere i udtrykket for en lækagerate for hele økonomien, men vi kan nemt beregne lækageraten, når vi kun ændrer produktionen i en enkelt branche, og antager at $\Delta Y_i^{RoW} = -\Delta Y_i^{DK}$:

$$\beta_i = -\frac{\Delta Y_i^{RoW} * \left(\frac{GHG}{Y}\right)^{RoW,i}}{\Delta Y_i^{DK} * \left(\frac{GHG}{Y}\right)^{DK,i}} = \frac{\left(\frac{GHG}{Y}\right)^{RoW,i}}{\left(\frac{GHG}{Y}\right)^{DK,i}}$$

I det følgende undertrykker vi fodtegnet i , men antager, at alle ændringer finder sted i en enkelt branche (dvs. for en enkelt vare) og alle andre branchers produktion i ind- og udland er konstante.

Nu er der i GTAP-databasen ikke et enkelt udland, men mange regioner, r . Dvs. at ændringen i udlandets udledninger kan skrives som summen af ændringer i disse regioner:

$$\Delta GHG^{RoW} = \sum_r \Delta Y^r * \left(\frac{GHG}{Y}\right)^r$$

Antag endvidere, at DK importerer og eksporterer en fast andel af sine produkter til region r :

$$\theta_{import}^r = \frac{Y_{import \text{ fra DK}}^r}{Y_{samlet \text{ eksport}}^{DK}}$$

$$\theta_{eksport}^r = \frac{Y_{eksport \text{ til DK}}^r}{Y_{samlet \text{ import}}^{DK}}$$

Efterfølgende undertrykkes import/eksport fodtegnet, hvorfor nedenstående repræsenterer lækagerater for enten import eller eksport.

Så når den danske produktion opvejes 1:1 af det samlede udland, er konsekvensen i region r :

$$\Delta Y^r = -(\theta^r * \Delta Y^{DK})$$

Så den samlede lækagerate er:

$$\beta = \frac{\sum_r \left[\Delta Y^{DK} * \theta^r \left(\frac{GHG}{Y} \right)^r \right]}{\Delta Y^{DK} * \left(\frac{GHG}{Y} \right)^{DK}} = \frac{\sum_r \left[\theta^r \left(\frac{GHG}{Y} \right)^r \right]}{\left(\frac{GHG}{Y} \right)^{DK}}$$

Det er dette udtryk, der er brugt til at beregne mekaniske lækagerater. Konkret er θ^r og $\left(\frac{GHG}{Y} \right)^r$ beregnet vha. GTAP-databasen, mens $\left(\frac{GHG}{Y} \right)^{DK}$ er beregnet vha. GrønREFORMs database. Endeligt er der skelnet mellem lækagerater for import og eksport i beregningen af θ^r , som beskrevet ovenfor.

Referencer:

DREAM (2021). Carbon leakage in GreenREFORM. URL: <https://dreamgruppen.dk/publikationer/2021/maj/carbon-leakage-in-greenreform/>

DØRS (2021). Foreløbigt baggrundsnotat, De Økonomiske Råds Sekretariat.

DØRS (2019). Økonomi og Miljø 2019, Lækage af drivhusgasudledninger og dansk klimapolitik. De Økonomiske Råd