



Danmarks Globale Klimapåvirkning - Global Afrapportering 2024 (GA24): Eludveksling

Kontor/afdeling
Systemanalyse & Innovation

Dato
29-04-2024

Baggrundsnotat nr. 7b

Indholdsfortegnelse

1	Rammesætning.....	2
2	Hovedresultater.....	4
2.1	Dansk eludveksling og beregningstekniske emissioner i udlandet.....	5
2.2	Import og eksport af el fra og til udlandet.....	8
2.3	Effekten ved en yderligere elimport eller –eksport i Danmark.....	9
3	Metode og antagelser.....	10
3.1	Metodebeskrivelse.....	16
3.2	Metodebeskrivelse – fremskrivningsår.....	16
3.3	Værktøjer/modeller.....	17
3.4	Overordnede forudsætninger og afgrænsninger.....	17
3.5	Primære datakilder.....	18
3.6	Overlap med andre dele af GA24.....	19
4	Resultater og analyse.....	20
4.1	Dansk eludveksling og beregningstekniske emissioner.....	21
4.2	Elimport og –eksport i Danmark – samspil med udlandet.....	25
4.3	Effekten ved yderligere dansk eleksport fra vedvarende energi.....	30
4.4	Energier.....	32
4.5	Sammenligning af resultater med sidste års globale afrapportering.....	33
5	Kvalificering.....	35
5.1	Usikkerheder.....	35
5.2	Følsomhedsanalyser.....	37
5.3	Perspektivering.....	37
6	Kilder.....	38
7	Bilag.....	39

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

T: +45 3392 6700
E: ens@ens.dk

www.ens.dk

1 Rammesætning

Den globale afrapportering skal – ifølge klimaloven – synliggøre Danmarks globale påvirkning af klimaet både positivt og negativt (KEFM, 2020a). Danmarks globale klimapåvirkning - Global afrapportering 2024 (GA24) fokuserer på de emissioner, der ikke knytter sig til det nationale drivhusgasudledningsregnskab for Danmark, men som alligevel påvirkes af danske aktiviteter, herunder forbrug og produktion¹. Af bemærkningerne til klimaloven fremgår det, at den globale afrapportering skal belyse de globale effekter af eksport fra VE. Dette notat omhandler de udenlandske emissioner, der knytter sig til dansk elimport og -eksport.

Danmarks eludveksling påvirker de globale udledninger fra elproduktion

El er en vare, der af natur kræver, at produktion og forbrug til enhver tid er i balance. Denne balance opnås på tværs af landegrænser via elsystemet. Når der i Danmark ikke er balance mellem elproduktion og –forbrug, bruges elsystemet således til at sikre balancen ved at transportere el på tværs af landegrænser. Danmark har en række elforbindelser til udlandet (se figur 1), som anvendes til elimport og –eksport, hvilket er afgørende for at sikre balancen mellem forsyning og forbrug – både i Danmark og udlandet.

Figur 1: I dag har Danmark direkte elforbindelser til Tyskland (DE), Nederlandene (NL), Norge (NO) og Sverige (SE). Derudover er "Viking link", som vil skabe elforbindelse til Storbritannien (UK), i drift fra og med 2024



Kilde: Energistyrelsen

¹ Emissioner, der knytter sig til det nationale drivhusgasudledningsregnskab for Danmark opgøres hvert år i Danmarks klimastatus og –fremskrivning: (ENS, 2024a)



Når der importeres el til at dække et indenlandsk elforbrug, så reducerer dette det respektive lands territoriale udledninger, fordi produktionen sker i et andet land. Den omvendte situation gør sig gældende ved eksport. Når Danmark eksporterer el fra fx havvindmøller, kan det reducere elproduktionen på kulkraft i Tyskland, hvilket vil reducere udledningerne i Tyskland.

Notatet omhandler effekten på både danske og udenlandske udledninger

Udledninger fra dansk elproduktion er afrapporteret i Danmarks Klimastatus og – fremskrivning (KF). Dette baggrundsnotat til GA24 forholder sig til udledninger knyttet til eludveksling mellem Danmark og udlandet. GA24's fremskrivning af elmarkedet bruges der samme fremskrivning som KF24. Udledninger på dansk jord ifm. dansk eksport indgår således som i et balanceregnskab mellem import og eksport.

Energiøerne indgår ikke

I *Klimaaf tale for energi og industri* (KEFM, 2020b) indgår etablering af bl.a. to energiøer, hhv. Energiø Nordsøen og Energiø Bornholm med en samlet elkapacitet på 6 GW i første fase. Hverken Energiø Nordsø eller Energiø Bornholm indgår dog i KF24, som betyder, at de heller ikke indgår i GA24's grundforløb. Grunden er, at Energiøen i Nordsøen anses på nuværende tidspunkt stadig for at være i planlægningsfasen, og der foreligger ikke endelig aftale omkring etablering (ENS, 2024a). For Energiø Bornholm er grunden, at aftalen om støtteloftet som ligger under det estimerede støttebehov. Aftalen om *Udvikling og fremme af brint og grønne brændstoffer* (KEFM, 2022) indgår i KF24's fremskrivning og GA24's grundforløb.

Notatet baserer sig på to forskellige metoder

Balancemetoden opgør den samlede udledning knyttet til eludveksling mellem lande. Balancemetoden er en beregningsteknisk metode til at afrapportere udledninger knyttet til eludveksling mellem Danmark og udlandet baseret på de gennemsnitlige udledninger i det enkelte lands elproduktion. I GA24 er metoden ikke revideret i forhold til GA23.

Marginalmetoden opgør effekten af en fremtidig ændring i dansk elhandel på udlandets udledninger. Metoden giver ikke en samlet effekt af dansk eludveksling, men ser på effekten af en ændring (fx en mindre forøgelse af dansk elproduktion).

Notatet dækker over status for historiske år, men anvender i tillæg fremskrivningen af elproduktion og –forbrug i KF24, som en indikation på den fremtidige påvirkning af udlandets udledninger knyttet til dansk eludveksling. Notatet gennemgår først analysens hovedresultater, hvorefter der redegøres for metoden. Herefter udfoldes resultater og analyser inden usikkerheder og perspektivering dækkes under afsnittet om kvalificering.

Baggrundsnotatet er udarbejdet af Energistyrelsen.



2 Hovedresultater

I dette afsnit vil de væsentlige hovedpointer fra afsnit 4. Analyse og resultater blive fremhævet.

- I 2020-2022 har Danmark haft mere elimport end eleksport, og denne nettoimport har svaret til mellem 4 og 22 pct., af det indenlandske elforbrug².
- Opgjort time for time har dansk import af el udledt mellem 0,9 og 0.6 mio. ton CO₂e årligt i udlandet for at dække dansk elforbrug i perioden 2020-2022.
- I samme periode har eludveksling med Danmark medført en påvirkning på udlandets udledninger med 0,7 til -0,4 mio. tons CO₂e.
- Fremskrivningen viser, at dansk eleksport stiger i løbet af indeværende årti, at Danmark bliver nettoeksportør, og at VE-andelen i eksporten stiger og nærmer sig 100 pct.
- Fremskrivningen indikerer også, at hvis der ses isoleret på udlandets territoriale udledninger, så er dansk elhandel med udlandet en klimamæssig gevinst. Udlandet modtager meget el og den el udlandet eksporterer til Danmark er mere grøn end det elmiks udlandet har, når udlandet importerer fra Danmark.
- Danmark har de sidste 3 år hovedsageligt importeret el fra Norge og Sverige og på tidspunkter, hvor disse landes el hovedsageligt var produceret af vandkraft. Fremadrettet vil import fra Storbritannien få en stigende rolle og det gælder også vindkraft fra alle Danmarks elhandelspartnere.
- Danmark eksporterede i 2022 hovedsageligt el til Tyskland og Norge og på tidspunkter, hvor dansk elproduktion havde en høj andel af vindkraft.
- Hvis Danmark øger sin eleksport set i forhold til KF24, så estimeres det – alt andet lige – at medføre reduktion i udlandets emissioner, idet udlandet, herunder særligt Tyskland, i fremskrivningen forsat gør brug af gas til elproduktion.
- Modsat vil en øget dansk elimport medføre yderligere emissioner i udlandet pga. merproduktion til at dække dansk elforbrug. Udlandets gennemsnitlige emissionsfaktor falder dog kraftigt de næste 10 år fordi elproduktionen fortsætter med at overgå til vedvarende energikilder.

I de efterfølgende afsnit præsenteres hovedresultaterne nærmere.

- Afrapportering af historiske år (2020-2022) skal ses som en beregningsteknisk gennemsnitsbetragtning for, hvordan dansk eludveksling har påvirket udledninger såvel i Danmark som i udlandet.

² Indenlandsk elforbrug opgjort jf. Energistatistik 2022 (ENS, 2023)



- Afrapporteringen for den fremskrevne periode efter 2022 skal anses som et pejlemærke for udviklingen i dansk eludveksling. Det skyldes, at resultaterne er baseret på modellsimulationer frem til 2035 med samme forudsætninger som i KF24.

2.1 Dansk eludveksling og beregningstekniske emissioner i udlandet

Hovedresultater for de tre historiske år 2020-2022

Nettoelimporten, dvs. årets elimport fratrukket elekporten, er på ca. 1.4 TWh i 2022, hvilket svarer til ca. 14 pct. af det indenlandske elforbrug. Da eludvekslingen kan svinge meget i enkeltår, er det relevant at se på flere historiske år. I perioden 2020-2022 har Danmarks nettoelimport dækket mellem 4-22 pct. (gns. 14 pct.) af det indenlandske elforbrug i de tre år.

I 2022 har det danske elsystem, for at dække det danske elforbrug, importeret mere el, end der er eksporteret. Det kan med udgangspunkt i udlandets gennemsnitlige emissioner ved hhv. import til og eksport fra Danmark beregningsteknisk siges at Danmark har medvirket til emissioner svarende til ca. 0,2 mio. ton CO_{2e} per år i gennemsnit i perioden 2020-2022, jf. tabel 1. Det bemærkes, at importen i 2022 er lavere end i 2021. Dette skyldes, at der har været et fald i import fra vandkraft fra Norge og Sverige. Samtidig er elekporten steget sammenlignet med tidligere år. I 2022 har der været en større eksport af dansk el når den danske produktion var baseret på kul, olie og gas.

Det skal bemærkes, at 2020 var et særligt år, da der var tale om overskud i vandreservoirerne pga. en mild vinter i 2020/21 og store mængder sne i vinteren 2019/20³, hvilket har givet anledning til øget elproduktion på vandkraft i Norge og Sverige, som bl.a. har medført højere dansk elimport.

Tabel 1 afrapporterer nøgletal for emissioner knyttet til dansk eludveksling og VE-andele i elekporten. Tabellen omfatter også elimport og -eksport (TWh) og Danmarks og udlandets gennemsnitlige emissionsfaktorer (g CO_{2e}/kWh), der danner baggrunden for nøgletallet. Danmarks og udlandets gennemsnitlige emissionsfaktorer opgøres for de timer, hvor Danmark enten eksporterer til eller importerer fra udlandet. Elekport giver udledninger i Danmark og reduktion i udlandet imens elimport giver udledninger i udlandet. Danmark har påvirket udlandets udledninger med op mod 0,7 mio. tons CO_{2e} i 2020 til at reducere udlandets udledninger med 0,4 mio. tons CO_{2e} i 2022. Afsnit 4.1 uddyber tallene yderligere.

³ 2020 er at betegne som et såkaldt vådår. Et vådår er et år med 10 pct. mere nedbør end normalt.



Tabel 1: Elimport og elekspport i Danmark samt estimeret effekt på de udenlandske og danske emissioner for historiske år

Nøgletal	Type	2020	2021	2022
Nettoimport	Import af el	8,4	6,75	5,0
TWh	Eksport af el	1,3	2,0	3,6
(ekskl. transitflow)	Nettoimport	7,2	4,7	1,4
	I udlandet ved dansk import	101	99	122
Gennemsnitlige emissionsfaktorer, g CO ₂ e/kWh	I udlandet ved dansk eksport	178	272	267
	I Danmark ved dansk eksport	71	84	179
Opgørelse af emissioner, mio. ton CO ₂ e	Ved dansk elimport udledning i udlandet	0,9	0,7	0,6
	Ved dansk elekspport udledning i Danmark	0,1	0,2	0,6
VE-andel (inkl. biomasse) når Danmark eksporterer, pct.		88	86	71
Reduceret udledning i udlandets emissioner ved dansk eksport, Mio. ton CO ₂ e.		0,2	0,5	1,0
Samlet påvirkning på udlandets emissioner, Mio. ton CO ₂ e		0,7	0,2	-0,4

Kilde: Energistyrelsen. **Anm.:** Opgørelsen af emissioner er: import (eller eksport) x Emissionsfaktor når Danmark importerer (eller eksporterer) = Opgørelse af emissioner.

Ud over nøgletallet for den samlede påvirkning på udlandets emissioner, viser resultaterne i Tabel 1 også, at Danmarks elproduktion gennemsnitligt har en VE-andel på mere end 70 pct. i de timer vi eksporterer el. Den el Danmark eksporterer har en lavere emissionsfaktor end den el, der produceres i udlandet i de timer, hvor Danmark eksporterer. Dermed eksporterer Danmark relativt grøn el til områder med mindre grøn elproduktion på eksporttidspunktet.

Hovedresultater fra fremskrivningsperioden 2022-2035

I fremskrivningen forudsættes det, at dansk elproduktion oplever en større relativ procentvis stigning ift. udviklingen i dansk elforbrug frem mod 2030. Den primære årsag er, at flere havvindmølleparker⁴ forventes at komme i drift inden udgangen af 2030. Dermed øges elekspporten, og nettoimporten falder. Det betyder, at Danmark i analysen vurderes at bevæge sig fra at være nettoimportør til nettoeksportør af el i fremtiden baseret på frozen-policy forudsætningerne i KF24⁵. Som fremtidig nettoeksportør af el vil dansk eludveksling reducere udledninger i udlandet.

⁴ For specifikke havvindmølleparker se forudsætningsnotat til Klimastatus og -fremskrivning 2024, KF24 sektorforudsætningsnotat El og fjernvarme kapitel 5 havvind.

<https://kefm.dk/Media/638406562056565967/7.%20KF24%20Sektorforuds%C3%A6ttningsnotat%20El%20og%20fjernvarme.pdf>.

⁵ Der findes flere detaljer om frozen-policy og forudsætningerne i KF (ENS, 2024b).



Derudover skal det også bemærkes, at resultaterne indikerer, at VE-andelen i dansk eleksport vil stige til op imod 100 pct., og at eksporten har lavere emissioner end det elmiks, der forekommer i udlandet på de tidspunkter, hvor Danmark importerer. Ses der alene på udlandet, så importerer udlandet en stigende mængde el fra Danmark på tidspunkter, hvor udlandets elproduktion er mindre grøn, end når udlandet eksporterer til Danmark. Dansk eludveksling er for udlandets territoriale emissioner isoleret set således en klimamæssig gevinst.

Tabel 2 afrapporterer nøgletal for emissioner i Danmark og i udlandet knyttet til dansk eludveksling. Tabellen omfatter også elimport og -eksport (TWh) og Danmark og udlandets gennemsnitlige emissionsfaktorer (g CO₂e/kWh), der danner baggrunden for beregning af nøgletallene. Udlandets gennemsnitlige emissionsfaktor opgøres for de timer, hvor Danmark importerer og Danmarks gennemsnitlige emissionsfaktor opgøres for de timer, hvor Danmark eksporterer. Eleksport vil overordnet øge udledninger i Danmark og reducere udledninger i udlandet. Elimport vil øge udlandets udledninger. Ses der udelukkende på udlandet kan det ses, at Danmark påvirker udlandets udledninger med -0,8 til -0,1 mio. tons CO₂e udledninger i fremskrivningen. Afsnit 4.1 uddyber tallene yderligere.



Tabel 2: Import og eksport af el i Danmark samt estimeret effekt på de udenlandske og danske emissioner for fremskrivningsår

Nøgletal	Type	2025	2030	2035
Nettoimport	Import af el	6,6	9,8	12,1
TWh	Eksport af el	6,9	17,6	22,3
(ekskl. transitflow)	Nettoimport	-0,3	-7,9	-10,2
Gennemsnitlige emissionsfaktorer, g CO ₂ e/kWh	I udlandet ved dansk import	20,8	23,1	33,2
	I udlandet ved dansk eksport	135,6	30,6	17,8
	I Danmark ved dansk eksport	38,8	13,8	6,5
Opgørelse af emissioner, mio. ton CO ₂ e	Ved dansk elimport, udledning i udlandet	0,1	0,2	0,4
	Ved dansk eleksport, udledning i Danmark	0,3	0,2	0,1
VE-andel (inkl. Biomasse) når Danmark eksporterer, pct.		97	99	99
Reduceret udledning i udlandets emissioner ved dansk eksport, Mio. ton CO ₂ e		0,9	0,5	0,4
Samlet påvirkning på udlandets emissioner, Mio. ton CO ₂ e		-0,8	-0,3	0,0

Kilde: Energistyrelsen. **Anm.:** Opgørelsen af emissioner er: import (eksport) x Emissionsfaktor når Danmark importerer (eksporterer) = Opgørelse af emissioner. Det skal bemærkes, at fremskrivningen er baseret på frozen-policy og at energiøen i Nordsøen samt evt. markant udbygning med PTX mv. ikke indgår i beregningen.

2.2 Import og eksport af el fra og til udlandet

Hovedresultater for de tre historiske år 2020-2022

Danmark importerede hovedsageligt el fra Norge og Sverige, men også en mindre mængde fra Tyskland i 2022, hvilket ligeledes var tilfældet i de to tidligere år. Samlet set kom omtrent 80 pct. af elimporten fra Norge og Sverige i 2022.

Analysen viser også, at dansk eleksport hovedsageligt gik til Tyskland og Norge i 2022. Det er en ændring ift. det foregående år, hvor det var Tyskland og Nederlandene som var de lande Danmark eksporterede mest til.

Overordnet set har Danmark i 2022 importeret el på tidspunkter, hvor vandkraft er dominerende i de lande, der importeres fra. For eleksporten gælder, at den er sket på tidspunkter, hvor Danmark har haft en høj andel af vindkraft. Afsnit 4.2 uddyber figurer og tal yderligere.

Resultater for den fremskrevne periode 2023-2035

I fremskrivningsperioden estimeres dansk elimport at fortsætte med primært at komme fra Norge og Sverige samt en betydelig import fra Storbritannien via Viking



Link-forbindelsen. Primært er elimporten fra de nordiske lande karakteriseret ved tæt på nul-emissioner, hvilket især skyldes vandkraft, hvorimod elimporten fra Storbritannien i større grad udgøres af bl.a. gas og olie, men en stigende andel vil komme fra vedvarende energikilder frem mod 2035.

El fra Danmark bliver i fremskrivningen primært eksporteret til Tyskland, Sverige og Norge, men på sigt også Storbritannien og Nederlandene. Fremskrivningen af den danske eleksport viser, at Danmark hovedsageligt vil eksportere el produceret på sol og vindkraft frem mod 2035. Dette afspejles i den høje VE-andel i den danske eksport, hvor bioenergi vil udgøre ca. 1 pct.-point af VE-andelen i 2030.

2.3 Effekten ved en yderligere elimport eller –eksport i Danmark

Analysen af en yderligere dansk eleksport ud over hvad der forventes i KF24 indikerer yderligere reduktioner i udlandets emissioner, idet udlandet fortsat forudsættes at gøre brug af kul og gas. Udlandets elproduktion vil dog blive grønnere og grønnere bl.a. pga. nedlukning af konventionelle kraftværker i Europa. Derfor vil yderligere dansk eleksport fortsat reducere udlandets emissioner, men med en aftagende effekt i fremtiden.

En yderligere dansk elimport vil medvirke øget elproduktion i udlandet og derfor øge emissionerne i udlandet. En yderligere import vil dog dækkes af øget elproduktion i udlandet, der i stigende grad forudsættes at blive mere grøn. Det betyder, at en yderligere dansk elimport fremadrettet fortsat vil give yderligere emissioner i udlandet, men også med en aftagende effekt pga. stigende andel af VE i udlandet.

Overordnet giver tabellen indikationer på, hvad yderligere elimport eller –eksport vil betyde for udlandets kortsigtede marginale udledning. Analysen viser, at øget dansk eleksport via etablering af yderligere sol eller havvind reducerer emissioner i udlandet fra mellem 352-293 g CO₂e/kWh til mellem 70-24 g CO₂e/kWh for sol og havvind i perioden 2025 til 2035.

Øges det danske elforbrug med 1 TWh årligt, knyttes der til den medførende elimport en udenlandsk marginal emissionsfaktor på 376 g CO₂e/kWh faldende til 128 g CO₂e/kWh i perioden fra 2025 til 2035. For såvel øget eleksport og øget elimport er disse resultater en indikation på, at effekten af ændringer i eludvekslingen vil reduceres set i forhold til i dag.

Tabel 3 opgør beregningsteknisk udlandets marginale emissionsfaktor, hvis Danmark enten øger elforbruget (øget import) eller installerer mere sol eller havvind (øget eksport).



Tabel 3: Udlandets gennemsnitlige marginale emissionsfaktor når Danmark hhv. øger elforbrug eller –produktion

Udlandets gennemsnitlige marginale emissionsfaktor (g CO ₂ e/kWh)	2025	2030	2035
Solceller (1 TWh ekstra årlig produktion)	293	50	24
Havvind (1 TWh ekstra årlig produktion)	352	91	70
Øget elforbrug (1 TWh ekstra årligt forbrug)	376	149	128

Kilde: Energistyrelsen. **Anm.:** Emissionsfaktoren for hhv. øget elforbrug eller elproduktion (Vind eller sol) har modsatrettede effekt, idet øget elforbrug øger den marginale emissionsfaktor, hvor øget elproduktion reducerer udlandets gennemsnitlige udledninger.

Afsnit 4.3 uddyber tallene og udviklingen yderligere.

3 Metode og antagelser

Eludvekslingen (elimport og -eksport) belyses både for historiske år (2020-2022) og for fremskrivningsår frem til 2035. Selve metodebeskrivelsen er i det følgende opdelt på historiske år og fremskrivningsår.

Der er overlap med Klimastatus og –fremskrivning

Klimastatus og –fremskrivning opgør årligt emissioner på dansk jord – de såkaldte territoriale udledninger. Eludveksling i GA24 omfatter også emissioner udledt på dansk jord (i forbindelse med eksport af el). Dermed er der med balancemetoden overlap mellem KF24 og GA24 inden for opgørelserne af eludveksling. Væsentligt er dog, at opgørelsen for fremskrivningsår i GA24 er baseret på de samme beregninger og forudsætninger, der ligger bag netop KF24.

Eludveksling indgår også andre steder i GA24

Udledninger i udlandet knyttet til dansk import, eksport og forbrug af varer og serviceydelser, herunder el, behandles i andre dele af GA24. I disse dele beregnes samlede opgørelser over globale emissioner, hvor eludveksling delvist indgår. Nærværende baggrundsnotat har udelukkende fokus på at belyse eludvekslingen, mens det i de andre dele indgår i bredere opgørelser som et delelement. Se afsnit 3.7 for uddybning af overlap til andre dele af GA24.

Analyser er baseret på to metoder

Opgørelsen af de udenlandske udledninger, som dansk elforbrug og elproduktion påvirker, bliver i dette notat kvantificeret ud fra en gennemsnitsmetode (balancemetoden) samt en marginalmetode.

Samlet set er der tre beregninger bag opgørelsen af de udenlandske udledninger, som dansk elforbrug og elproduktion påvirker:

- En for historiske år baseret på statistik og balancemetoden

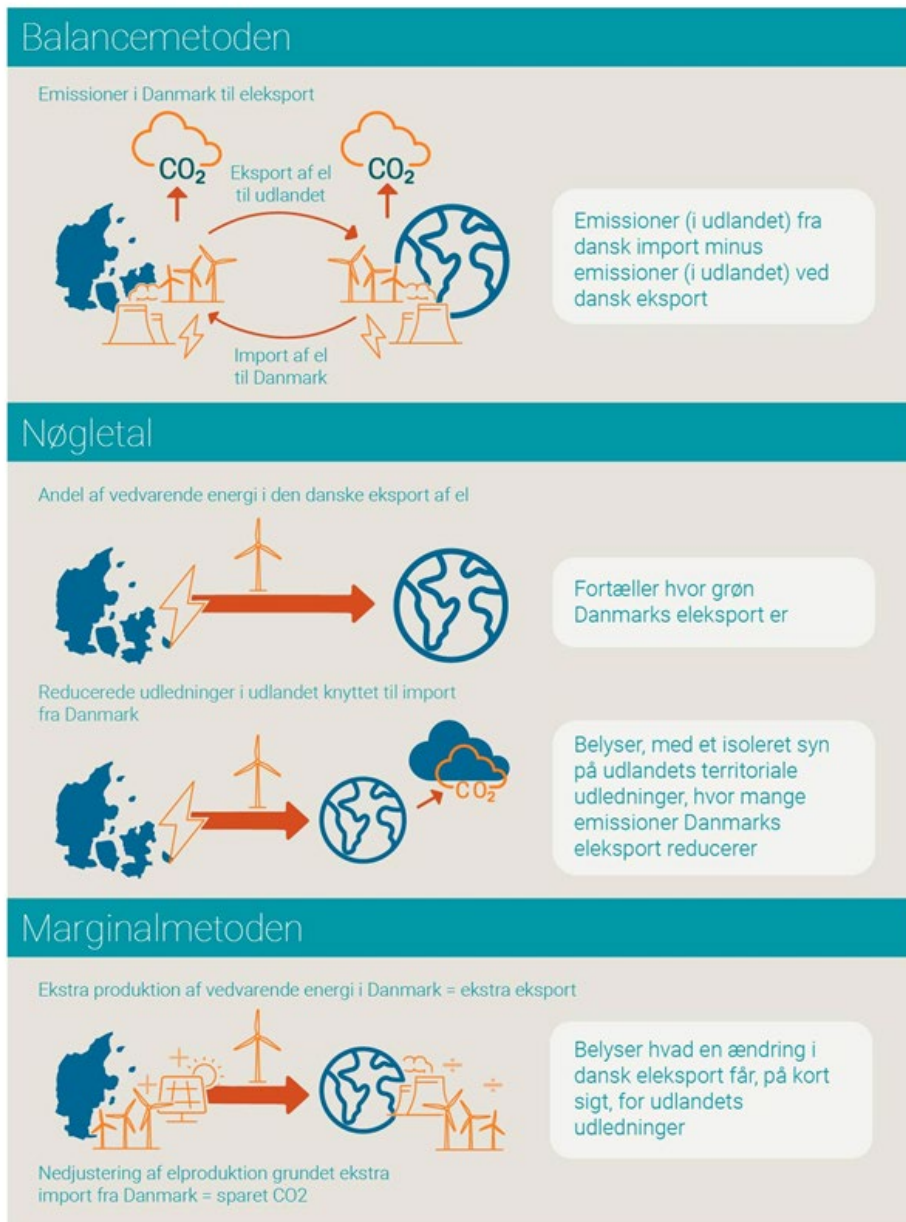


- En for fremskrivningsår baseret på modelberegning og balancemetoden
- En for fremskrivningsår baseret på modelberegning og marginalmetoden

Balancemetoden lægger sig op ad den metode, der benyttes i den øvrige GA24 (se ovenstående omkring overlap), mens marginalmetoden skal ses som en hvad-nu-hvis beregning.

De to metoder forsøger at belyse forskellige dele af effekten af dansk eludveksling med udlandet. Balancemetoden giver et billede af effekten ud fra en gennemsnitlig emissionsfaktor og opgør et samlet regnskab for udledninger knyttet til eludveksling i et specifikt år og balancerer danske (dansk eleksport) og udenlandske (dansk elimport) udledninger. Marginalmetoden, derimod, viser hvad effekten af ekstra import og eksport (i tillæg til KF24) ville være.

Figur 2: Illustration af hhv. balancemetoden, nøgletal og marginalmetoden



Kilde: Energistyrelsen. **Anm.:** Balancemetoden regner med et gennemsnit af den samlede produktion. I marginalmetoden er eksporten repræsenteret som den ændring i den marginale elproduktion i udlandet, eksempelvis gasturbiner.

Balancemetoden

I balancemetoden regnes der med, at udledningerne per kWh produceret el i et land er ens for både den del der går til indenlandsk forbrug, og den del der eksporteres. Her tages der ikke stilling til hvilke produktionsanlæg, der mere specifikt påvirkes af elhandlen. Balancemetoden er således udviklet til at skabe sammenlignelige



resultater på tværs af historiske år og fremskrivningsår. Metoden er sammenlignelig med den attributive metode, der i GA24 bl.a. anvendes til forbrugsbaserede opgørelser⁶, men selve beregningerne og datagrundlaget herfor er væsensforskelligt.

Energinets miljødeklaration opgør udledninger for hver kWh forbrugt i Danmark og anvendes fx i forbindelse med virksomheders CSR-rapportering. Balancemetoden i GA24 kan sammenlignes med Energinets metode i miljødeklarationen for dansk elforbrug, da der i begge tilfælde benyttes en gennemsnitlig emissionsfaktor for hhv. udlandet og Danmark, og for historiske år er begge opgørelser baseret på samme data. Forskellen er, at i Energinets beregning har fokus på de emissioner, som er forbundet til *dansk elforbrug*, mens balancemetoden har til formål at belyse de samlede udledninger ved *eludveksling* mellem Danmark og udlandet.

Balancemetoden er mindre god, hvis man skal se på, hvad danske tiltag (ændringer) vil have af kortsigtet effekt i udlandet. Det skyldes at fx øget dansk eleksport i højere grad vil reducere termisk elproduktion (kul- eller gasfyret), end at den vil medføre mindre elproduktion på solceller eller vindmøller på kort sigt⁷. Disse nuancer vil man ikke kunne se ved balancemetoden der anvender et gennemsnit af elproduktionen. Her vil marginalmetoden, der også indgår i GA24 og som beskrives nedenfor, i større grad kunne belyse effekten af danske tiltag.

Nøgletal

For at belyse den globale effekt af eksport af el baseret på VE udregnes tre nøgletal for eksport af el fra Danmark udover selve balancemetoden:

1. VE-andelen af den eksporterede el fra Danmark. Andelen bliver beregnet på for timebasis ud fra data på produktion fra sol, vind, vand og biobrændsler set ift. den samlede danske elproduktion.
2. En gennemsnitlig emissionsfaktor for Danmarks udvekslingslande i de timer, hvor Danmark eksporterer el. Med denne emissionsfaktor beregnes, hvor meget dansk eleksport har reduceret CO₂e i modtagerlandet.
3. Den samlede påvirkning af dansk eludveksling på udlandets emissioner, hvilket tager udgangspunkt i udledningerne i udlandet når Danmark importerer og reducerede udledning i udlandet når Danmark eksporterer. Derved er påvirkningen i udlandet = emissioner i udlandet ved import – reducerede udledninger i udlandet ved eksport.

Transitflow

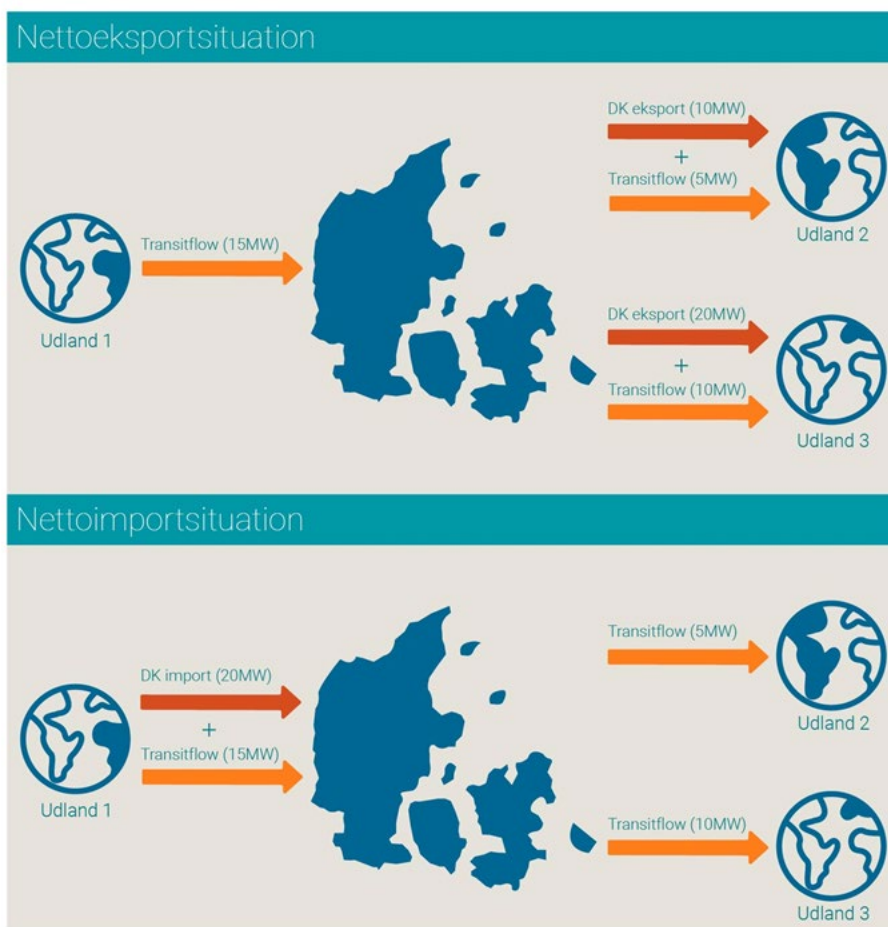
Der tages højde for, at en del af eltransmissionen er transitflow ved bestemmelse af, hvor meget elimport eller eleksport, der er i Danmark i en given time. Dvs., at en del af den el, der importeres til Danmark, samtidigt eksporteres til et andet land. Der ses

⁶ Både den attributive metode og balancemetoden i GA24 anvender et gennemsnit af emissioner for en sektor, der attribueres til strømme af hhv. penge eller el.

⁷ Ændringer i elhandlen vil alt andet lige medføre ændringer i elpriserne, som på længere sigt enten vil tilskynde til udbygning af VE eller omvendt, og dermed på længere sigt påvirke produktion på VE.

bort fra transitflow i beregningerne, dvs. at el, der inden for den samme time både importeres og eksporteres til/fra Danmark, ikke indregnes som en del af import og eksport af el. På den måde regnes Danmark som værende enten nettoeksportør eller nettoimportør i hver time. I de timer, hvor Danmark er nettoeksportør, beregnes der udledninger fra det danske elproduktionsmiks som fordeles på de lande, der importerer fra Danmark, og i de timer, hvor Danmark er nettoimportør, regnes der udledninger fra det elproduktionsmiks, der er i de lande, der eksporterer til Danmark.

Figur 3: Illustration af metoden for opgørelse af transitflow



Kilde: Energistyrelsen. **Anm.:** De grønne pile illustrerer transitflow, mens de røde netto eksport/import. Øverst illustreres en tænkt situation, hvor Danmark har en nettoeksport på 30 MW (10 MW til Udland 2 og 20 MW til Udland 3). Nederst illustreres en tænkt situation, hvor Danmark har en nettoimport på 20 MW fra Udland 1.

Marginalmetoden

At det på kort sigt i højere grad er termisk produktion, der justeres, kan belyses ved at anvende en marginal metode. Metoden belyser eksportens effekt på udlandets emissioner fra en anden vinkel end balancemetoden (beskrevet ovenfor), idet der ses



på en hvad-nu-hvis tilgang. Her beregnes effekten af øget elforbrug eller eleksport fra Danmark på udenlandske udledninger fra elproduktionen. Denne tilgang er væsentlig forskellig fra tilgangen for balancemetoden og tilgangen til opgørelse af Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk, hvor der også anvendes en gennemsnitstilgang, og hvor der ikke ses på en ændring men udledninger knyttet til hele eludvekslingen eller forbruget.

Marginalmetoden ser på den kortsigtede konsekvens af en fremtidig ændring i dansk elforbrug og elproduktion, dvs. metoden belyser klimaeffekten ved en fremtidig ændret produktion på det marginale værk i udlandet. Marginalmetoden benyttes kun på fremskrivningsår pga. tilgangen, og skal ses som et fremadskudende bud på en marginal ændring ift. den potentielle udvikling i KF24. Marginalmetoden blev også anvendt i GA23.

Boks 1: Andre opgørelsesmetoder i forbindelse med eludveksling

Der findes mange metoder til at opgøre betydningen af elhandel. I dansk kontekst er der bl.a. elhandelskorrektur i Energistyrelsens energistatistik (ENS, 2023) og Energinets miljødeklaration (Energinet, 2020) for dansk elforbrug.

Intentionen med elhandelskorrektur i Energistyrelsens energistatistik er at opgøre, "hvad energiforbruget ville have været, hvis den danske elproduktion lige netop havde svaret til elforbruget i Danmark" (ENS, 2016). Beregningen af elhandelskorrektur baseres på et regulerbart referenceanlæg. Brændselsforbruget på referenceanlægget beregnes ud fra et 5-årigt gennemsnit af brændselsforbruget til elproduktion på de anlæg, der antages at ville op- eller nedregulere afhængigt af elhandlen. I dette gennemsnit indgår brændselstyperne kul, olie, naturgas, skovflis og træpiller.

I Energinets miljødeklaration for dansk elforbrug beregnes en emissionsfaktor (i g CO₂e/kWh-el) for hver emissionstype, herunder metan, NO_x m.fl. I de timer, hvor dansk elproduktion overstiger dansk elforbrug, er det kun dansk elproduktion der indgår i emissionsberegningerne, mens der i timerne med nettoelimport tages højde for produktionen i de lande, Danmark importerer fra (Energinet, 2021). I den forbindelse beregner Energinet en emissionsfaktor for hvert naboland, som Danmark har direkte elhandel med for hver time. Emissionsfaktoren i Energinets miljødeklaration er baseret på et simpelt gennemsnit for produktionen i det givne land på timebasis, dvs. summen af de elproduktionsrelaterede udledninger delt med den samlede elproduktion.



3.1 Metodebeskrivelse

Til at belyse den globale klimaeffekt af både eleksport fra og elimport til Danmark i historiske år (2020-2022) anvendes balancemetoden til opgørelsen.

Balancemetoden tager udgangspunkt i eludvekslingen mellem Danmark og udlandet. Med eludvekslingen er der tilknyttet udledninger som derved kan oplyse Danmarks påvirkningen på udlandets udledninger.

Klimaeffekten i historiske år beregnes på basis af Energinets beregninger i forbindelse med deres beregning af miljødeklaration for elforbrug i Danmark. Metoden til at beregne klimaeffekten af dansk eleksport antager, at den el, der eksporteres, følges af udledninger, baseret på en dansk emissionsfaktor, i den givne time. Klimaeffekten af dansk elimport beregnes ud fra udlandets emissionsfaktor i de timer, Danmark importerer el. Metoden har således balance i de udledninger, der følger Danmarks eksport og import af el: Ved eksport er det dansk elproduktions udledninger og ved import er det udlandets elproduktions udledninger.

Balancemetoden afspejler ikke de kortsigtede effekter af, hvad der ville være sket i udlandet, hvis der ikke var nogen elhandel med Danmark. Dette afdækkes i GA24 med marginalmetoden, hvor det udelukkende ville være de marginale værker, der indgik i beregningen. Det skyldes, at på kort sigt er fx vindmøller og solcellers produktion i høj grad uafhængige af forbruget, herunder elhandlen, mens andre anlæg som gasturbiner og vandkraft især reguleres for at balancere forbrug og produktion.

3.2 Metodebeskrivelse – fremskrivningsår

Både balance- og marginalmetoden anvendes til at belyse den globale klimaeffekt af elhandlen fra Danmark i fremtiden.

Balancemetoden giver et overordnet og samlet billede af det klimaaftryk, dansk elhandel forårsager. Den gennemsnitlige tilgang er også velegnet til at sammenligne med den historiske opgørelse, der jf. afsnit 3.1 også anvender en gennemsnitstilgang. Balancemetoden indebærer, at der ligesom for historiske år på timeniveau beregnes en emissionsfaktor for hvert af de områder, som Danmark har elimport fra. Ligeledes regnes der for de timer, hvor Danmark har eleksport en emissionsfaktor for dansk elproduktion. Dertil beregnes for hvert år i fremskrivningen som ekstra nøgletal for at belyse påvirkningen i udlandet VE-andelen af dansk eleksport og en emissionsfaktor i *udlandet* for de timer hvor Danmark har eleksport. Emissionsfaktoren og eludvekslingen beregnes ud fra de samme forudsætninger, som ligger til grund for KF24. Der er således ikke udviklet nye fremskrivninger eller scenarier specifikt til brug for GA24. KF24 indeholder elproduktion og brændselsforbrug for hver time i Danmark og i hvert af Danmarks nabolande, samt eludvekslingen fra og til disse, og indeholder dermed det nødvendige datagrundlag.



Marginalmetoden tager udgangspunkt i referenceberegningen (grundforløbet i KF24). Med udgangspunkt i referenceberegningen laves yderligere beregninger, hvor der ændres på dansk VE produktion eller dansk elforbrug. Ved at beregne forskellen mellem referencen og alternativet estimerer man groft, hvad de kortsigtede konsekvenser af ændret udbygning med dansk VE eller ændring i dansk elforbrug vil betyde for udledningerne i udlandet. Hermed fås et billede af de effekter, ændringer i dansk elproduktion eller elforbrug påvirker klimaaftrykket fra elproduktion i udlandet.

Dette gør den marginale tilgang mere velegnet til at belyse de klimamæssige konsekvenser af tiltag, der enten ændrer dansk elforbrug (fx flere elbiler, mere PtX eller øget energibesparelsesindsats) eller øger dansk elproduktion (fx ved en øget udbygning solceller).

I den valgte marginale tilgang ses der på, hvordan øget eller mindsket dansk eleksport forskyder elproduktionen i udlandet ift. KF24. Den marginale metode belyser den kortsigtede marginal, dvs. forskydninger i produktionen på den givne produktionskapacitet i udlandet, og ikke på, hvordan øget eller mindsket eleksport påvirker investeringsbeslutningerne i udlandet som følge af lavere eller højere elpriser.

3.3 Værktøjer/modeller

Fremskrivningen af den samlede el- og fjernvarmeproduktion finder sted i Ramses. Ramses er en teknisk-økonomisk model udviklet i Energistyrelsen, der beregner den fremtidige produktion af el og fjernvarme i et vilkårligt antal elområder og varmeområder.

På nuværende tidspunkt omfatter modellen det meste af Europa i form af 23 lande fordelt på 18 elprisområder: Danmark (to prisområder), Norge, Sverige, Finland, Tyskland-Luxembourg, Østrig, Nederlandene, de britiske øer, Frankrig, Belgien, Spanien-Portugal, Schweiz, Italien, Baltikum (Estland-Letland-Litauen), Polen, Tjekkiet-Slovakiet samt Ungarn.

Ramses er en lineær optimeringsmodel, der kan beregne elproduktion, varmeproduktion, brændselsforbrug, emissioner m.m. for et meget stort antal på forhånd givne værker på timebasis. Da modellen primært er beregnet til analyser af effekter i Danmark, er de danske værker p.t. beskrevet mere detaljeret end værkerne i udlandet. Modellen beregner desuden en række systemresultater. Fx estimeres spotprisen for el, fordelt på prisområderne, og eludvekslingen mellem prisområder. Antagelserne i forbindelse med KF24 er beskrevet i (ENS, 2024a).

3.4 Overordnede forudsætninger og afgrænsninger

I beregningerne for emissionerne fra elproduktion medtages udelukkende de direkte emissioner ved elproduktion. Det skal forstås som emissionerne fra forbrænding af fossile brændsler i elproduktion og ikke emissionerne til opførelse af elproducerende



anlæg eller andre indirekte emissioner som fra fx transport af brændsler og udledninger ved drift og vedligehold.

Balancemetoden

I balancemetoden antages det, at dansk elhandel ses som et regnskab for el og udledninger ved elhandel for Danmark og de lande, Danmark har en direkte eludveksling med (dvs. Norge, Sverige, Tyskland og Nederlandene samt Storbritannien efter Viking link bliver taget i drift). I virkeligheden betyder eleksport til fx Tyskland, at Tysklands eleksport til fx Frankrig påvirkes, og igen Frankrigs eleksport til Spanien osv. Med andre ord er det europæiske elsystem af sådan en karakter, at dansk elhandel har betydning for hele det europæiske elsystem. Med udgangspunkt i Energinets beregninger af emissionsfaktorer til miljødeklarationen for dansk elforbrug er der valgt en tilgang, hvor der udelukkende ses på udledningerne i de lande, som er direkte forbundet med Danmark.

Marginalmetoden

I marginalmetoden antages det, at dansk elhandel påvirker udledningerne i de lande, der indgår i modellen Ramses (se afsnit 3.3).

I marginalmetoden regnes der med, at elproduktionskapaciteten i udlandet udvikler sig over tid, jf. KF24, men at udviklingen sker på den samme måde i alle beregninger uanset variationerne i den danske eleksport. Hvis dansk eleksport øges markant, kan det have en effekt på eksempelvis tempoet i kuludfasning i det kontinentale elsystem. Det kan ligeledes medføre, at en planlagt udbygning med vedvarede energi bliver udskudt. Sådanne effekter er ikke inkluderet.

Metoden er dermed afgrænset til at se på effekten på driftsmønstrene for elproduktionsanlæggene i udlandet, dvs. uden hensyntagen til yderligere afledte effekter, herunder betydningen for udbygningen med VE og udfasningen af eksisterende anlæg i udlandet. En øget dansk elimport kan fx medføre en større udbygning af VE samt langsommere kuludfasning i udlandet. Omvendt kan en øget dansk eleksport fx medføre en langsommere udbygning af VE samt hurtigere udfasning af fossile brændsler i udlandet. Dertil er der heller ikke taget højde for, at en stigning i elforbrug som følge af udbygning med Power-to-X-teknologier kan give en afledt effekt i form af sparet brændstof andetsteds i energisystemet.

3.5 Primære datakilder

I forhold til beregningerne i de historiske år er datakilderne Energinets beregninger af emissionsfaktorer for Norge, Sverige, Tyskland og Nederlandene, samt statistik for eludvekslingen fra Energinets Energidaservice (Energinet, 2022a).

De anvendte resultater fra Energinet er et datasæt bestående af udledningsfaktorer i g/kWh for hhv. CO₂, SO₂, NO_x, NMVOC⁸, CH₄, CO, N₂O, partikler, flyveaske og

⁸ Non-metan flygtige organiske forbindelser



slagger. Alle emissionsfaktorer er udregnet to gange, med henholdsvis 125%-metoden og 200%-metoden for fordelingen mellem el- og fjernvarmeproduktion⁹. Disse udledningsfaktorer er opgjort pr. time pr. land og pr. produktionstype. De opgjorte produktionstyper er:

- Affald
- Anden VE
- Atomkraft
- Brunkul
- Fuelolie
- Kul
- Naturgas
- Havvind
- Landvind
- Træ mm.
- Vandkraft

For hver produktionstype er det også angivet, hvor stor andel af den samlede elproduktion i den givne time, typen udgjorde af elproduktionen i det givne land. Fra Energidataservice er datasættet "transmissionlines" tilgået, som bl.a. indeholder den mængde el, som er blevet udvekslet på hver af de danske udlandsforbindelser for hver time.

I forhold til beregningerne på fremskrivningen (for både balance- og marginalbetragtningen) er datakilden fremskrivningen fra KF24, som igen bygger på en lang række datakilder for elproduktionskapaciteter, handelskapaciteter, VE-produktion og elforbrug, herunder evt. energiøer. Primært bygger fremskrivningerne for elproduktionskapaciteter, handelskapaciteter, VE-produktion og elforbrug i udlandet på TYNDP22 scenarieret "Distributed Energy" fra ENTSO-E (ENS, 2024c).

3.6 Overlap med andre dele af GA24

I GA24 er Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk opgjort (se baggrundsnotat nr. 1: *Klimaaftrykket af forbrug*). Det forbrugsbaserede klimaaftryk inkluderer både danskproducerede varer forbrugt i Danmark og importerede varer forbrugt i Danmark. Elektricitet indgår blandt de varer, som er opgjort i det forbrugsbaserede klimaaftryk. Der er dermed et vist overlap mellem opgørelserne i nærværende baggrundsnotat om eludveksling og det forbrugsbaserede klimaaftryk, da

⁹ Når brændselsforbruget og udledninger fra kraftvarmeverker skal opgøres på hhv. el- og fjernvarmeproduktion, er en gængs metode at antage en virkningsgrad for varmeproduktionen for dermed at beregne hvor meget af brændslet der tilskrives fjernvarmeproduktionen, mens det resterende brændselsforbrug tilskrives elproduktionen. 125%-metoden betyder, at man regner med en virkningsgrad for varmeproduktionen på 125%. I Energistyrelsens beregninger til GA24 benyttes 125%-metoden.



opgørelserne begge steder inkluderer klimaaftrykket for dele af den importerede elektricitet såvel som dele af danskproduceret elektricitet.

Der er dog en væsentlig forskel på opgørelsesmetoderne. Det forbrugsbaserede klimaaftryk inkluderer en bred vifte af forskelligartede varer og er udregnet på basis af emissioner per kr. ud fra en koblet Input-Output-model (IO-model). Den koblede IO-model anvender en top-down tilgang, hvor det forbrugsbaserede klimaaftryk beregnes med udgangspunkt i danske og internationale økonomiske transaktioner. Klimaaftrykket beregnes dermed ud fra værdien af varer og ydelser og ikke ud fra mængden af varer og ydelser.

I nærværende notat er grundlaget en bottom-up analyse baseret på historiske data for timeværdier for den specifikke fysiske elhandel og elproduktion. Dette baggrundsnotat udfolder derfor klimaeffekten ved dansk eludveksling mere detaljeret sammenlignet med både det forbrugsbaserede klimaaftryk (hvor det kun indgår som en mindre del) og den del af GA24, der omfatter import (se baggrundsnotat nr. 4: *Klimaaftrykket af import*), som er opgjort på samme måde som klimaaftrykket.

Det gælder for dansk eksport, at det ikke karakteriseres som dansk elforbrug, og fratrækkes derfor det forbrugsbaserede klimaaftryk ligesom andre eksporterede varer. Eksport indgår derimod som et delelement i den del af GA24, der omhandler eksport (se baggrundsnotat nr. 4: *Klimaaftrykket af eksport*), hvor der er overlap til resultaterne i nærværende baggrundsnotat. Resultaterne er dog væsensforskellige da nærværende er baseret på faktiske data for dansk elproduktion men udledningsmæssigt afgrænset til forbrænding af brændsler, mens eksportafsnittet ser på en tilnærmet opgørelse, men til gengæld omfatter udledninger for hele værdikæden frem til selve eksporten af el.

4 Resultater og analyse

El er en vare, der af natur kræver, at produktion og forbrug balanceres time for time. For Danmark er eludveksling med udlandet afgørende ift. at sikre denne balance. Danmark forventes i de kommende år i stigende omfang at eksportere el baseret på VE til en række lande i Europa. En øget eksport fra fx havvind i Danmark kan alt andet lige medføre en tilsvarende reduktion i produktionen på udenlandske elproduktionsanlæg for at sikre balancen.

Eludveksling med udlandet har en klimaeffekt, fordi den påvirker elproduktionen i Danmark og i landene omkring os. Formålet med dette afsnit er at belyse disse effekter bredere, end det gøres ved opgørelse af Danmarks forbrugsbaserede klimaaftryk (baggrundsnotat nr. 1), hvor der alene fokuseres på effekten af den el, der forbruges i Danmark.



Afsnittet udfolder hovedresultater, der indgår i afsnit 2, og er opdelt i hhv. eludveksling og emissioner, import og eksport og effekten af yderligere dansk eleksport. Dertil indeholder afsnittet en sammenligning med sidste års globale afrapportering.

4.1 Dansk eludveksling og beregningstekniske emissioner

Dette afsnit udfolder hovedresultaterne fra afsnit 2.1: Estimerede emissioner i relation til 1) dansk elhandel, 2) elimport til Danmark og 3) eleksport fra Danmark. Resultater for emissioner er baseret på balancemetoden beskrevet i afsnit 3 og tager dermed udgangspunkt i en beregningsteknisk opgørelse i mio. ton CO_{2e} baseret på Danmarks og udlandets udledninger på tidspunkter med dansk elhandel. Opgørelsen siger noget om udledninger knyttet til Danmarks eleksport og elimport, og mere specifikt viser opgørelsen af påvirkningen på udlandets emissioner, hvor meget CO_{2e} der er udledt i udlandet til at dække dansk forbrug.

Ved elimport til Danmark vil der være en negativ effekt i udlandet – alt andet lige – fordi den el, Danmark importerer, skal produceres i udlandet med dertilhørende udledninger. Ved eleksport er der tilsvarende en negativ effekt i Danmark samt en positiv effekt i udlandet grundet besparet udledning i udlandet. Dertil kan man vise effekten i udlandet ved dansk eleksport ved at se på, hvilken el den danske eleksport fortrænger. I analysen estimeres udledninger baseret på timeniveau. Når effekten henover et år opsummeres fås den samlede påvirkning af udlandets emissioner:

$$\text{Udledninger i udlandet ved dansk import} - \text{Udledninger i udlandet ved dansk eksport} \\ = \text{påvirkning på udlandets emissioner}$$

Flere reducerede udledninger i udlandet i 2022

Dansk eleksport er i 2022 estimeret til at have en effekt på 1 mio. ton CO_{2e} reduceret udledninger i udlandet. Det er mere end en fordobling ift. det foregående års estimerede effekt. Fordoblingen skyldes at der 2022 blev eksporteret mere elektricitet fra Danmark end de forrige år og i timer hvor de udenlandske emissionsfaktorer var højere end de danske.

Lægges import og eksport sammen har det danske elsystem i de seneste historiske år haft mere elimport end eleksport, hvilket også er afspejlet i rækken samlet reduceret udledninger i udlandets emissioner¹⁰ i tabel 4. Det har betydet, at dansk elforbrug har medvirket til en stigning i elproduktionen i udlandet pga. import til at dække det danske elforbrug, men har i 2022 samlet set haft en positiv påvirkning på udlandets emissioner (negative udledninger).

¹⁰ De samlede påvirkning på udledninger i udlandets emissioner = Emissioner i udlandet ved dansk elimport – Reducerede udledninger i udlandet ved dansk eksport. Positive tal viser at der er udledninger i udlandet for at dække dansk forbrug. Negative tal viser at der er reducerede udledninger i udlandet ved eludveksling.



Tabel 4: Elimport og eksport i Danmark samt estimeret effekt på de udenlandske og danske emissioner for historiske år

Nøgletal	Type	2020	2021	2022
Nettoimport	Import af el	8,4	6,75	5
TWh	Eksport af el	1,3	2,0	3,6
(ekskl. –transitflow)	Nettoimport	7,2	4,7	1,4
	I udlandet ved dansk import	101	99	122
Gennemsnitlige emissionsfaktorer, g CO ₂ e/kWh	I udlandet ved dansk eksport	80	178	267
	I Danmark ved dansk eksport	71	84	179
Opgørelse af emissioner, Mio. ton CO ₂ e	Ved dansk elimport, udledning i udlandet	0,9	0,7	0,6
	Ved dansk eksport, udledning i Danmark	0,1	0,2	0,6
VE-andel (inkl. biomasse) når Danmark eksporterer, pct.		83	88	71
Reduceret udledning i udlandets emissioner ved Dansk eksport, Mio. ton CO ₂ e		0,2	0,2	1,0
Samlet påvirkning på udlandets emissioner, Mio. ton CO ₂ e		0,7	0,5	-0,4

Kilde: Energistyrelsen

Selvom Danmark importerede en mindre mængde el i 2022 end det foregående år og samtidig med, at eksporten af el steg, har det også betydet, at den eksporterede el blev mindre grøn. Dermed er der flere udledninger i Danmark i forbindelse med eleksport.

Forklaringen på forskellen i emissionsfaktoren ligger dels i, at der er forskel på landenes elproduktionsapparater, og dels at elmarkedet aktiverer forskellige anlæg afhængig af udbud og efterspørgsel i den enkelte time. Opgørelsen tager således højde for, at Danmark fx ofte eksporterer el, når der er meget vindkraft (lav emissionsfaktor), mens at import fra landene syd for Danmark i højere grad er baseret på fossile brændsler (højere emissionsfaktor). I 2022 er dette dog blevet vendt om grundet øget produktion fra kul og gas i Danmark.

Danmark var nettoimportør af el i 2022

Der bliver i dag sendt mere el til Danmark for at dække elforbruget, end der bliver sendt til udlandet. I de to foregående år har det danske elsystem dermed været nettoimportør af el, hvilket også er tilfældet i 2022. I tabel 4 afrapporteres dansk elimport og -eksport i perioden 2020-2022 samt beregnede udledninger på baggrund af eludvekslingen i de respektive år.



I tabellen ses det bl.a., at det danske elsystem havde en nettoimport på 1.4 TWh i 2022. Til sammenligning var Danmarks indenlandske elforsyning i 2022 ca. 35 TWh. Nettoimporten er på laveste niveau i perioden 2018 til 2022. At nettoimporten i 2022 er på laveste niveau skyldes mindre import fra vandkraft og mere eksport af hovedsageligt produktion fra biomasse, kul, og gas.

At 2020 adskiller sig fra 2021 og 2022 samt fra foregående år ved en højere nettoimport skal ses i lyset af, at 2020 var et såkaldt vådår. Et vådår er et år med 10 pct. mere nedbør end normalt. Det betyder lavere elpriser, fordi det er billigt at producere el på vandkraft i Norge og Sverige, hvilket igen betyder, at det er en god forretning at øge importen af el til Danmark, da vi ikke har nævneværdig elproduktion på vandkraft.

Danmark eksporterer hovedsageligt vedvarende energi

I 2020 bestod den danske eleksport af 88 pct. VE¹¹. Andelen af VE i eleksporten faldt til 85 pct. i 2021 og til 71 pct. i 2022. Dette sker på trods af en øget eksport af vind, sol og biomasse. Der er i årrækken eksporteret mere el, men denne el kommer ikke kun fra vedvarende kilder. Der er også en stigende mængde fra kul og gas som er steget procentvis mere i forhold til de vedvarende kilder.

De to nederste rækker i tabel 4 viser den gennemsnitlige udledningsfaktor i udlandet når Danmark eksporterer og den reducerede udledning i udlandet ved dansk eleksport. Fra 2020 til og med 2022 har den gennemsnitlige udledningsfaktor i udlandet når Danmark eksporterer været stigende. Den reducerede udledning i udlandet som effekt af dansk eleksport har været 0,2 Mio. ton CO₂e i både 2020 og 0,5 Mio. ton CO₂e i 2021. I 2022 var reduktionen i udenlandske udledninger på 1 Mio. ton CO₂e.

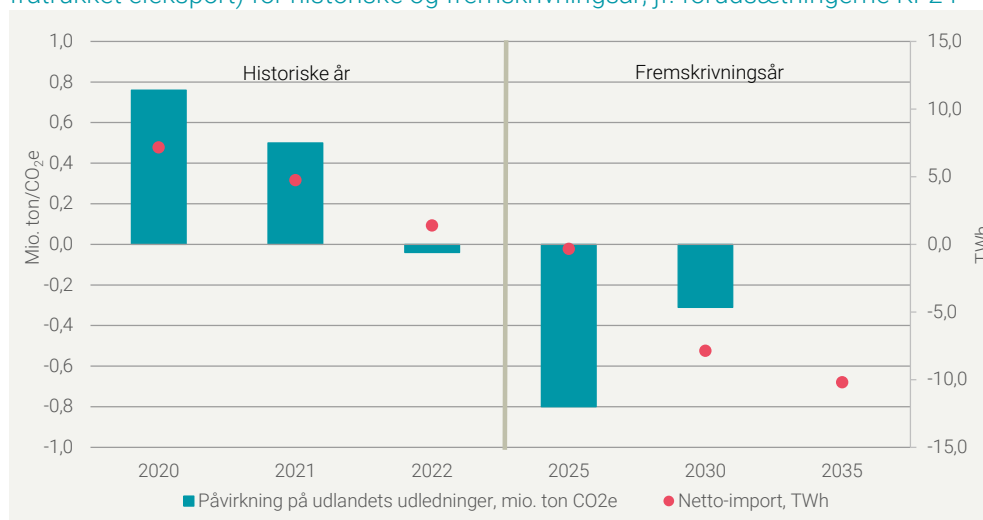
Kommende år: Skift til nettoeksport af el

Danmark importerer i dag mere el, end der eksporteres. Resultaterne indikerer, at Danmark skifter til at blive nettoeksportør, hvilket kan ses i figur 4 ved, at nettoimporten bliver negativ i fremskrivningsårene. Det betyder, at Danmark trækker mindre på udlandets elproduktion for at dække det danske elforbrug, end vi reducerer udlandets elproduktion pga. eksport af danskproduceret el.

¹¹ Dette skal ikke forveksles med VE-andelen for elforbrug (RES-E), da RES-E beregnes for et lands elforbrug. Nøgletallet for VE-andel i eleksporten ser kun på de timer, hvor der er eleksport og er et simpelt udtryk for, hvor stor en andel af eksporten kommer fra vedvarende kilder.

En af årsagerne er, at flere havvindmølleparker¹² forventes at komme i drift inden udgangen af 2030. Det bør bemærkes, at de planlagte energiøer ikke indgår, idet de ikke er en del af grundforløbet i KF24, som fremskrivningen baserer sig på.

Figur 4: Danmarks påvirkning på udlandets udledninger og nettoimport (elimport fratrukket elekspport) for historiske og fremskrivningsår, jf. forudsætningerne KF24



Kilde: Energistyrelsen. **Anm.:** Årsagen til faldet mellem historiske år og fremskrivningsår er en relativt højere stigning i elekspport end elimport i fremskrivningsperioden, jf. forudsætningerne i KF24.

Opgørelsens resultater nederst i tabel 2 i afsnit 2.1 viser, at dansk elekspport kommer til at have en stigende VE-andel, der frem mod 2030 nærmer sig 100 pct.

For de fremskrevne år skal det bemærkes, at nettoimport af el først falder i 2030. Dette skyldes udbygningen af dansk VE i 2030 som bliver tilsluttet i 2030. Påvirkningen på udlandets udledninger er negativ allerede fra 2022 og er negativ i alle fremskrivnings år frem mod 2035. Dette skyldes udbygning VE i Danmark. Dog er effekten mindre frem mod 2035 grundet udlandets egen udbygning af VE.

Ses der isoleret på udlandets territoriale udledninger, så er dansk elhandel en klimamæssig gevinst, da udlandet både modtager meget el, og da den el, de eksporterer til Danmark, er mere grøn, end det el, udlandet har, når de importerer fra Danmark. Men eftersom udlandet også har en større udbygning af VE, vil der være større overlap mellem dansk og udenlandsk VE-produktion. Fx når det blæser i Jylland, blæser det højst sandsynligt også i Nordtyskland. Derfor vil der ofte være

¹² For specifikke havvindmølleparker se forudsætningsnotat til Klimastatus og -fremskrivning 2024, KF24 sektorforudsætningsnotat El og fjernvarme kapitel 5 havvind. <https://kefm.dk/Media/638406562056565967/7.%20KF24%20Sektorforuds%C3%A6tningnotat%20El%20og%20jernvarme.pdf>.



timer, hvor der ikke er tilgængelig produktion via VE, at der skal importeres. Disse timer vil oftere være fra gasproduktion.

4.2 Elimport og –eksport i Danmark – samspil med udlandet

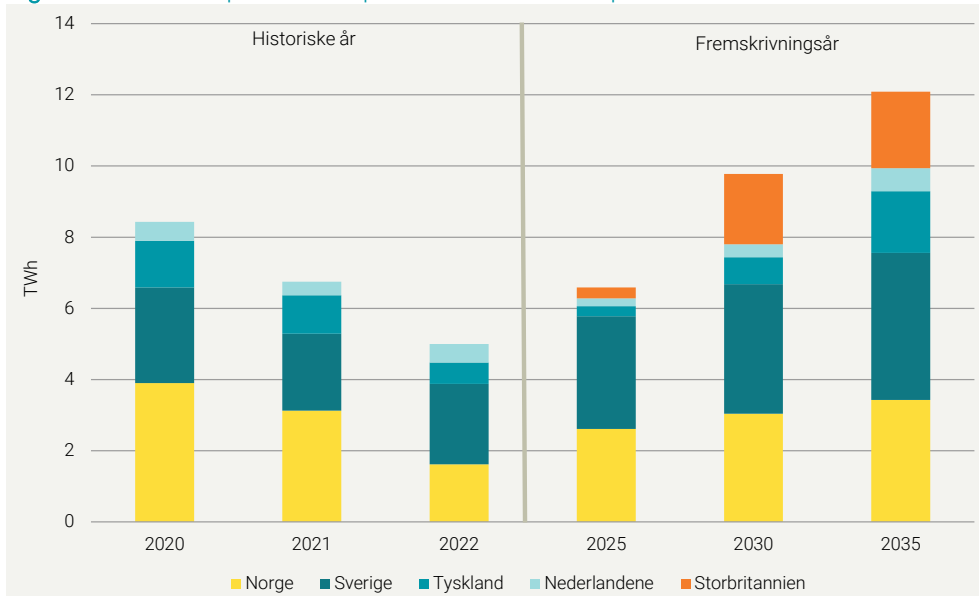
Afstemningen af elproduktion og -forbrug foregår på det nordeuropæiske elmarked. Norges og Sveriges elsystemer har en høj andel af vandkraft, som fungerer som el-lager i elmarkedet. Ellagrene fungerer således, at produktionen kan udskydes, og vandet gemmes til elproduktion, når der er højere efterspørgsel på el, og elprisen dermed er høj. Det vil den fx være i perioder med lav vindkraftproduktion.

Dette afsnit udfolder hovedresultaterne fra afsnit 2.2 som omhandler den danske eludveksling, der har til formål at balancere Danmarks elforbrug og produktion. I ovenstående afsnit viste resultaterne for fremskrivningsårene, at Danmark skifter til at blive nettoeksportør af el i indeværende årti. I nærværende afsnit udfoldes hhv. elimport og eksport for at give et billede af elementerne i udviklingen fra nettoimportør til –eksportør, som resultaterne indikerer Danmark vil gennemgå. Resultaterne i dette afsnit er baseret på balancemetoden både for fremskrevne og historiske år.

Danmark får mest el fra Norge og Sverige – det gælder også fremadrettet

I de historiske år (2020-2022) har det danske elsystem importeret mere el for at dække det danske elforbrug, end der er blevet eksporteret. Det har betydet, at dansk elforbrug har medvirket til en stigning i elproduktionen i udlandet og har dermed haft indflydelse på udlandets elproduktion og udledninger.

Elimporten kom hovedsageligt fra Norge og Sverige, men også Tyskland i 2022. Tæt på 80 pct. af elimporten kom fra Norge og Sverige i 2022. Efter en høj elimport i 2020 faldt elimporten i 2021 tilbage på niveau med de forrige år. Elimporten er faldet yderligere i 2022. Det var især den øgede elimport fra Norge, som medførte, at dansk elimport var høj i 2020, hvilket fremgår af figur 5. Der var flere vandressourcer nordpå i 2020 pga. vådår, hvorfor det var muligt for Danmark at importere større mængder billig el fra Norge og Sverige sammenlignet med 2021.

Figur 5: Dansk elimport fordelt på lande Danmark importerer fra

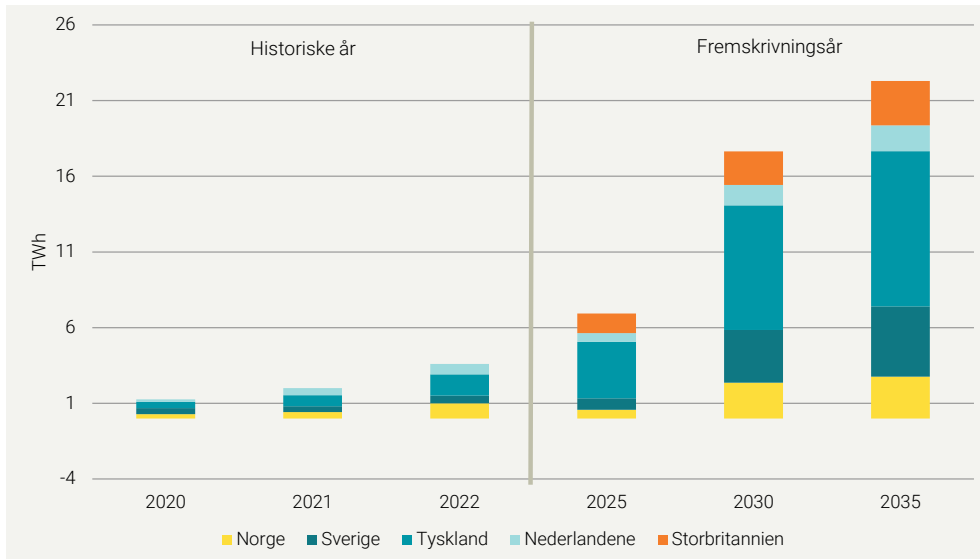
Kilde: Energistyrelsen. **Anm.:** Eksklusiv transit, dvs. elimport der importeres for derefter at blive eksporteret igen. En stor del af dansk elimport vil fortsat komme fra Sverige og Norge, men også øget elimport fra Storbritannien efter 2024, jf. forudsætningerne i KF23.

I fremskrivningsperioden 2023-2035 viser resultaterne, at Danmark fortsat vil importere meget el fra Norge og Sverige. De to nabolande, Norge og Sverige, vil gennemsnitligt stå for omkring 70 pct. af dansk elimport i perioden, som hovedsageligt består af VE, og derfor ikke resulterer i større yderligere udledninger. Derudover vil der forekomme elimport fra Storbritannien via udlandsforbindelsen til Storbritannien, der er etableret primo 2024. Der vil også importeres el fra Tyskland og Nederlandene.

Danmarks eleksport er steget siden 2020 – større stigning de kommende år

Det danske elsystem eksporterer hvert år el til udlandet, hvilket betyder en reduktion i udenlandske emissioner. Der er sendt el til Norge, Sverige og Tyskland i 2022 som i de to foregående år, selvom der også blev importeret endnu mere el samlet set fra disse lande. Den danske elproduktion resulterede i en eksport på 3,6 TWh til udlandet i 2022. Sammenlignet med året før betyder det, at eleksporten steg med 1,6 TWh i 2022, hvilket skyldtes en væsentlig større eleksport til Tyskland og Norge. Eksempelvis var eksporten til Tyskland over 90 pct. højere i 2022 i forhold til 2021.

Figur 6: Dansk eleksport fordelt på lande Danmark importerer fra. En stor del af dansk eleksport vil i stigende grad eksporteres til Tyskland, jf. forudsætningerne i KF24



Kilde: Energistyrelsen

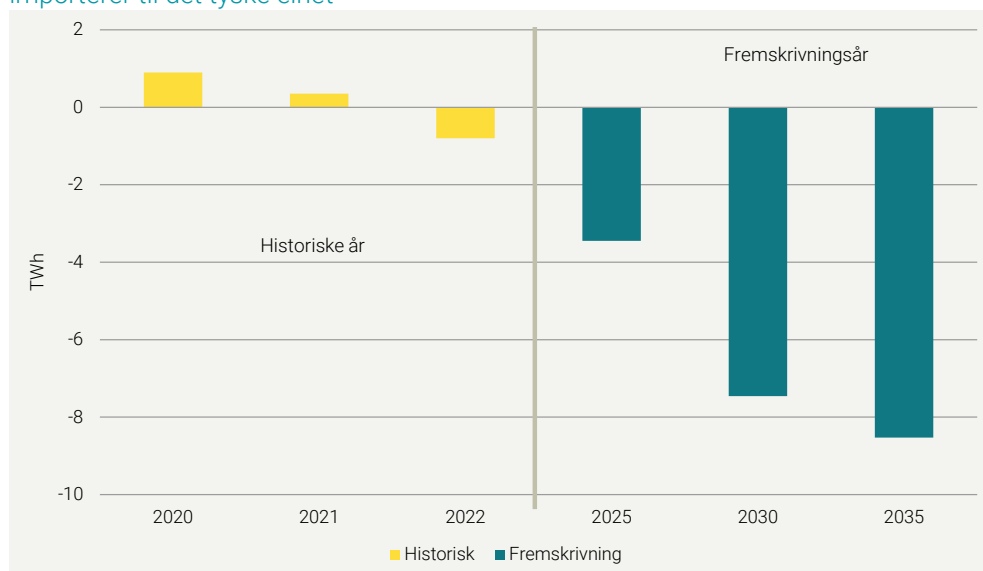
I fremskrivningsperioden (2023-2035) begynder Danmark at eksportere større mængder el til udlandet. Generelt kan det ses i figur 6, at der på baggrund af forudsætningerne i KF24 estimeres ca. en fordobling af dansk eleksport frem mod 2025 og mere end en femdobling i 2030 sammenlignet med 2022. Den store stigning i fremskrivningsperioden hænger bl.a. sammen med, at flere havvindmølleparker formodes at komme i drift i løbet af 2020'erne.

Ligesom det var tilfældet i de historiske år, vil der fortsat eksporteres el til Danmarks nabolande. Det er dog især Tyskland, hvor dansk elproduktion eksporteres hen i løbet af 2020'erne, idet omkring 50 pct. af dansk eleksport sendes til Tyskland i fremskrivningsperioden.

Tyskland formodes at gå fra primært at eksportere til Danmark til at importere

Som nævnt ovenfor spiller Tyskland en stor rolle i resultaterne for eksporten i de kommende år. I de tre seneste år har Danmark gået fra nettoimporteret el fra Tyskland til nettoeksport af el. Dette billede vil ifølge analysen i fremtiden blive forstærket. I figur 7 kan det ses, at dansk eludveksling går fra at være nettoimportør på det tyske elmarked til nettoeksportør i 2022. Denne udvikling formodes at blive forstærket frem mod 2030, hvor eksporten til især Tyskland stiger (baseret på forudsætningerne i KF24).

Figur 7: Historisk har vi importeret mere el fra Tyskland end vi har eksporteret. Det billede ændrer sig i løbet af 2020'erne, hvor Danmark vil eksportere mere el end vi importerer til det tyske elnet



Kilde: Energistyrelsen

Det bemærkes, at danske vindmøller i et omfang er blevet nedreguleret de seneste par år. Danmark eksporterede ca. 3 TWh (Energinet, 2022b) færre til Tyskland i 2020 end muligt pga. specialregulering af vindenergi for at løse udfordringer med flaskehalse i det tyske interne elnet¹³. Hvis den nedregulerede el var eksporteret til Tyskland, kunne det teoretisk have resulteret i større eksport og færre emissioner i udlandet pga. reduceret drift på fx et kulkraftværk i Tyskland. En ny metode for modhandel udarbejdet af Energinet har medført at færre vindmøller bliver nedreguleret¹⁴.

Fremskrivningsårenes udvikling i udlandet, herunder Tyskland, er baseret på scenarier fra ENTSO-E. Med disse scenarier er der taget højde for den Europæiske aftale "fit for 55", som forpligter EU til at reducere sine udledninger med 55 pct. i 2030. Scenarierne fra ENTSO-E betyder en hurtigere grøn omstilling af Europa, hvilket betyder, at effekterne på udlandets udledninger fra dansk eludveksling vil være aftagende i størrelse, eftersom der er mindre fossil energi at erstatte samt mere VE i udlandet.

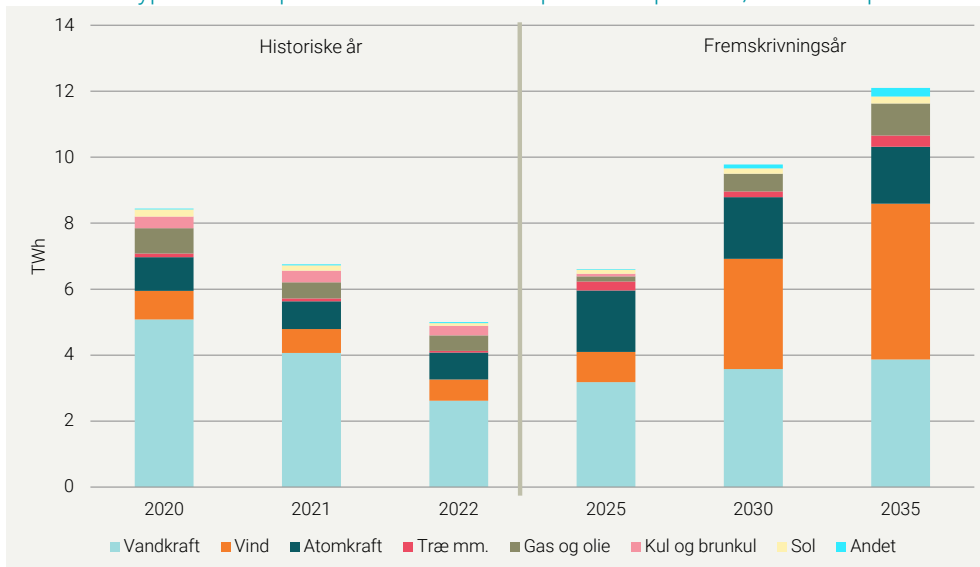
¹³ Betydningen af flaskehalsene i det tyske elnet er nærmere belyst under usikkerheder i afsnit 5.

¹⁴ Slut med stoppede vindmøller i blæsevejre: <https://energinet.dk/om-nyheder/nyheder/2024/01/18/slut-med-stoppede-vindmoller-i-blaesevejr>; <https://energinet.dk/om-nyheder/nyheder/2024/01/18/slut-med-stoppede-vindmoller-i-blaesevejr/>

Danmark importerer vandkraft fra nord

Figur 8 viser dansk elimport opgjort på teknologi- og brændselstype, og indikerer hvilke teknologier, Danmark importerede el fra. Det ses bl.a., at elimporten hovedsageligt sker på tidspunkter, hvor el er baseret på vandkraft i 2022, men også i de forrige to år.

Figur 8: Dansk elimport i historiske og fremskrivningsår opgjort på teknologi- og brændselstype baseret på elmikset i udlandet på de tidspunkter, hvor vi importerer



Kilde: Energistyrelsen

Ligeledes viser figur 8, at Danmark i dag importerer el på tidspunkter og fra lande, hvor vandkraften er hovedbestanddelen i elmikset, mens vindkraft vil få en stigende andel af importen fremadrettet. Elmikset i importen til Danmark forventes at blive grønnere og grønnere, bl.a. pga. den stigende mængde vindkraft. Dette er bl.a. en af årsagerne til, at den estimerede effekt på udlandets udledninger fra dansk eludveksling falder i fremskrivningsperioden.

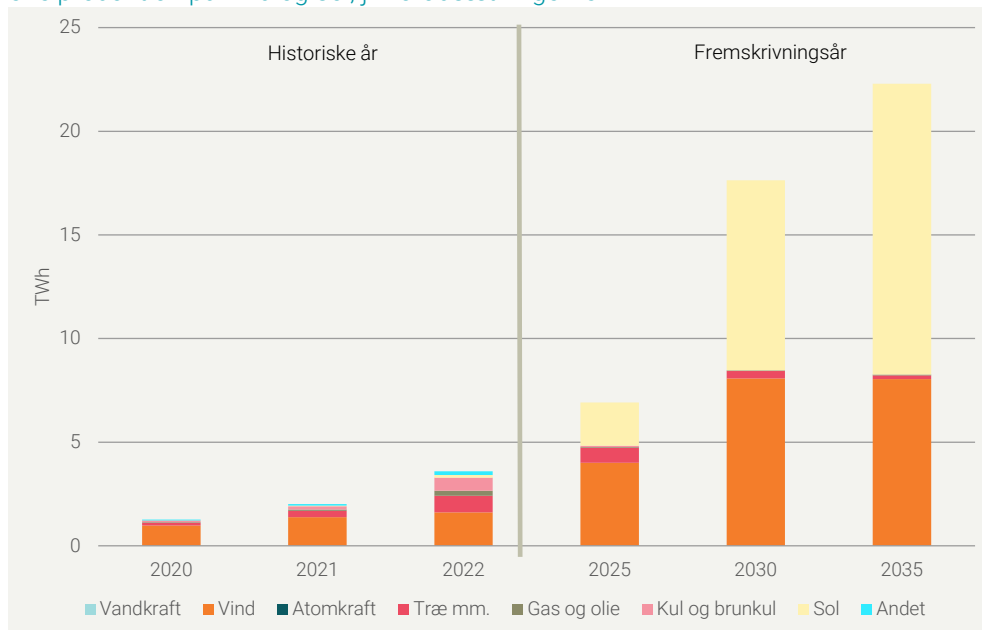
På trods af en stigende mængde vindkraft i udlandets elmiks vil der være stor korrelation mellem danskproduceret el fra vindkraft og udlandets produktion fra vindkraft. Derfor vil der, når det danske forbrug skal dækkes, importeres el fra andre kilder. Her vil gas indgå især fra Tyskland og Nederlandene. Dette giver en udledning i udlandet for at dække det danske forbrug.

Danmark vil fortsat eksportere, når der er meget sol- og vindkraftproduktion

Det fremgår af figur 9, at den danske eleksport historisk og frem mod 2035 vil ske på tidspunkter, hvor sol og vindkraft er dominerende i det danske elsystem. Eleksport fra vind er mellem 60 og 40 pct. af den samlede eleksport fra Danmark i fremskrivningsperioden. Det ses også, at el produceret fra solceller kommer til at

fyldte mere frem mod 2035. Eleksporten fra solceller nærmer sig 60 pct. frem mod 2035, og eleksport på sol og vind bliver dominerende.

Figur 9: Eleksport fra Danmark opgjort på teknologitype baseret på det danske elmiks på de tidspunkter hvor vi eksporterer. Danmark vil i stigende grad sende el ud, når der er elproduktion på vind og sol, jf. forudsætningerne i KF24



Kilde: Energistyrelsen

4.3 Effekten ved yderligere dansk eleksport fra vedvarende energi

Dette afsnit udfolder hovedresultaterne fra afsnit 2.3: Effekten ved en yderligere dansk eleksport fra VE eller import til at dække et øget dansk elforbrug. Resultater for emissioner er baseret på marginalmetoden beskrevet i afsnit 3 og tager dermed udgangspunkt i beregninger af, hvilke elproduktionsanlæg i Nordeuropa der justeres, hvis dansk elhandel med udlandet justeres set ift. KF24. Resultaterne belyser effekten i udlandet af fremtidige ændringer i Danmarks eleksport og elimport. Metoden er anderledes end i afsnit 4.1 og 4.2, der er baseret på balancemetoden og ikke ser på en ændring men på ét års samlede udledninger.

Når der sker ændringer i det danske elsystem enten ved nye initiativer, som øger elforbruget, eller der etableres flere havvindmøllerparker, påvirker det ikke kun det danske elsystem. Hvis Danmark skulle øge elproduktionen uden tilsvarende stigning i indenlandsk elforbrug, ville en del af elektriciteten eksporteres til udlandet, og dermed reducere udlandets udledninger fra elproduktionen. Omvendt vil et øget elforbrug uden en tilsvarende stigning i elproduktionen alt andet lige resultere i, at dele af elektriciteten må importeres fra udlandet, og dermed øge udledningerne i udlandet.

Der skal altid være balance mellem elforbrug og –produktion i elsystemet. Det betyder, at der på alle tidspunkter er et anlæg, som producerer den sidste kWh til at



dække elforbruget, dvs. det marginale elproducerende anlæg. Et øget elforbrug i Danmark – uden tilsvarende stigning i indenlandsk elproduktion – vil medvirke til, at udlandet i større grad skal dække elforbruget i Danmark, hvorfor der på kort sigt opreguleres for anlæg i udlandet. Det marginale anlæg skal her forstås som et gennemsnit af de marginale anlæg fra flere lande, og ikke som ét specifikt anlæg.

I dette afsnit vil effekten af ændringer i dansk eludveksling belyses vha. en beregningsteknisk opgørelse baseret på udlandets marginale emissionsfaktor (emissionsfaktoren for det marginale elproducerende anlæg) baseret på KF24.

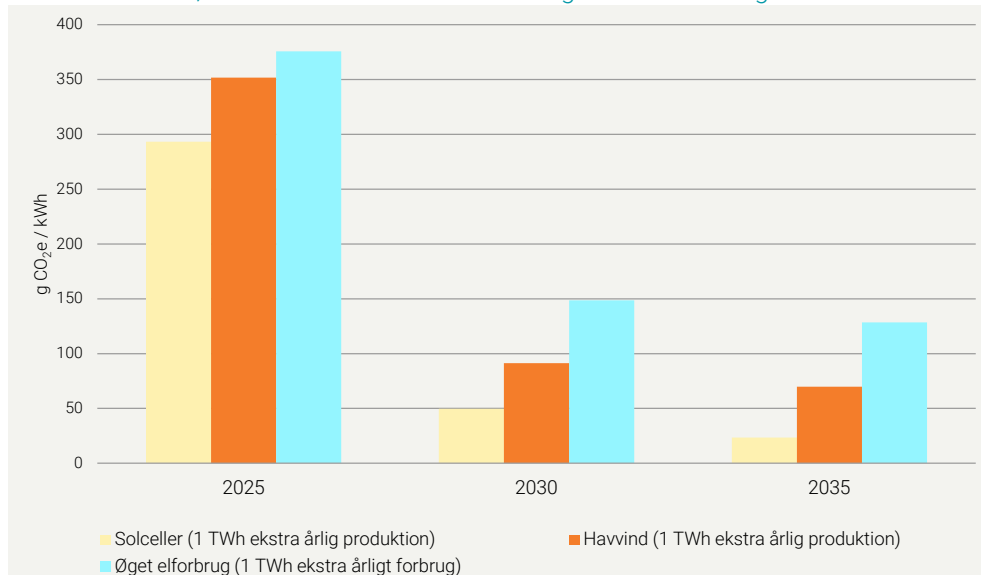
Øget dansk eleksport har effekt i udlandet – men den reduceres over tid

I figur 10 præsenteres analysens resultater i form af udlandets emissionsfaktor ved øget elforbrug eller elproduktion i Danmark¹⁵. De første to søjler (hhv. sol eller havvind) i figur 10 viser udlandets marginale emissionsfaktorer ved øget dansk elproduktion for årene i fremskrivningsperioden. Det betyder, at en fremtidig ændring resulterende i en øget eksport af dansk el, vil reducere emissioner fra udenlandske elproduktionsanlæg. Søjlerne viser emissionsfaktoren ved at installere flere solceller eller havvindmøller, dvs. ved øget eleksport.

Figuren viser også indikationer på, at klimaeffekten i udlandet af en eventuel øget eleksport af dansk grøn elektricitet (havvind eller sol) vil være faldende over tid. Det skyldes, at udlandets elproduktion i større grad vil blive baseret på grøn energi på sigt. Det resulterer i, at selvom Danmark skulle eksportere mere grøn el løbende, så vil det i mindre grad erstatte elproduktion på fx et termisk værk i udlandet for fremtiden, og dermed resultere i en faldende effekt over tid.

¹⁵ Det er antaget for både elproduktion og elforbrug at stigningen sker i 2023 og er konstant for resten af fremskrivningsperioden.

Figur 10: Emissionsfaktoren i figuren er den marginale elproduktion fra det gennemsnitlige marginale elproduktionsanlæg. I dag er det marginale anlæg typisk termiske værker, men i fremtiden vil det i større grad være vind og sol



Kilde: Energistyrelsen. **Anm.:** Emissionsfaktoren for hhv. øget elforbrug eller elproduktion (Vind eller sol) har modsatrettede effekt, idet øget elforbrug øger den marginale emissionsfaktor, hvor øget elproduktion reducerer udlandets gennemsnitlige udledninger.

Klimaeffekt fra en øget dansk elimport er ligeledes faldende over tid

Klimaeffekten i udlandet af en situation, hvor Danmark importerer mere el fra udlandet end forudsat i KF24, vil også være faldende over tid. Årsagen er den samme som nævnt ovenfor for øget eksport, nemlig at udlandets elproduktion frem mod 2035 forudsættes at blive grønnere, og har fx færre værker som producerer på kul eller brunkul. Det har den betydning, at ved en ændring, hvor Danmark øger sin import af el, vil en stigende del af elektriciteten være baseret på vedvarende energikilder, også i udlandet. Derfor kan man i figur 10 se, at den marginale emissionsfaktor i udlandet er faldende for direkte stigning i elforbrug, dvs. øget dansk elimport.

4.4 Energjøer

Udbygning med energjøer i Nordsøen og Østersøen med dertilhørende eksport forventes til dels at fortrænge fossilt energiforbrug i andre lande. Når Danmark eksporterer grøn el til udlandet, reducerer det udledningerne i udlandet, fordi landene omkring os kan skruer ned for produktionen af el baseret på fossil energi. Danmark vil eksportere mere grøn energi i fremtiden med beslutningen om at bygge verdens første energjøer.

Med aftalen "Tillægsaftale om Energiø Bornholm den 29. august 2022" bliver Energiø Bornholm udvidet fra 2 til 3 GW. Men pga., at støttebehovet er vurderet til at være højere end støtteløftet er Energiøen ved Bornholm ikke inkluderet i grundforløbet KF24 og dermed ikke i GA24.



Energiøen i Nordsøen anses på nuværende tidspunkt stadig at være i planlægningsfasen, og der foreligger ingen endelig aftale omkring etableringen. Derfor er energiøen i Nordsøen endnu ikke medtaget i KF24s grundforløb, og derfor heller ikke i denne analyse. Det forventes, at energiøen ville skulle fungere som knudepunkt for distribution af energi til Danmark og andre lande, hvilket forudsætter enten forbindelser til udlandet, eller markant øget elforbrug i Danmark (fx gennem PtX). Med vedtagelse af regeringens Power-to-X-strategi (KEFM, 2022) er aftalepartierne enige om, at Danmark skal sigte efter 4-6 GW elektrolysekapacitet i 2030. Dette ville kunne bidrage til en markant forøgelse af Danmarks elforbrug, men indgår kun i begrænset omfang i KF24.

En del af energiøernes elproduktion vil øge dansk eksport med nuværende forudsætninger for udlandets elforbrug i KF24, men der kan inden etableringen af energiøerne nå at ske væsentlige udviklinger i både det danske og udenlandske energisystem. Generelt har energiøerne dog til hensigt at muliggøre en øget eksport af Danmarks havvind, hvilket forventes at bidrage positivt til hastigheden og omfanget af Europas samlede grønne omstilling. Dertil skal bemærkes, at energiøerne kan have en langsigtet global reduktionseffekt i det omfang, at udviklingen af konceptet omkring energiøerne kan inspirere andre dele af verden til at være mere ambitiøse med udbygningen af havvind. Samtidig vil der være mulighed for teknologiudvikling i forbindelse med etableringen af energiøerne, hvilket også indirekte kan få betydning for de globale udledninger.

I takt med en forventet omfattende elektrificering af samfundet i Danmark og udlandet, vil det muligvis også være relevant at anskue eludveksling i et større perspektiv – også ifm. etablering af energiøerne. Planer for en betydelig udbygning af Power-to-X i EU og Danmark åbner således for, at man potentielt kan nyttiggøre endnu mere af Danmarks VE-ressourcer. I stedet for at eksportere elektriciteten direkte til udlandet, kan der også eksporteres grønne brændsler til udlandet. Der vil altså være en sammenhæng mellem eksport af energi i form af brændsler og eksport af energi i form af el, som tilsammen kan gøre, at Danmarks VE-udbygning kan øges, hvilket kan være til fordel for både Danmark og vore nabolande.

4.5 Sammenligning af resultater med sidste års globale afrapportering

Sidste års globale afrapportering inkluderede for eludveksling resultater ved brug af en gennemsnitsmetode (balancemetoden) samt ved brug af marginalmetoden.

Det er muligt at sammenligne emissionsfaktorerne for udenlandsk el ved enten øget elforbrug eller elproduktion i Danmark, som alt andet lige medfører enten øget elimport eller eksport. Forudsætningerne, som ligger til grund for GA23 og GA24, er ikke direkte sammenlignelige, idet det er hhv. KF23 og KF24, som anvendes. Der er mellem KF23 og KF24 sket en opdatering af brændselspriserne samt dansk



elforbrug og elproduktion, og for udlandet er der lagt et nyt datasæt ind for elproduktionsapparatet¹⁶, hvorfor sammenligningsgrundlaget ikke er identisk.

I tabel 5 sammenlignes resultatet af nettoimporten, eludvekslingens påvirkning på udlandets udledninger, og VE andelen i dansk eleksport. Der ses en reduktion i nettoimporten fra GA23 sammenlignet med GA24. Dette skyldes at Energiø Bornholm ikke længere er en del af KF24 grundforløbet. Dette har dog ikke stor betydning på dansk eludvekslings påvirkning på udlandets udledninger. Det har heller ikke stor betydning for VE andelen i eleksporten.

Tabel 5: Danmarks påvirkning på udlandet via. balancemetoden. Resultat af sammenligning med GA23

Nøgletal	Sammenligning af balancemetoden (2030)	
	GA23	GA24
Nettoimport, <i>TWh</i>	-13,5	-7,9
Påvirkning på udlandets udledninger, <i>mio. ton CO₂e</i>	-0,3	-0,3
VE andel (inkl. Biomasse) ved dansk eleksport, <i>pct.</i>	99	99

Kilde: Energistyrelsen

I tabel 6 sammenlignes udlandets gennemsnitlige marginale emissionsfaktorer ved ændringer i det danske elsystem for GA23 og GA24. På trods af forskelle i forudsætningsgrundlaget indikerer tallene, at både øget dansk elimport og –eksport har en markant mindre effekt på udlandets udledninger sammenlignet med sidste års globale afrapportering. Dette skyldes bl.a. en opdatering af forudsætningerne for brændselspriser, inden- og udenlandsk elforbrug samt elproduktion.

Tabel 6: Udlandets gennemsnitlige marginale emissionsfaktorer ved hhv. øget elproduktion og øget elforbrug i Danmark. Resultat af sammenligning med GA23

Udlandets gennemsnitlige marginale emissionsfaktor (g CO ₂ /kWh)	Sammenligning af marginalmetoden (2030)	
	GA23	GA24
Øget elproduktion (Vind) <i>+1 TWh årlig elproduktion</i>	46	91
Øget elforbrug <i>+1 TWh elforbrug</i>	128	149

Kilde: Energistyrelsen

¹⁶ ERAA2023 fra den europæiske sammenslutning af transmissionsansvarlige (ENTSO-E). ERAA står for European Resource Adequacy Assessment.



5 Kvalificering

5.1 Usikkerheder

Opgørelsen af klimaeffekten af den danske eludveksling frem mod 2035 er behæftet med stor usikkerhed. Dels er resultaterne betinget af det anvendte scenarie for udviklingen i elproduktionskapacitet og elforbrug i udlandet såvel som i Danmark. Et grønnere udland vil fx betyde lavere udenlandske CO₂-udledninger for at dække det danske elforbrug, mens et mere konservativt udland vil betyde en større CO₂-udledning i udlandet for at dække dansk elforbrug. Dertil har især fremskrivningen af brændselspriserne betydning for, hvilke anlæg driften ændres på, når dansk eleksport ændrer sig.

Ser man på en ændring af eleksporten (marginalmetoden) kan størrelsen af ændringen af eleksporten også have betydning for resultatet. Hvis ændringen i eleksporten er dobbelt så stor, vil der være flere anlæg, der reducerer deres drift, og det kan give en anden sammensætning af fortrængt elproduktion.

I de næste afsnit uddybes specifikke usikkerheder, som vurderes at have væsentlig betydning for resultaterne i analysen.

Afgrænsninger ift. forudsætninger for udlandet

Udlandets og især Danmarks nærmeste elhandelspartnere har relativ stor betydning for analysens resultater. I den forbindelse skal det bemærkes, at forudsætningerne for udviklingen i de andre europæiske elsystemer er baseret på TYNDP2022 og ERAA2023 der i et vist omfang tager højde for politiske udmeldinger fra de seneste år. Ud over en hurtigt udviklende energisektor har Ukraine-situationen også skabt øget usikkerhed på energimarkederne, hvilket yderligere afgrænser analysens robusthed. Dog kan fremskrivningen stadig skabe indsigt og give en indikation på, hvordan dansk eludveksling påvirker udlandets gennemsnitlige udledninger.

Håndtering af transitflow mht. fremskrivningsperioden

I analysen med balancemetoden er der ikke taget højde for, hvorvidt elektriciteten, Danmark importerer, rent faktisk er produceret i det land, som der importeres fra eller om elektriciteten oprindeligt er produceret i et tredjeland.

Det betyder, at når Danmark importerer fra fx Tyskland, er det muligt at en del af elimporten til Danmark blot anvender det tyske elnet som transit fra et tredje land.

Det er en begrænsning, at det i dette tilfælde er Tysklands gennemsnitlige emissioner, som anvendes på tidspunkter, hvor Danmark importerer fra Tyskland, selvom dele af elektriciteten kan være videreproduceret i et tredje land.

Energigørerne er ikke en del af grundforløbet i KF24

I *Klimaaftale for energi og industri mv. 2020* (KEFM, 2020b) indgår etablering af bl.a. to energigør, hhv. Energiø Nordsøen og Bornholm. Energiøen i Nordsøen anses på



nuværende tidspunkt stadig at være i planlægningsfasen, og der foreligger ingen endelig aftale omkring etableringen. Derfor kan energiøen endnu ikke medtages i KF24s grundforløb, og derfor heller ikke direkte i dette notat. Selvom der foreligger aftalen "Tillægsaftale om Energiø Bornholm den 29. august 2022" indgår Energiø Bornholm ikke i KF24s grundforløb. Dette skyldes at det er blevet vurderet at støttebehovet for Energiøen ligger over støtteloftet, hvorfor Energiøen ikke medtages. Energiøerne vil øge dansk elproduktion væsentligt, når de etableres, og forventeligt også eleksporten. Der er derfor en vis ekstra usikkerhed forbundet med resultaterne for den sidste del af fremskrivningsperioden.

Reduktioner inden for kvotesektoren giver reel klimaeffekt

Elsektoren i EU er omfattet af EU's kvotehandelssystem og en mindre udledning fra kulkraftværkerne medfører, at der opstår et større overskud af CO₂-kvoter i EU's kvotehandelssystem. Imidlertid er vurderingen, at dette større overskud kun i meget begrænset omfang sænker kvoteprisen og dermed fører til, at udledningen øges andre steder i kvotesektoren. Dermed vil det have en reel klimaeffekt, når eksport af dansk grøn el reducerer kulkraftproduktion i udlandet. Det skyldes, at kvotehandelssystemet sørger for hvert år at "opsuge" 24 pct. af kvoteoverskuddet på markedet.

Interne problemer på det tyske elnet og sammenhængen til dansk eludveksling

Som beskrevet under afsnit 3. "Metode og antagelser", er grundlaget for fremskrivningen inden for både balancemetoden og marginalmetoden resultater fra Ramses, som modellerer elmarkedet (svarende til day-ahead spotmarkedet). Elproduktionen i Europa er primært styret efter elmarkedet, hvilket gør Ramses resultater til et godt bud, men TSO'erne er ofte nødt til at foretage regulering i elproduktionen for at undgå overbelastning på elledningerne.

Normalt er reguleringen meget lille ift. den samlede elproduktion. Dette gælder dog ikke altid for Tyskland, der i elmarkedet fungerer som én priszone, dvs. at alle producenter i Tyskland samt eludveksling med nabolandene er ligestillede på elmarkedet uden hensyntagen til flaskehalse i det interne elnet i Tyskland.

De eksisterende flaskehalse i transmissionsnettet mellem det nordlige og sydlige Tyskland skaber situationer på elmarkedet, hvor clearing på markedet giver en elproduktion, som det tyske elnet ikke kan håndtere. Disse situationer opstår når der er en høj elproduktion fra vindmøller i Nordtyskland, hvilket giver et stort behov for transmission til Sydtyskland. Da der er en stor korrelation mellem vindproduktion i Nordtyskland og Jylland, vil markedsclearingen i disse situationer give en stor elimport fra Vestdanmark til Tyskland, som yderligere sætter pres på det tyske elnet.

Den tyske TSO gør derfor brug af nedregulering i Nordtyskland og i bl.a. Danmark for at undgå overbelastning i på det tyske elnet.



I 2020 blev der foretaget en nedregulering på i alt 3 TWh i Danmark, hvor de 1,5 TWh blev ydet af vindmøller, som undlod at producere pga. interne flaskehalse i Tyskland. Energinet har oprettet et marked som gør at nedreguleringen af vindmøller ikke er nødvendigt pga., det tyske elnet¹⁷.

5.2 Følsomhedsanalyser

Følsomhedsanalyserne dækker fremskrivningsperioden, eftersom det er denne del af resultaterne, der er størst usikkerhed omkring. Beregningerne er foretaget for 2030. Der er gennemført følsomhedsanalyser for hhv. balancemetoden og marginalmetoden. Resultaterne for følsomhedsberegningerne er beskrevet og vist i bilaget.

Følsomhedsanalyse for balancemetoden

En række følsomhedsberegninger er foretaget omkring de centrale forløb for at teste robustheden af resultaterne. Følsomhedsberegningerne viser, at det centrale forløb er robust ift. ændringer i CO₂-kvoteprisen og klimaår. De omtalte følsomhed påvirker Danmarks påvirkning på udlandet med 0 pct., sammenlignet med det centrale forløb i 2030.

Følsomhedsanalyse for marginalmetoden

De samme følsomhedsberegninger er foretaget omkring de centrale forløb for at teste robustheden af resultaterne på marginalmetoden. På baggrund af følsomhedsberegningerne konkluderes det, at resultaterne er meget følsomme over for klimaåret, især ved forøget elproduktion fra havvind samt øget elforbrug. Følsomhedsberegninger på CO₂-kvoter viser, at både en forøgelse af CO₂-kvoteprisen især påvirker den marginale emissionsfaktor ved ekstra solceller i Danmark.

5.3 Perspektivering

Der eksisterer ikke nogen universel og fyldestgørende metode til at opgøre, hvordan et lands eludveksling påvirker udlandets udledninger. Analysen præsenteret i dette notat har anvendt hhv. en gennemsnitsmetode (balancemetoden) og en marginalmetode. Gennemsnitsmetoden søger at opgøre den samlede klimaeffekt af et års dansk eludveksling. Marginalmetoden anvendes til at undersøge, hvad ændringer i elsystemet muligvis ville kunne betyde, altså hvilke anlæg, som evt. tændes eller slukkes ved ændringen.

Der vil fortsat blive udviklet på opgørelsen af dansk eludvekslings klimapåvirkning. En del af dette er muligheden for en større detaljegråd vedr. teknologi, lande og emissionsfaktorer.

¹⁷ Slut med stoppede vindmøller i blæsevej: <https://energinet.dk/om-nyheder/nyheder/2024/01/18/slut-med-stoppede-vindmoller-i-blaesevej/>



6 Kilder

Energinet. (2020). Miljødeklaration 2020. Energinet.

Energinet. (2021). Revisionspraksis, Miljø- og eldeklaration. Energinet.

Energinet. (2022a). Energi data service - Production and Consumption - Settlement. Hentet 21. april 2022 fra <https://www.energidataservice.dk/tso-electricity/productionconsumptionsettlement>

Energinet. (2022b). Nedreguleret hos danske aktører. Hentet 21. april 2022 fra <https://energinet.dk/-/media/14D743CB30764B7C965823F049573F75.pptx>

ENS. (2016). Notat om opdatering af elhandelskorrektion. Energistyrelsen.

ENS. (2023). Energistatistik 2022. Energistyrelsen.

ENS. (2024a). Klimastatus og -fremskrivning 2024. Energistyrelsen.

ENS. (2024b). Klimastatus og -fremskrivning 2024 (KF24): Ny politik, der indgår i KF24, samt politik der ikke indregnes. Energistyrelsen.

ENS. (2024c). Klimastatus og -fremskrivning 2024 (KF24): Ramses modellen. Energistyrelsen.

KEFM. (2020a). Lov om klima. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet.

KEFM. (2020b). Klimaaftale for energi og industri mv. 2020 af 22. juni 2020. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet.

KEFM. (2022). Udvikling og fremme af brint og grønne brændstoffer (Power-to-X strategi). Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet.



7 Bilag

Følsomhedsanalyserne dækker fremskrivningsperioden, eftersom det er denne del af resultaterne, der er størst usikkerhed omkring. Beregningerne er foretaget for 2030. Der er gennemført følsomhedsanalyser for hhv. balancemetoden og marginalmetoden.

Følsomhedsanalyse for balancemetoden

En række følsomhedsberegninger er foretaget omkring de centrale forløb for at teste robustheden af resultaterne. Beregningerne baseres på følgende seks følsomhedsscenarier:

- Scenarie A: CO₂-kvoteprisen øges 10 pct.
- Scenarie B: CO₂-kvoteprisen reduceres 10 pct.
- Scenarie C: Klimaår ændret til 2009, hvilket ændre el produktions mønster for vind- og vandkraft.
- Scenarie D: Klimaår ændret til 1995, hvilket ændre el produktions mønster for vind- og vandkraft.

Resultaterne vises i tabeller nedenfor i form af procentafvigelsen i CO₂e-emissionsfaktoren ift. det centrale forløb i 2030.

Tabel 7: Resultater af følsomhedsberegninger på balancemetoden i 2030

Scenarie 2030	Påvirkning på udlandet (mio. ton CO ₂)	Variation ift. centralt forløb
Centralt forløb	-0,3	-
Scenarie A (Højere kvotepris)	-0,3	0%
Scenarie B (Lavere kvotepris)	-0,3	0%
Scenarie C (Klimaår 2009)	-0,3	0%
Scenarie D (Klimaår 1995)	-0,3	0%

Kilde: Energistyrelsen

På baggrund af følsomhedsberegningerne konkluderes det, at:

- Ved højere kvotepriser ikke påvirker Danmarks eludveksling med udlandet, hvilket afspejles i at påvirkningen på udlandet er på samme niveau. Det samme gør sig gældende for en lavere kvotepris.
- Det centrale forløb i GA24 (og dermed også KF24) er med klimaår 2008. Ved variation af klimaår påvirkes udlandet ikke nævneværdigt anderledes i forhold til det centrale forløb.

Følsomhedsanalyse for marginalmetoden

Ligeledes er der foretaget en række følsomhedsberegninger omkring de centrale forløb ved marginalmetoden for at teste robustheden af resultaterne. Beregningerne er baseret på de samme fire følsomhedsscenarier:



Følsomhederne foretages på hvert forløb (øget elforbrug samt øget elproduktion fra hhv. havvind og solceller). Resultaterne vises i tabeller nedenfor i form af procentafvigelse i CO₂-emissionsfaktoren ift. det centrale forløb i 2030.

Table 8: Resultater af følsomhedsberegninger for marginalmetoden på emissionsfaktor i 2030

kgCO ₂ /MWh el	Forbrug (+1 TWh)		Havvind (+1 TWh)		Solceller (+1 TWh)	
	Emissions-faktor	Forskel	Emissions-faktor	Forskel	Emissions-faktor	Forskel
Centralt forløb	149	-	91	-	50	-
Scenarie A Højere kvotepris	154	3%	83	-10%	39	-28%
Scenarie B Lavere kvotepris	144	-3%	97	6%	57	12%
Scenarie C Klimaår 2009	216	31%	151	40%	56	11%
Scenarie D Klimaår 1995	171	13%	107	15%	54	7%

Kilde: Energistyrelsen

På baggrund af følsomhedsberegningerne konkluderes det, at:

- Ændringen i kvoteprisen påvirker mere marginalproduktion end det gør marginalforbruget. Hovedsageligt solceller er påvirket af en ændring i kvotepris. Dette giver god mening da solceller står for største delen af eksporten fra Danmark.
- Resultaterne er mere følsomme på ekstra produktion og forbrug når det kommer til klimaår. Den højere emissionsfaktor for klimaår 2009 og klimaår 1995 ved øget produktion skyldes, at selvom der er et fald i produktion fra næsten alle kilder i udlandet, så er det et større fald i produktion fra CO₂-frie kilder ift. fossile kilder. Når der er øget forbrug stiger produktion fra CO₂-frie kilder derimod næsten lige så meget som produktion fra fossile kilder.