

ET GRØNNERE OG MERE FLEKSIBELT ELFORBRUG

En analyse af økonomiske og klimamæssige
gevinster af større forbrugsfleksibilitet

Forord

Over de kommende ti år bliver den grønne omstilling i Danmark i høj grad drevet af elektrificering. Det vil udfordre elnettet, når der skal transporteres mere el, og kræve investeringer i elnettets kapacitet. Samtidigt skal strømmen i endnu højere grad end i dag produceres af sol- og vindenergi, hvilket gør produktionen mere vejrafhængig og øger risikoen for ubalancer. Elforbruget kan imidlertid gøres mere fleksibelt og i højere grad indrettes efter produktion og belastning af nettet.

Ved at udnytte det eksisterende elnet mere jævnt over døgnet, kan en del af de forestående investeringer i nettet udskydes. Det vil samlet set give anledning til betydelige besparelser, selvom der fortsat vil være behov for at bygge mere net. Et mere fleksibelt forbrug vil bidrage til at mindske ubalancer mellem produktion og forbrug, skubbe på udrulningen af grønnere strøm samt bidrage til lavere og mere stabile elpriser med de gevinster for forbrugere, virksomheder og samfund, dette indebærer. Forbrugsfleksibilitet er således én blandt flere vigtige brikker i fremtidens elsystem.

CIP Fonden har bedt Copenhagen Economics (CE) udarbejde en analyse af potentialet for fleksibilitet i elforbruget blandt husholdninger og mindre virksomheder. Analysen er grundlaget for CIP Fondens projekt, "Et grønnere og mere fleksibelt elforbrug", hvor fokus er rettet mod forbrugsfleksibilitet for mindre elforbrugere. Baggrunden er, at installation af solceller, husstands batterier, elbiler og varmepumper i stigende grad bliver en del af virkeligheden i private hjem. Digitalisering hjælper samtidigt til, at forbrugerne automatisk kan købe el, når den er billig eller sælge fleksibilitet til potentielle markeder for flaskehals- og systemydelser.

Med afsæt i diskussioner med netselskaber og udbydere af relevante teknologiske løsninger, giver analysen et opdateret bud på de potentielle gevinster for forbrugere, elproducenter og elnet af et mere fleksibelt elforbrug hos de mindre elbrugere. I analysen kigger vi 10 år ud i fremtiden og resultaterne er derfor behæftet med usikkerhed.

Denne analyse kommer ikke med anbefalinger til regulering eller hvordan, fremtidige markeder for flaskehals- og systemydelser bedst indrettes. CIP Fonden vil kigge på spørgsmål i separate analyser.

VORES OPGAVE

- I denne analyse kortlægger vi gevinsterne for forbrugere, producenter, elnet og klima i 2035, når mindre elforbrugere bruger el mere fleksibelt over døgnet timer. Potentiallet estimeres med afsæt i antagelser om husholdningers traditionelle elforbrug, anvendelse af elbiler og varmepumper samt den direkte elektrificering af produktionen i mindre virksomheder.
- Vi beregner effekterne af et mere fleksibelt elforbrug ved hjælp af vores *power market*-model og ud fra følgende tre scenarier: '**Business as usual**', som antager at 2035 ligner 2025, '**Fleksibelt forbrug**', som lægger en vis adfærdscændring og teknologisk udvikling til grund samt '**Fuldt fleksibelt forbrug**', som antager en betydelig teknologisk udbredelse af allerede kendte teknologier (som fx batterier og varmepumper) samt en automatisering og digitalisering af elforbruget, så det automatisk indretter sig efter elsystemets prissignaler og dermed giver anledning til et meget mere fleksibelt forbrug.

I denne analyse ser vi ikke på:

- betydning for effektivitetsrækkevidde samt afledte effekter på likviditet og prissætning i systemydelsesmarkedet,
- konsekvenserne for systemydelser i elmarkedet ved mere decentral produktion, 'bag-måleren' optimeringer for brugere osv.,
- den værdi forbrugerne kan indhente ved salg af flaskehals- og systemydelser i fremtidens elmarked,
- omkostningerne, herunder diverse investeringer i teknologi, systemer og markeder på tværs af elmarkedets aktører,
- størrelsesordenen på effektsamspillet mellem elmarked og samfundsøkonomi.

Indhold

Sammenfatning	4
Kapitel 1: Fremtidens elforbrug og behov for fleksibilitet	8
Kapitel 2: Potentiallet for forbrugsfleksibilitet	20
Appendiks og litteraturliste	33



Stort behov for et mere fleksibelt elforbrug

Store forandringer i elsystemet på vej

Elektrificering er en hjørnesten i Danmarks ambitioner om at reducere udledningen af drivhusgasser. Alene i de næste 10 år ventes elproduktionen at fordobles og herefter at vokse kraftigt frem mod 2050. Fordi produktion og forbrug skal være i konstant balance, vil store forandringer ét sted per definition medføre store forandringer for hele elsystemet. Der er primært tre store trends i gang:

- For det første skal **elproduktionens sammensætning** ændres og blive helt grøn. Allerede i dag udgør sol- og vindenergi størstedelen af den producerede strøm og disse energikilder udbygges fortsat. Når vedvarende energi erstatter traditionelle kraftværker, bliver den samlede produktion mere **ufleksibel og vejrafhængig**. Det giver omvendt et større behov for et mere fleksibelt elforbrug, der tilpasser sig den ufleksible produktion, hvis man skal undgå store ubalancer, store prisudsving og netudfordringer.
- For det andet stiger elforbruget, især fra **nye typer forbrug**, fx PtX, varmepumper og elbiler. Disse forbrugstyper er modsat det traditionelle elforbrug relativt **fleksible**, og har derfor bedre muligheder for at flytte forbrug til de timer, hvor der er rigelig og billig el. Lagringsteknologier (særligt batterier) vil blive bedre og mere udbredte. Det gør alle typer forbrug mere fleksibelt, fordi det bidrager til at køb og endelig anvendelse af el i stigende grad kan ske tidsmæssigt adskilt.
- Endelig vil også **elnettet** undergå forandringer.¹ Det er ikke dimensioneret til at kunne transportere de store mængder strøm fra producent til bruger, der bliver behov for på sigt. Lidt forsimplet er nye investeringer i elnet i højere grad drevet af integration af ny produktion i transmissionsnettet², mens det i distributionsnettet i højere grad er drevet af nye typer af forbrug hos husholdninger og i industrien.^{3,4}

Forbrugsfleksibilitet er en vigtig brik i fremtidens elsystem

Forbrugsfleksibilitet har flere fordele:

- Et **fleksibelt elforbrug kan bidrage til at mindske ubalancer** mellem produktion og forbrug og **udløse gevinster på elmarkedet**. Det er en fordel for producenter af vedvarende energi, hvis de i højere grad kan afsætte el til en højere pris når der er mulighed for at producere og der samtidig er forbrugere, der vil købe strømmen. Det er også en fordel for forbrugerne, der omvendt flytter forbruget fra timer med knaphed til timer med rigelighed og derfor sparer på elregningen.
- **Strømmen bliver samtidig grønnere** fordi flere MWh kommer fra vind- og solenergi. Det bidrager isoleret til opfyldelse af Danmarks klimamålsætning. Producenter af vedvarende energi kan sælge deres strøm til højere priser og øger incitamentet til yderligere opsætning af vedvarende energi. Billigere grøn strøm gør samtidig teknologier som elbiler og varmepumper billigere at bruge og øger hastigheden på den grønne omstilling.
- Et fleksibelt elforbrug kan være med til at **mindske samtidigheden af efterspørgslen**, dvs. udjævne forbruget over døgnets timer i et vist omfang. Det mindsker presset på elnettet og kan give besparelser på planlagte investeringer.⁵ En række rapporter finder store gevinster ved forbrugsfleksibilitet på europæisk plan⁶, men det er endnu ikke belyst, hvor stort potentialet er i Danmark.
- Endelig er fleksibilitet en mulig **markedsløsning**. Det betyder i princippet, at fleksibilitet kan bruges til at opnå politiske og samfundsøkonomiske mål uden støtte eller offentlige investeringer.

ELMARKEDETS UNIKKE KARAKTERISTIKA

- **Variierende produktion og forbrug:** Produktion fra sol og vind varierer med vejret – når solen skinner og vinden blæser er produktionen naturligt nok høj. Samtidig varierer forbruget henover timer, dage og sæsoner alt efter type. I takt med at mere varierende produktion fylder mere, stiger behov for, at efterspørgslen kan tilpasse sig.
- **Konstant balance:** El kan ikke lagres i stor skala, hvilket betyder, at produktionen og forbruget altid skal matche. Prisen fastsættes hver time afhængigt af produktion og forbrug.
- **Elnettet forbinder produktion og forbrug:** El transporteres fra produktion til forbruger via elnettet, som består af kilometervis af ledninger, transformer stationer osv. Dette kan skabe lokale begrænsninger for, hvor stor produktion eller forbrug, nettet kan håndtere i et givent afgrænset område.

FORBRUGSFLEKSIBILITET

- En situation, hvor **elkunder flytter forbrug** fra ét tidspunkt til et andet. Forbruget flyttes som følge af en reaktion på et prissignal (implicit fleksibilitet) eller en kontraktuel forpligtelse (eksplicit fleksibilitet).
- I denne rapport definerer vi et fleksibelt elforbrug som et, der reagerer på det samlede prissignal fra elsystemet. Dvs. at forbruget flyttes mod timer med stor produktion af billig og grøn energi samtidig med, at der er ledig kapacitet i elnettet. Analysen forholder sig både til implicit og eksplicit fleksibilitet.

Noter: 1) Se ordliste med centrale begreber på næste side. / 2) Energinet (2023a), [link](#), se fx s. 13. / 3) Elnetselskabet N1 (2024), s. 4. / 4) Rådet for Grøn Omstilling (2024) [link](#), se fx s. 2. / 5) Se fx Green Power Denmark (2023a), [link](#). / 6) EA Energi Analyse (2023), [link](#), DNV (2023a) og EY (2024), [link](#).

Tre scenarier for fremtidig forbrugsfleksibilitet

Vi estimerer gevinsterne på elmarkedet og for elnettet

I denne rapport undersøger vi forbrugsfleksibilitet hos danske husholdninger og erhverv i 2035. Vi estimerer gevinsterne af et mere fleksibelt forbrugsmønster på tværs af elsystemet, dvs. i elmarkedet på både produktions- og forbrugssiden såvel som i elnettet. Vi estimerer også elproduktionens sammensætning og betydning for CO₂-udledning.

Analysen er vores forsøg på at give et relativt helstøbt billede af de mulige gevinster ved forbrugsfleksibilitet med perspektiver udover enkelte markedsaktører set i isolation. Som nævnt i forordet er der dog en række effekter og samspil som vi ikke sætter tal på og derfor er det potentiale vi estimerer ikke et udtryk for det fulde samfundsøkonomiske potentiale. Ligeledes skal resultaterne ikke fortolkes som nettoeffekter, fx fordi vi ikke ser på effekten af fleksibilitet på systemomkostninger, ligesom vi ikke tager højde for omkostninger til udrulning af teknologi.

En komparativ analyse af forbrugsprofiler i tre scenarier: Fra 'Business as usual' til et gradvist mere fleksibelt elforbrug

Forbrugsmønsteret for el varierer betydeligt mellem forskellige typer af elforbrug. Datacentre har fx brug for strøm hele tiden i alle årets timer, mens andre typer elforbrug i varierende grad godt kan flyttes nogle minutter eller timer over døgnnet.

Vi fokuserer i denne rapport på **husholdninger** samt **erhverv og småindustri** (herefter '**erhverv**') fordi det er typer af forbrug, der i dag kun i nogen grad systematisk er indrettet fleksibelt i forhold til prissignaler fra elsystemet. Disse elkunder ligger typisk mere decentralt i elnettet, hvor flaskehalse allerede i dag udgør et problem.

Med udbredelsen af varmepumper, elbiler og elektrificering af industrien ventes en større del af dette forbrug at kunne automatiseres og blive mere fleksibelt end i dag.¹ Forbedrede batterier, energieffektivitet, digitalisering og automatisering mv. vil i fremtiden kunne bidrage yderligere til at øge fleksibiliteten af disse typer forbrug.

Vi undersøger potentialet af forbrugsfleksibilitet på tre elementer i vores analyse:

- 1) effekter på energimarkedet i producent- og forbrugergevinster,
- 2) sammensætningen af elproduktionen på teknologier (vind, sol, øvrige kilder) og dennes CO₂ udledning.
- 3) besparelser i investeringer i elnettet.

Vi simulerer produktion og efterspørgsel i elmarkedet i tre scenarier frem mod 2035 på baggrund af forskellige forbrugsprofiler (se boksen til højre): 'Business as usual', 'Fleksibelt forbrug' og 'Fuldt fleksibelt forbrug'.

Fleksibilitetspotentialet udgøres af forskellen mellem disse scenarier beregnet i vores power market-model. Vi estimerer herudover potentialet for netbesparelser i disse scenarier.

Analysen bygger på en lang række antagelser om tilgængelighed og optag af fleksibilitetsteknologier i 2035. Vi baserer os på offentlige data fra Energistyrelsen, interviews gennemført i projektet samt litteratur om forbrugsfleksibilitet. Endelig har CIP Fondens ekspertgruppe og Advisory Board givet input til analysen og scenarierne.

LÆSEVEJLEDNING

- I kapitel 1 undersøger vi, hvordan det danske elmarked vil udvikle sig i det kommende årti. Vi beskriver, hvordan meget mere el og el, der produceres og forbruges på nye måder udfordrer elmarkedet. Det vil gøre det endnu vigtigere med et fleksibelt elforbrug i fremtiden.
- I kapitel 2 sætter vi tal på, hvordan forbrugsfleksibilitet påvirker forskellige dele af elmarkedet. Konkret analyserer vi effekterne for forbrugere og producenter, klimaet og elnettet. Vi benytter vores power market-model til at kvantificere forskellene mellem tre scenarier for forbrugeradfærd. Vi kalder scenarierne for 'Business as usual', 'Fleksibelt forbrug' og 'Fuldt fleksibelt forbrug'.

SCENARIER

- 'Business as usual' beskriver husholdningers (traditionelt forbrug, elbiler og varmepumper) og erhvervs elforbrug som det ser ud i 2025, men fremskrevet i størrelse og andel til 2035. Vi bruger Energistyrelsens Analyseforudsætninger for Energinet 2024 ('AF24') til dette.
- 'Fleksibelt forbrug' beskriver et 2035, hvor forbruget er mere fleksibelt end i dag. Vi vurderer, at dette scenarie beskriver et ambitiøst, men realistisk scenarie for elforbruget, givet forventningen om tilgængelig teknologi.
- 'Fuldt fleksibelt forbrug' beskriver et 2035, hvor forbruget er meget mere fleksibelt end i dag. Scenariet er både ambitiøst og optimistisk, fordi der både skal ske en bred udrulning af teknologi og automatisering samt at husholdninger og erhverv kan og vil tage højde for flaskehalse i elnettet (fx via eksplicite fleksibilitetsaftaler).

Forbrugsfleksibilitet har et uforløst milliardpotentiale og giver mere grøn strøm

Forbrugere og producenter kan høste gevinster på op mod DKK 1,6 mia. i 2035. 7-12 % af netinvesteringerne kan udskydes frem mod 2035.

Flere gevinster ved et mere fleksibelt elforbrug

Allerede i dag høstes store gevinster i hele elsystemet på grund af forbrugsfleksibilitet. Vi vurderer, at der er yderligere gevinster at hente. I år 2035 finder vi, at **forbrugsfleksibilitet samlet set har et gevinstpotentiale for forbrugere og producenter på mellem DKK 0,6 og 1,6 mia. om året** afhængigt af, hvilket scenarie man ser på.

Når forbruget bliver mere fleksibelt har det flere gavnlige effekter:

1. Elforbrugerne opnår besparelser på op mod **DKK 1,4 mia. om året**, fordi de flytter forbrug til timer i døgnet, hvor elprisen er lav. Omsætningen for producenter af sol- og vindenergi vokser med **DKK 0,5 mia. om året**. Deres produktion stiger og den pris, som de modtager stiger. Modsat taber øvrige producenter (fossile, biomasse og affald) knap DKK 0,3 mia. om året. Det skyldes, at fleksibelt forbrug mindsker brugen (og værdien) af den fleksibilitet, som disse teknologier tilbyder markedet.
2. Forbrugsfleksibilitet gør elproduktionen grønnere. Samlet set estimerer vi potentialet for reduktion i Danmarks CO₂-udledninger til op mod 230.000 tons CO₂ om året. Det har en samfundsøkonomisk værdi på ca. **DKK 0,2 mia. om året**.
3. Endelig vil øget forbrugsfleksibilitet bidrage til at mindske investeringsbehovet i elnettet: Vi ser en mulighed for at reducere investeringsbehovet med op mod 7-12 % i det kommende årti. I det mest fleksible scenarie opnås en ambitiøs reduktion i samtidigheden i elforbruget, hvilket kan spare op mod **DKK 2,2 mia. årligt** i perioden 2026-35. Det er betydelige besparelser, men de udgør kun en del af det samlede behov for netudbygning, så der skal fortsat lægges nye kobberledninger, uanset forbrugsmønstre.

Små adfærsændringer kan forløse et stort potentiale

Gevinsterne ved et mere fleksibelt elforbrug er potentielt relativt store, også selvom den samlede mængde strøm, der forbruges henover året flyttes relativt lidt. Det skyldes, at omkostningen ved at producere og transportere den sidste MWh kan variere meget fra time til time.

Strømprisen drives af den dyreste producents omkostning, ikke den gennemsnitlige. Hvis den sidste MWh produceres af en fossil producent, så stiger prisen for al strøm i den givne time, også selvom de meste af strømmen kommer fra billigere, vedvarende energikilder. For elnettet er omkostningen ved at transportere strømmen typisk begrænset til almindelig slitage af komponenter. Men når kapacitetsgrænsen brydes stiger omkostningen kraftigt, fordi det udløser beslutning om at øge elnettets kapacitet.

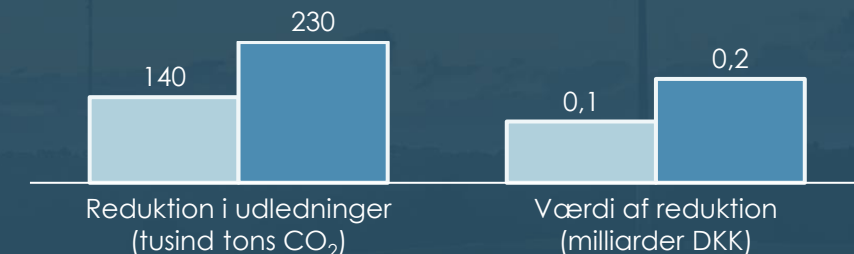
Fleksibelt forbrug har et stort potentiale, men den præcise størrelse er usikker

Vores resultater er behæftet med usikkerhed da det er estimerede gevinster i scenarier for et fremtidigt elmarked i 2035. De indeholder antagelser om udvikling af teknologi, markedsmodning, m.v., der i sagens natur er ukendte i dag. Netbesparelser er særligt vanskelige at regne på og vi anvender en relativt simpel metode, som vi mener er fair, men helt oplagt også har begrænsninger. Usikkerheden for netbesparelserne er størst i det mest fleksible scenarie.

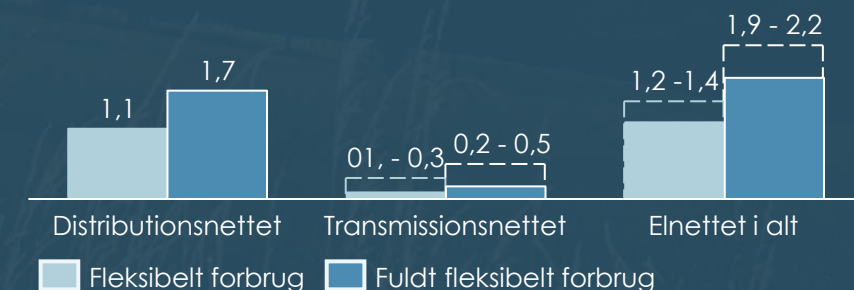
Øget forbrugsfleksibilitet skaber besparelser for forbrugere og højere indtjening for VE-producenter
Årlige gevinster i milliarder DKK, 2035 (2025 priser)



Øget forbrugsfleksibilitet reducerer CO₂ udledninger fra dansk elproduktion
Årlige gevinster i tusinde tons CO₂ og milliarder DKK, 2035 (2025 priser)



Øget forbrugsfleksibilitet reducerer investeringsbehovet i elnettet
Årlige gevinster i milliarder DKK, 2026-2035 (2025 priser)



Kilde: Copenhagen Economics.

Ordliste

Begreb	Beskrivelse
Den rene elpris	Elprisen fra engrosmarkedet.
Distributionsnet	Høj-, mellem- og lavspændingsnettet (anlæg på under 100 kV), ¹ der leverer strøm til husholdninger, erhverv og mindre industri.
Effekttilstrækkelighed	Evnen til at dække det samlede forbrug. ²
EksPLICIT fleksibilitet	EksPLICIT fleksibilitet sker som følge af en indgået aftale om fleksibilitet, hvor der således er indgået en eksPLICIT aftale mellem køber (netansvarlig) og sælger (markedsaktør). Dette ses ofte i form af afbrydelighedsaftaler og andre aftaler indgået på fleksibilitetsmarkedet.
Elmarkedet	Elmarkedet er opdelt i engros- og detailmarkedet. På engrosmarkedet handler elproducenter og elhandlere med hindanden på elbørser (Nord Pool i Danmark), og på detailmarkedet handler elleverandører med forbrugere. Vi bruger elmarkedet som paraplybetegnelse igennem rapporten og sonderer ikke skarpt mellem de to forskellige markeder. For de fleste effekter og nuancer, som vi berører i rapporten, er engrosmarkedet det mest centrale.
Elnettet	Samlet betegnelse for transmissions- og distributionsnettet.
Forbrugsfleksibilitet	Samlet betegnelse for implicit og eksPLICIT fleksibilitet.
Gennemsnitlige capture-priser	Den gennemsnitlige rene elpris, som producenterne får, når de producerer el. Disse varierer typisk betydeligt mellem fleksible (fossile) og ufleksible (VE) produktionsteknologier, da fleksibel produktion drives af efterspørgslen og dermed opnår højere capture-priser end ufleksibel produktion, der drives af f.eks. sol og vind.
Implicit fleksibilitet	Implicit fleksibilitet sker via en adfærdscændring, når elkunden reagerer på den samlede elpris i hver time ved at reducere forbruget eller flytte det til en anden time. Kunderne kompenseres ikke direkte gennem en aftale, men opnår i stedet en gevinst i form af en samlet lavere elregning (forudsætter flexafregning).
Nettilstrækkelighed	Elnettets evne til at transportere tilstrækkelig el fra produktion til forbrug. ²
Potentialet for fleksibilitet	Potentialet for fleksibilitet forstås som de samlede samfundsøkonomiske gevinster i et scenarie, hvor elkunderne er mere fleksible end i grundscenariet. Ift. implicit fleksibilitet svarer det til en situation, hvor prisfølsomheden stiger. Det kan fx skyldes nye teknologier, som muliggør automatisk tilpasning af en oplader, vaskemaskine eller varmepumpe. Ift. eksPLICIT fleksibilitet svarer det til en situation, hvor det er lettere eller billigere for forbrugere at indgå i eksPLICITte fleksibilitetsaftaler gennem en aggregator.
Samtidig	Forbrug på samme tid i et begrænset netområde.
Spidsbelastning	Periode med det højeste elforbrug i et begrænset netområde. Sidst på eftermiddagen den 24. december kan være et nyttigt eksempel at tænke på.
Transmissionsnet	Højspændingsnettet (anlæg på 100 kV eller over), der transporterer strøm fra produktion til distributionsnettet og større industri. Transmissionsnettet kan beskrives som 'strømmens motorveje'. ¹

Kilde: Copenhagen Economics pba. interviews og egen research.

Noter: 1) Se f.eks. Magnetfeltudvalget (2025, website), [link](#). / 2) Se fx Energinet (2023b), [link](#).

KAPITEL 1

FREMTIDENS ELFORBRUG OG BEHOVET FOR FLEKSIBILITET

Fremtidens elforbrug og behov for fleksibilitet

Mere ufleksibel produktion og nye forbrugstyper

Elektrificeringen af dansk økonomi medfører store forandringer på elmarkedet. En voksende andel af den ufleksible vedvarende energi i energiproduktionen påvirker elpriserne og øger risikoen for ubalance mellem forbrug og produktion – især hvis forbruget også er ufleksibelt.

S. 10-11

Forbruget har potentiale til at blive markant mere fleksibelt i fremtiden

Husholdningernes og erhvervets elforbrug ændrer karakter, når opvarmning, transport og produktion elektrificeres. Det betyder, at en større del af forbruget har potentiale til at blive markant mere fleksibelt i fremtiden.

S. 12-15

Fleksibilitetspotentiale for elnettet

Elnettet skal udbygges og dimensioneres til at transportere markant mere strøm. En del af investeringerne skyldes, at større forbrug øger spidsbelastningen af elnettet. Det understreger vigtigheden af at reducere samtidigheden i elforbruget.

S. 16-19

1

450%

Stigning i antallet af timer med negative priser på strøm i Danmark de seneste 5 år.

Når vedvarende energi erstatter traditionelle kraftværker, bliver den samlede produktion mere ufleksibel. De hyppigere negative priser sender et klart signal om et stigende behov for, at denne fleksibilitet samles op fra efterspørgselssiden.

2

47%

Andel af nyt og potentielt fleksibelt elforbrug hos danske husholdninger i 2035.

Sammensætningen af elforbruget skifter karakter og nye, potentielt fleksible forbrugstyper vil fylde mere. Flexibilitetspotentialet afhænger af forbrugsmønstre og sammenspillet med ny teknologi.

3

DKK 5-8 mia.

Stigning i årlige investeringer i distributionsnettet ift. det historiske niveau.

En mere effektiv udnyttelse af det eksisterende elnet kan opnås via forbrugsfleksibilitet og kan udskyde nogle, men ikke alle de kommende investeringer i elnettet.

Elektrificeringen af dansk økonomi driver stor strukturel udvikling

Både elproduktion og –forbrug forandres markant

Vedvarende energi forventes at mangedobles de kommende 10 år

Elektrificeringen af samfundet vil tiltage og produktionen af vedvarende energi forventes at skulle mangedobles i løbet af de næste 10 år og fortsætte en kraftig vækst frem mod 2050. Sol- og vindenergi erstatter traditionelle kraftværker, hvilket er en omkostningseffektiv del af den danske målsætning om en kraftig reduktion af de samlede CO₂-udledninger.

Når vedvarende energi erstatter traditionelle kraftværker, bliver den samlede produktion mere ufleksibel, fordi den afhænger af vejret. Hvis også forbruget er ufleksibelt, stiger antallet af timer med relativt stor ubalance mellem produktion og forbrug. Denne udfordring vil vokse de næste 10 år.

Rapporten baseres på de fremskrivninger af produktion og forbrug frem mod 2035, der findes i **Energistyrelsens Analyseforudsætninger** (AF24). Ligesom for øvrige fremskrivninger, er AF24 behæftet med en usikkerhed som vokser, des længere frem man ser.

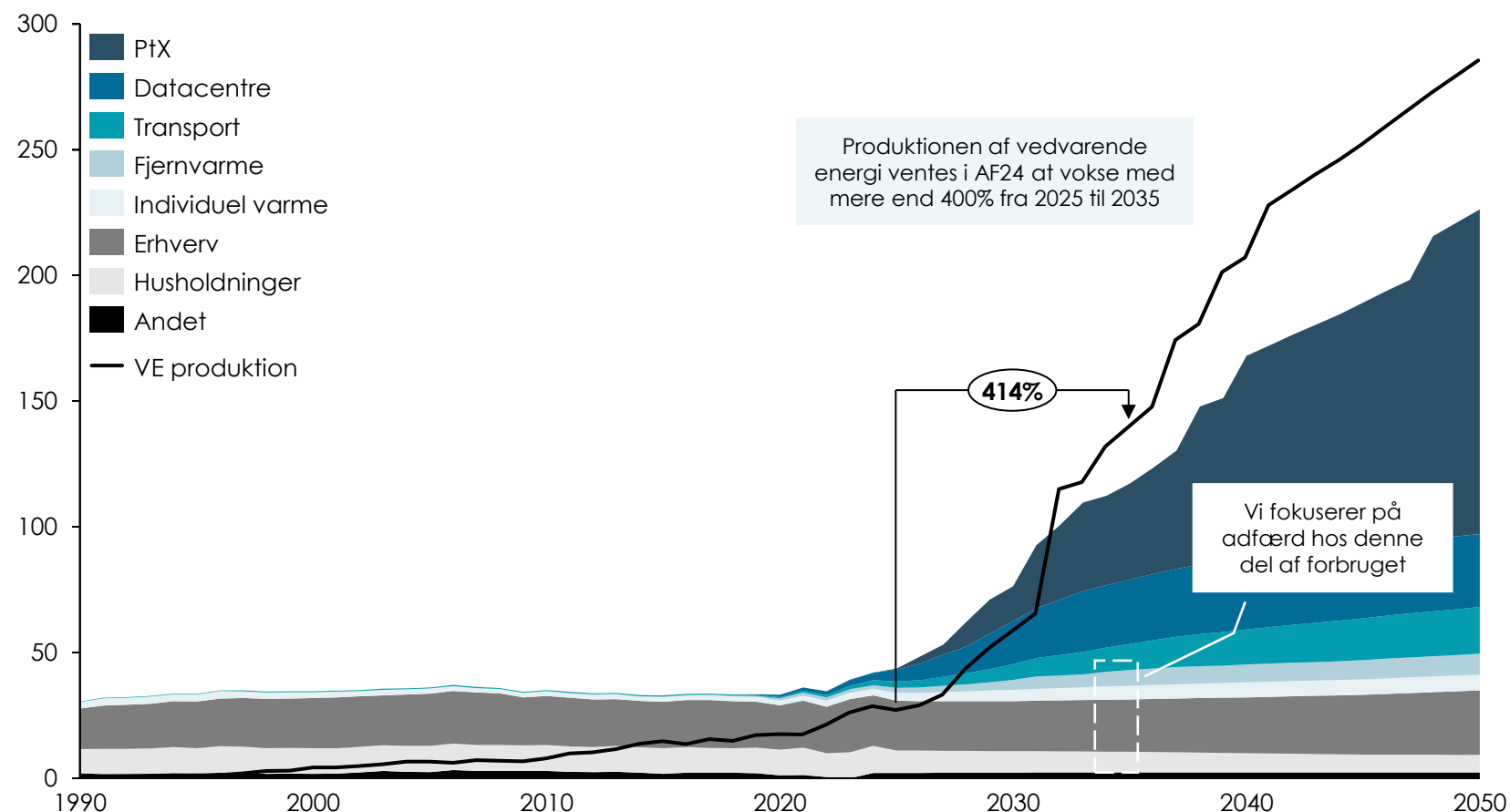
Stigende elforbrug kommer fra nye forbrugstyper

Stigningen i elforbruget vil være drevet af nye forbrugstyper som varmepumper, opladning af batteridrevne transportmidler (særligt elbiler) samt omstilling af produktionsprocesser fra fossile brændsler. Power-to-X (PtX) og datacentre ventes at blive nye, store forbrugere af strøm, mens det traditionelle elforbrug ventes at forblive nogenlunde konstant.

Nogle nye typer af forbrug har i sig selv potentialet til at være fleksible: Opladning af elbiler foregår allerede nu i høj grad om natten.^{1,2} Varmepumper kan flytte elforbruget i nogle timer og lagre varmen i bygningen.³ Andre forbrugstyper, fx husholdningernes traditionelle elforbrug, har historisk været relativt ufleksibelt. For at forløse potentialet, vil kraftige batterier skulle skabe større afstand mellem tidspunkt for køb af el fra nettet til brugstidspunktet.

Fremtidens elmarked er præget af mere vedvarende energi og et kraftigt stigende forbrug

Nettoforbrug og –produktion i TWh, 1990 - 2050



Note: Figuren viser det historiske og forventede forbrug fordelt på type samt den historiske og forventede produktion af vind- og solenergi (VE) inkl. vindmøller, der ikke er nettilsluttet Danmark. En væsentlig andel af PtX-forbruget forventes ikke tilsluttet det kollektive elnet fx pga. tilslutning via direkte linjer. Kategorierne 'Erhverv', 'Husholdninger' og 'Andet' er det, der typisk refereres til som klassisk forbrug i analyseforudsætninger. Kilde: Copenhagen Economics pba. Energinet (2024a), [link](#) og Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2024), [link](#).

Mere vedvarende energi giver mindre stabile elpriser

Det resulterer i flere timer med negative priser

Omstillingen til ufleksibel strømproduktion giver mere volatile priser

Allerede i dag kan man se effekten af afhængighed af varierende produktion fra især sol- og vindenergi, dvs. flere timer med meget stor eller meget lille produktion af el. Resultatet er mere volatile elpriser end tidligere.¹ Når produktionen bliver mere ufleksibel, så betyder det at produktion svinger meget mellem døgn og inden for døgnets timer. Når forbruget ikke er prisfølsomt (ufleksibel efterspørgsel), skal prisen ændre sig mere for at efterspørgslen tilpasser sig udbuddet.

Når der er stor produktion af vedvarende energi i timer med lav efterspørgsel, så kan priserne blive negative. De negative priser afspejler et overudbud i udgangspunktet, der skal balancere med efterspørgslen.²

I de seneste seks år er der sket en kraftig stigning i antallet af timer med negative priser. Gennemsnitligt er antallet af timer med negative priser vokset med omkring 40% om året i Danmark. Tendensen er den samme i resten af Europa, hvor der allerede havde været flere timer med negative priser i de første ti måneder af 2024 end i de foregående fem år til sammen.³

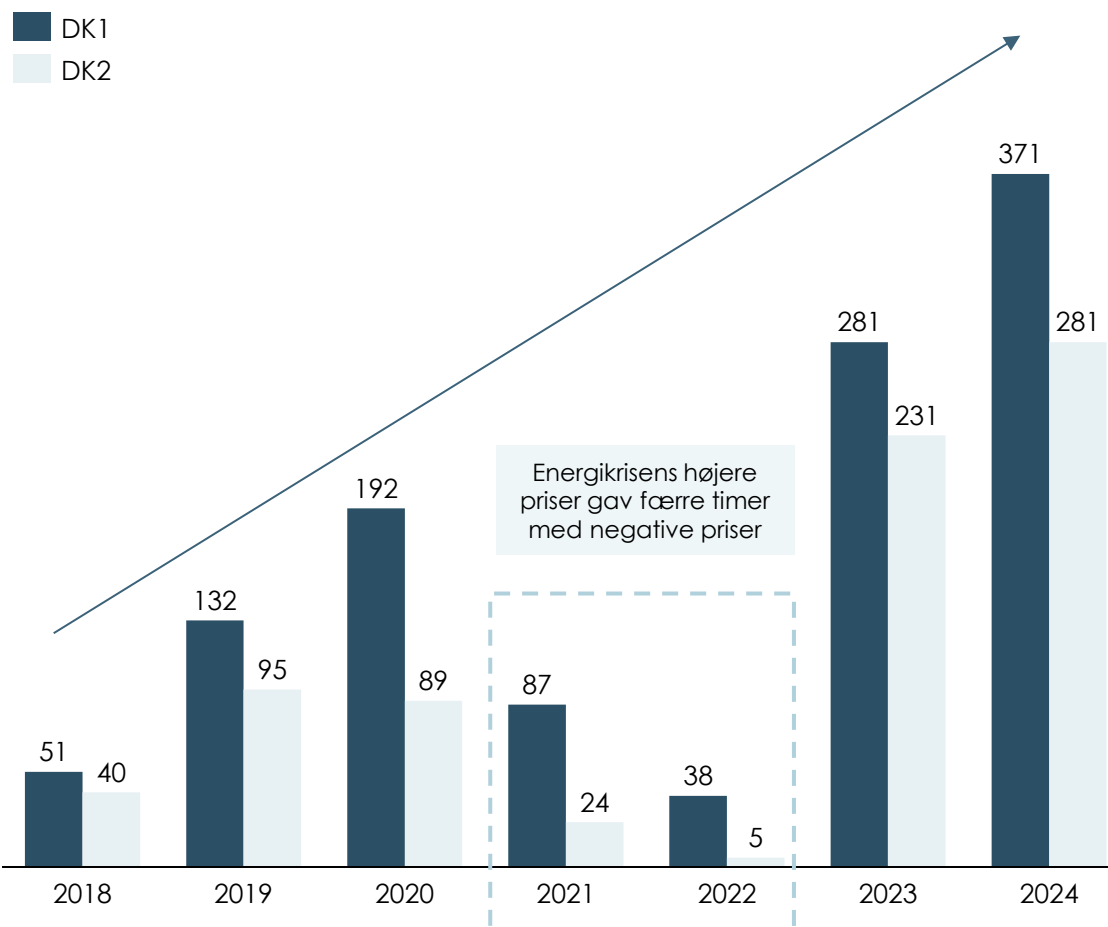
Volatile priser er dårligt for både ufleksible forbrugere og producenter af vedvarende energi

Volatile priser er alt andet lige dårligt for ufleksible forbrugere, der betaler en høj pris for el i timer med dyr strøm – og ikke udnytter den, mens den er billig.

At elprisen er lav netop i de timer, hvor produktionen af vedvarende energi er høj mindsker incitamentet til opsætning af yderligere sol- og vindenergi. Problemet forværres pga. såkaldte 'kannibaliseringeffekter', hvor mere vedvarende energi presser prisen længere ned for eksisterende producenter.⁴

Negative elpriser er blevet mere hyppige i de seneste år

Antal timer med negative elpriser i de danske budzoner, 2018-2024



Kilde: Copenhagen Economics pba. ENTSO-E (2025, website), [link](#); Gjensidige (2024), [link](#) og IEA (2024), [link](#).

”

De hyppigere negative priser sender et presserende signal om, at der er behov for større fleksibilitet i udbud og efterspørgsel.

Passende reguleringsrammer og markedsdesign vil være vigtige for at give mulighed for en udbredelse af fleksibilitetsløsninger via efterspørgslen og via lagring.

Tendenserne med hyppigere negative priser i dagtimerne og den reducerede systemværdi af solcelleanlæg går ofte hånd i hånd i mange regioner.

- Det International Energiagentur, IEA

Noter: 1) Se fx, Green Power Denmark (2023b) s. 12, [link](#). / 2) Negative priser kan opstå, da der kan være omkostninger forbundet med at slukke og genstarte produktionen. Dette gør, at det ikke altid er rentabelt for elproducenter at stoppe produktionen selv, når prisen er lavere end deres marginale produktionsomkostning. / 3) Financial Times (2024), [link](#). / 4) Se fx EIFO (2023), [link](#).

Fleksibiliteten i elforbruget varierer for forbrugstyper

Hvor er der potentiale for at øge fleksibiliteten?

Kan vi høste en gevinst ved at flytte elforbrug mellem døgnets timer?

Forbrugsmønsteret for el varierer betydeligt mellem forskellige typer af elforbrugere og anvendelse (se tabel for en række eksempler). Eksempelvis har datacentre brug for strøm hele tiden i alle årets timer, mens et PtX-anlæg i nogle tilfælde vil kunne være mere fleksibelt.¹

I denne rapport fokuserer vi på **husholdninger** og **erhverv** fordi det er typer af forbrug, der i dag kun i nogen grad er fleksibelt i forhold til prissignaler fra elsystemet eller byder ind med fleksibilitet. Der eksisterer endnu ikke et marked for fleksibilitet for disse brugere, men det kan blive en realitet i fremtiden.

For **husholdninger** ser vi særskilt på tre anvendelser: **traditionelt forbrug** samt to typer af nyt forbrug: **opladning af elbiler** samt **varmepumper**. Husholdningernes traditionelle forbrug har historisk været relativt ufølsomt overfor elprisen (såkaldt **implicit fleksibilitet**), mens varmepumper og elbiler bedre vil kunne reguleres automatisk og dermed have et mere fleksibelt forbrug.²

Datamæssigt følger vi kategoriseringen fra Analyseforudsætningerne (AF24) (eksempelvis er erhverv en relativt bred kategori). Vi ser på hele elforbruget, men det er kun dele af forbruget, som er eksplicit modelleret med ændret fleksibilitet på tværs af scenarier (øverst i tabellen, markeret med blå).³

Det fremtidige fleksibilitetspotentiale afhænger også af teknologiudvikling

Hvor fleksibel en forbrugstype kan være afhænger som nævnt dels af forbrugsmønsteret og dels af hvor meget man tidsmæssigt kan købet af el med den endelige anvendelse. Fx er husholdningernes traditionelle forbrug som fx madlavning tæt knyttet til en daglig rytme. Varmepumper vil typisk bruges med et ønske om en konstant temperatur i boligen, men her kan der være fleksibilitet i forbruget.

Når selve købet og den endelige anvendelse af el *tidsmæssigt* kan adskilles, så øges fleksibiliteten. Bedre energieffektivitet i bygninger vil i fremtiden øge fleksibiliteten, fordi varmepumpen kan slukkes i længere perioder uden af temperaturen falder for meget. Bedre batterier, fx husstands batterier eller i elbiler, vil i fremtiden øge fleksibiliteten flere typer af forbrug. Det er bl.a. optag af disse teknologier, der ligger til grund for de forskellige grader af forbrugsfleksibilitet i de scenarier vi analyserer i rapporten.

Noter: 1) Dog vil der være visse begrænsninger for at minimere de samlede omkostninger, se fx Copenhagen Economics (2022), [link](#). / 2) Se fx Green Power Denmark (2024), [link](#). Vi kigger ikke på centrale varmepumper, der især indgår i varmeforsyningen og som kan byde ind med fleksibilitetsprodukter overfor netselskaberne. / 3) Energistyrelsen (2024a) skelner mellem erhvervs forbrug til i) transport, ii) individuelle varmepumper og iii) 'elforbrug til apparater og direkte varme samt elforbrug til procesenergiomål'. Datamæssigt udgør 'Erhverv' altså al elforbrug, som ikke udgøres af husholdninger, centrale varmepumper, datacentre og PtX. Vi lægger alt forbrug hos 'erhverv' sammen fra AF24. Dvs. at vi ikke skelner mellem forbrug til transport, varmepumper eller andet forbrug, men behandler det under ét.

Forbrugstyper følger forskellige mønstre og har i dag forskellige grader af fleksibilitet (ikke-udtømmende)

Forbrugstype	Forbrugsmønster	Vurderet grad af fleksibilitet i dag
Husholdninger – traditionelt forbrug	Forbrugsmønster følger daglig rytme (morgen og aften spidsbelastning)	- Lav eller ingen eksplicit fleksibilitet - Lav implicit fleksibilitet
Husholdninger - varmepumper	Forbrug baseret på varmebehov	- Lav eksplicit fleksibilitet - Mellem implicit fleksibilitet via lastforskydning og midlertidig varmelagring i boligen
Husholdninger - elbiler	Forbrug primært aften/nat ved opladning (hjemmeopladning)	- Lav eller mellem eksplicit fleksibilitet - Høj implicit fleksibilitet
Erhverv – og småindustri	Forbrug baseret på produktionscyklus og planlagt drift. Er ikke fuldt elektrificeret i dag.	- Lav eller mellem implicit og eksplicit fleksibilitet - Mulighed for forskydning af forbrug og indgå i eksplicite fleksibilitetsaftaler
PtX	- Forbruger når strøm er billig (prisdrevet) for at minimere omkostninger. Typisk bag-måleren forretningsmodel eller fastpris-kontrakt på strøm - Kan tilpasses til overproduktion af vedvarende energi	Høj implicit og eksplicit fleksibilitet, men med begrænsninger ift. produktionsmål og tekniske kapaciteter
Datacentre	Konstant forbrug. Typisk fastpris-kontrakt på strøm	- Lav implicit og eksplicit fleksibilitet - Kan til dels forskyde forbrug gennem laststyring
Centrale varmepumper (fjernvarme)	Forbruger afhængigt af opvarmningsbehov og pris på el	- Mellem eller høj implicit og eksplicit fleksibilitet - Mulighed for lastforskydning og midlertidig varmelagring

Note: Tabellen viser det typiske forbrugsmønster, placering og fleksibilitetspotentiale for hver type af forbrug. Kilder: Copenhagen Economics pba. research og interviews med markedsaktører. Se fx Energistyrelsen (2023); Copenhagen Economics (2022), [link](#); COWI (2021); Energinet (2019), [link](#); Ingeniøren (2023), [link](#); Teknologisk Institut (2018); Energistyrelsen (2024a), s. 7, [link](#).

Husholdningers og erhvervs elforbrug vil stige og skifte karakter

Et voksende elforbrug for alle typer forbrug

Nye typer af forbrug som fx PtX forventes at efterspørge markant mere el. De forskellige typer af forbrug kommer til at være placeret forskelligt geografisk og bruge elnettet på forskellige måder (se s. 16). Fx ventes PtX-anlæg at blive placeret i områder med produktionsoverskud, og formentlig også med begrænset netadgang.

Husholdningernes og erhvervets elforbrug udgør henholdsvis 29% og 53% af det samlede elforbrug i 2024. Selvom dette elforbrug vil stige, vil deres andel af det samlede elforbrug falde til omkring 14% og 24%, se øverste figur.

Nye og mere fleksible typer af elforbrug vil få stigende betydning for husholdningernes samlede elforbrug

Sammensætningen af husholdningernes forbrug kommer til at ændre sig betydeligt. I dag er det primært udgjort af klassisk forbrug. I fremtiden vil elbiler og varmepumper udgøre en langt større andel af forbruget.

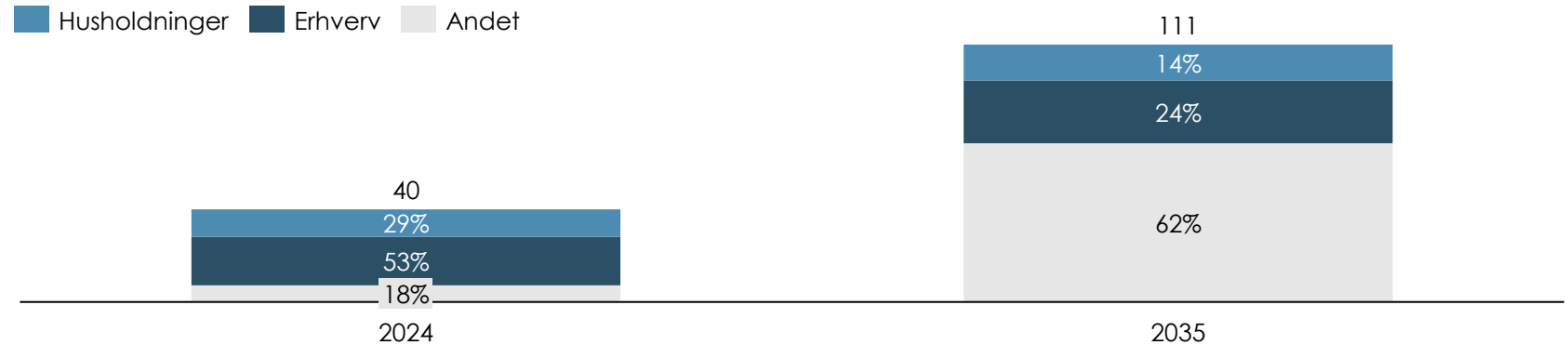
Især forbrug til elbiler vokser - fra 8% i 2024 til 27% i 2035 af husholdningernes forbrug. Det svarer til en stigning fra 1 TWh i 2024 til mere end 4 TWh i 2035. Varmepumper er centrale for at indfri den politiske ambition om udfasning af gasfyr til opvarmning af danske hjem frem mod 2035 og deres andel forventes at vokse fra 16% til 20%. Det svarer til en stigning fra knap 2 TWh i 2024 til over 3 TWh i 2035.

Også erhvervets forbrug ændres, men omfanget af el til procesformål er usikkert

Både transport og varme kommer til at fylde markant mere i erhvervets elforbrug mod 2035. 77% af elforbruget forventes at gå til traditionelle formål. Herunder hører el til procesformål, som har potentiale til at være fleksibelt. Direkte elektrificering af produktionsprocesser er central for den grønne omstilling, men fortsat usikkert i omfang og fleksibilitet.¹

Husholdninger og erhverv udgør en mindre del af det samlede elforbrug i fremtiden

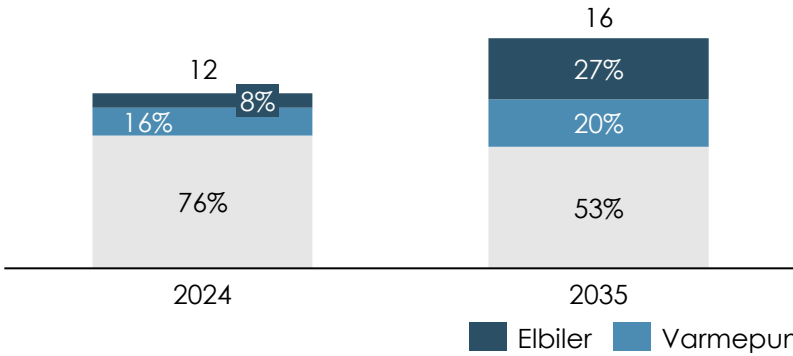
TWh, 2024 og 2035



Note: I 2024 udgøres 'Andet' primært af 'Øvrigt klassisk forbrug', andet transport, og centralvarme. I 2035 er det især PtX og datacentre.. Kilde: Copenhagen Economics pba. Energinet (2024a), [link](#).

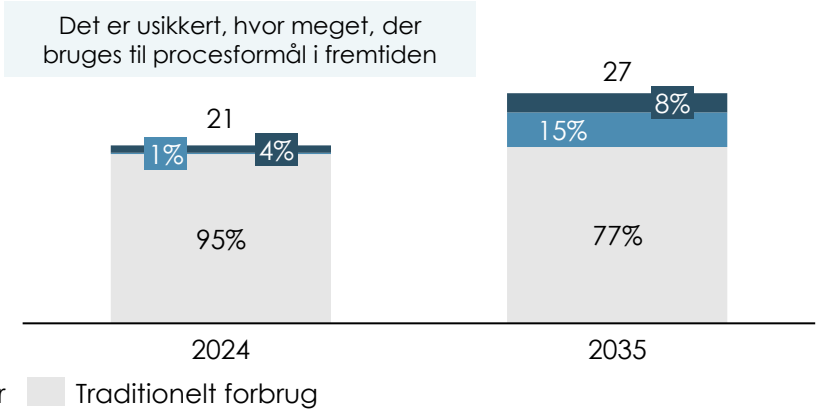
Husholdningerne samlede forbrug bliver præget af elbiler og varmepumper ...

TWh, 2024 og 2035



... mens erhvervets forbrug i højere grad bliver præget af traditionelt forbrug og procesformål

TWh, 2024 og 2035



Det er usikkert, hvor meget, der bruges til procesformål i fremtiden

Kilde: Copenhagen Economics pba. Energinet (2024a), [link](#).

Noter: 1) Se fx Rådet for Grøn Omstilling (2024), [link](#).

Det fleksible forbrug reagerer på den samlede elpris

Det er den samlede elpris, der er relevant for elforbrugerne

Den samlede elpris dækker flere forskellige typer omkostninger: produktion (den rene elpris), kommercielle aktiviteter (abonnementer), transport (tariffer) og beskatning (afgift/moms).

I 2024 udgjorde den rene elpris den største post med omkring 30% af den samlede elpris, men andelen varierer på tværs af kunde- og forbrugstyper. Fx betaler erhvervskunder mindre i net- og systemtarif,^{1,2} mens fx opladning af elbiler er fritaget elafgiften.³ Det øger betydningen af den rene elpris for visse forbrugere.

Den rene elpris og tidsdifferentierede tariffer driver variationen i den rene elpris, men forholdet ændres

Det er den rene elpris og tidsdifferentierede tariffer, der skaber variationen i den samlede elpris over tid – resten af omkostningerne er konstante eller forstærker disse prissignaler.⁴

Historisk har prissignalerne fra elmarkedet og tidsdifferentierede tariffer trukket i samme retning, da både elprisen og tarifferne har været høje, når forbruget var højt (fx om eftermiddagen under kogespidsen). Men når prisvariationen i den rene elpris i stigende grad drives af udbudssiden,⁵ vil elprisen oftere være lav i perioder med meget el i nettet. Det stiller større krav til tarifferne, der skal signalere netknaphed (kapacitetsproblemer) til elkunderne.

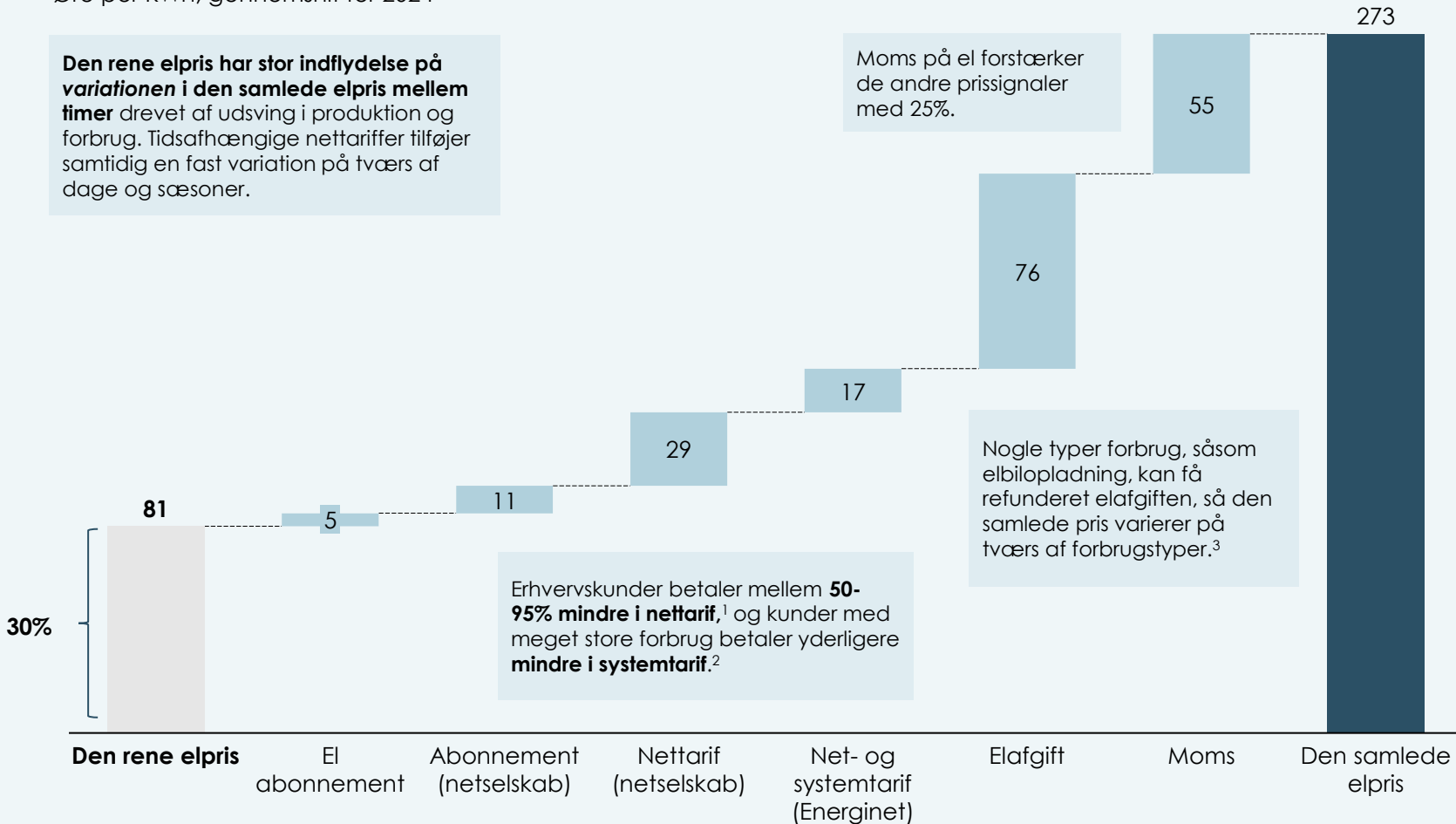
Tidsdifferentierede tariffer er ét instrument blandt flere til udglætning af spidsbelastninger

Tidsdifferentierede tariffer har allerede flyttet forbrug til nattetimerne (fx Tarifmodel 3.0).⁶ I det omfang tariffer afspejler knaphed af kapacitet i elnettet, vil øget fleksibilitet (implicit fleksibilitet, se s. 19) sammen med disse tariffer kunne mindske samtidigheden. Ligeledes bidrager eksplicitte fleksibilitetsaftaler (eksplicit fleksibilitet, se s. 19) til at reducere spidsbelastninger ved at forbrugere reducerer deres forbrug for at undgå kapacitetsproblemer mod betaling. Begge disse kan blive vigtigere i fremtiden.

Omkring 30% af husholdningernes samlede elpris drives af den rene elpris

Øre per kWh, gennemsnit for 2024

Den rene elpris har stor indflydelse på variationen i den samlede elpris mellem timer drevet af udsving i produktion og forbrug. Tidsafhængige nettariffer tilføjer samtidig en fast variation på tværs af dage og sæsoner.



Note: Figuren viser den gennemsnitlige samlede elpris inklusiv moms og afgifter fordelt på delkomponenter i 2024. Kilde: Forsyningstilsynet (2024), [link](#).

Noter: 1) Radius Elnet (2025, [website](#)), [link](#). Spændet er regnet pba. Radius tariffer i december 2024. Det nedre spænd er forholdet mellem lavlast-tariffer for en husholdning (C kunde) og en B-lav kunde (tilslutningspunktet er typisk på 0,4 kV siden af en 10-20/0,4 kV station). Det øvre spænd er forholdet mellem spidslast-tariffer om vinteren for en husholdning (C kunde) og en A-høj kunde (tilslutningspunktet er i 50 kV nettet). / 2) Kunder med et årligt forbrug over 100 GWh kan betale mindre i systemtarif for den del af forbruget, der overstiger denne grænseværdi, Energinet (2024c), [link](#). Dette ville sandsynligvis især gavne PTX-producenter. / 3) Se fx Norlys (2025, [website](#)), [link](#). / 4) Moms forstærker de andre prissignaler ved at tilføje 25% oveni den timespecifikke pris. / 5) Se fx Energinet (2024b), [link](#). / 6) N1 (2024)

Elbileres ladeadfærd varierer betydeligt på tværs af opladningstype

Elbilers ladeadfærd varierer betydeligt på tværs af opladningstype

Generelt kan man skelne mellem tre typer af ladeadfærd, der foregår forskellig steder, drives af forskellige behov og forventes at tilbyde varierende grader af fleksibilitet. Disse er hjemmeladning, "kanstensladning" og hurtigladning:



Hjemmeladning foregår hjemme med private ladestandere. Forbruget foregår primært om aftenen og natten, når elbilsejere er hjemme, så elbilen er opladet om morgenen. Elforbruget til hjemmeladning har allerede i dag vist sig at være delvist fleksibelt, hvor prisfølsomme forbrugere kan udnytte lave priser og tariffer om natten.¹ I fremtiden er det muligt, at det bliver endnu lettere for elbilsejere at udnytte timer med lave priser gennem teknologiske muligheder – og dermed være endnu mere fleksible.² Ligeledes er det muligt, at elbilsejere får mulighed for at indgå i eksplicitte fleksibilitetsaftaler gennem nye teknologier og aftaler, som allerede nu er begyndt at se dagens lys.³



Kantstensladning foregår på offentlige ladestandere i byområder. Modsat hjemmeladning, foregår forbruget i løbet af hele døgnet med spidsbelastning morgen og aften, når mange møder på arbejde og kommer hjem igen, se figur. Forbrugsbeslutningen er i mindre grad påvirket af pris, men faktorer som parkeringsmuligheder, tilgængelighed, tid og transportmønstre. Potentialet for både eksplicit og implicit fleksibilitet er mindre end for hjemmeladning, men kan muligvis udvikles gennem nye teknologier.⁴



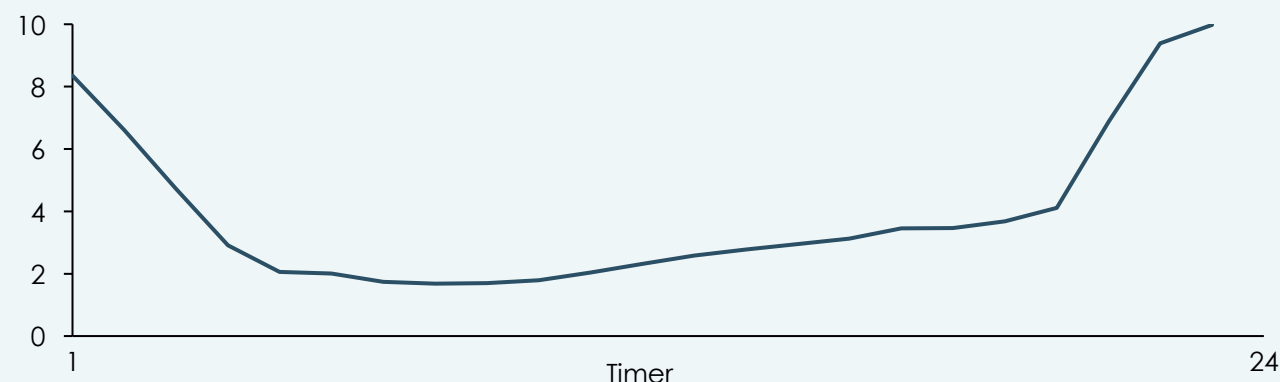
Hurtigladning: Foregår på tankstationer og lignende. Opladning ved hurtigladere sker hovedsageligt når føreren er på farten. Her er tidspunkt og elpris sekundære faktorer, da det er behovet for at fortsætte rejsen der prioriteres.⁴

Størstedelen af ladningen på landsplan foregår i dag derhjemme

Det anslås, at mellem 60% og 84% af elbilsejere lader op i carporten eller indkørslen.^{5,6,7} Denne fordeling varierer betydeligt på tværs af geografiske områder, hvor fx hjemmeladning i byområderne kun udgør omkring 10-20%, mens den resterende ladning foregår som kantstensladning.^{7,8}

Hjemmeladning foregår primært om natten, hvor elbilsejere er hjemme og elpriser er lave

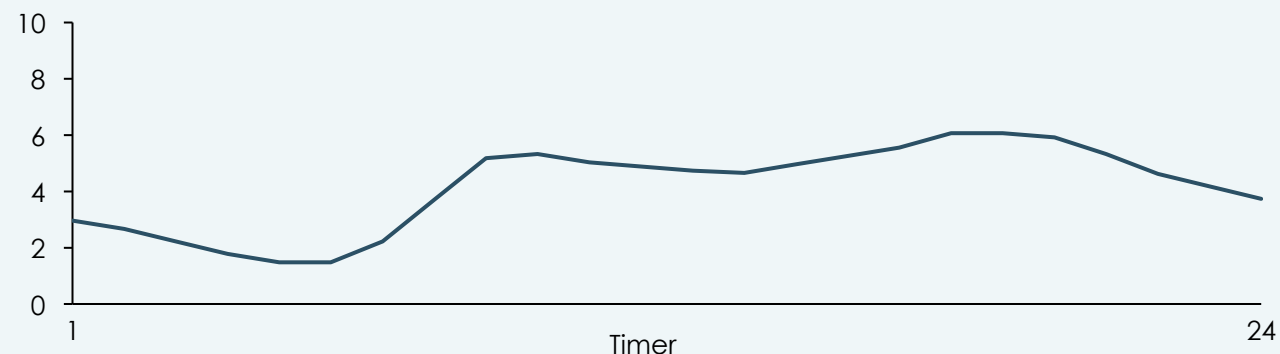
% af samlet elforbrug til hjemmeladning i løbet af et hverdagsdøgn om sommeren 2022



Note: Figuren viser fordelingen af det gennemsnitlige elforbrug til hjemmeladning i løbet af et døgn om sommeren. Kilde: Copenhagen Economics pba. data fra Radius.

Kantstensladning er spredt udover dagen med mindre peaks morgen og aften, når elbilsejere typisk er kommet på arbejde og hjem igen

% af samlet elforbrug til kantstensladning i løbet af et hverdagsdøgn i August 2022



Note: Figuren viser fordelingen af det gennemsnitlige elforbrug til kantstensladning i løbet af et hverdagsdøgn i august. Kilde: Copenhagen Economics pba. data fra Radius.

Noter: 1) Se fx Elnetselskabet N1 (2024). / 2) Green Power Denmark (2024), [link](#). / 3) Se fx Flexplatform (2025, website), [link](#). / 4) Copenhagen Economics pba. interviews med markedsaktører og egen research. 5) Bolius (2024b). / 6) Konkurrence- og Forbrugerstyrelsen (2023), [link](#). / 7) FDM anslår at omkring 78% af opladningen på landsplan foregår som hjemmeopladning, mens det i København kun er omkring 18%. Baseret på input fra FDM faciliteret af CIP Fonden. / 8) Green Power Denmark (2018), [link](#).

Elektrificering kræver store investeringer i både distributions- og transmissionsnet

Udbygning af elnettet kræver store investeringer i både distributions- og transmissionsnettet

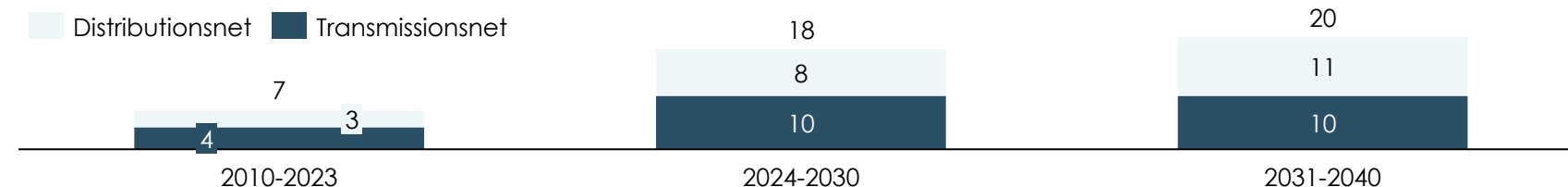
Elektrificeringen af samfundet stiller ikke kun krav til produktion og forbrug, men også til det elnet, der skal transportere strøm fra produktion til forbrugere. Udbygningen af elnettet finansieres via tariffer der afhænger af måden hele nettet bruges på.

Transmissionsnettet – 'strømmens motorveje' – skal transportere store mængder strøm fra vindmølleparker og solceller rundt i landet. Det er også transmissionsnettet, der står for at transportere strøm mellem Danmark og de omkringliggende lande.¹ Energinet forventer, at investeringer i transmissionsnettet stiger fra omkring DKK 4 milliarder historisk til omkring DKK 10 mia. i fremtiden, se figuren nedenfor.

Distributionsnettet – 'strømmens lande- og villaveje' – skal transportere strømmen fra transmissionsnettet og ud til brugerne. Her fremskriver netselskaberne, at de skal investere op til 8 milliarder årligt frem mod 2030 og 11 milliarder årligt fra 2031 til

Det årlige investeringsbehov for elnettet i Danmark forventes at stige markant frem mod 2040

Milliarder kroner (fremskrivninger efter 2023), 2010-2040 (2025 priser)



Note: Vi har inflationskorrigeret alle værdier til 2025 (ultimo 2024) priser ved hjælp af data fra Danmarks Statistik (2025), hvorfor disse tal her ikke er 1:1 sammenlignelige med de oprindelige tal i kilderne. Der har været markante udsving år for år i investeringsniveauer. Værdierne i søjlen 2010-2023 bygger på gennemsnit. For de fremtidige investeringer i distributionsnettet bruger et simpelt gennemsnit mellem de tre scenarier i Green Power Denmark (2023a). Der er (så vidt vi ved) ingen tilgængelige analyser, der estimerer investeringerne i det danske transmissionsnet hele vejen frem mod 2040. Vi benytter derfor et simpelt gennemsnit for de forventede investeringer i 2024-2027 og fremskriver denne værdi. Vi bruger disse værdier som udgangspunkt for beregningen for netbesparelser forbundet med fleksibilitet. Her bruger vi en 10-årig periode ligesom, der anvendes i netselskabernes investeringsplaner, men fra 2026 til 2035 i stedet for 2025 til 2034.

Kilde: Copenhagen Economics pba. Energistyrelsen (2021), s. 10 [link](#); Green Power Denmark (2023a), s.45 [link](#); Energinet (2022), s. 5 [link](#); og Energinet (2024d), s. 15 [link](#) – bemærk, at vi har taget udgangspunkt i totalen korrigeret for usikkerhed ('I alt efter usikkerhedsvurdering'), som vi aflæser til at være omkring 15% lavere end den ukorrigerede total ('I alt').

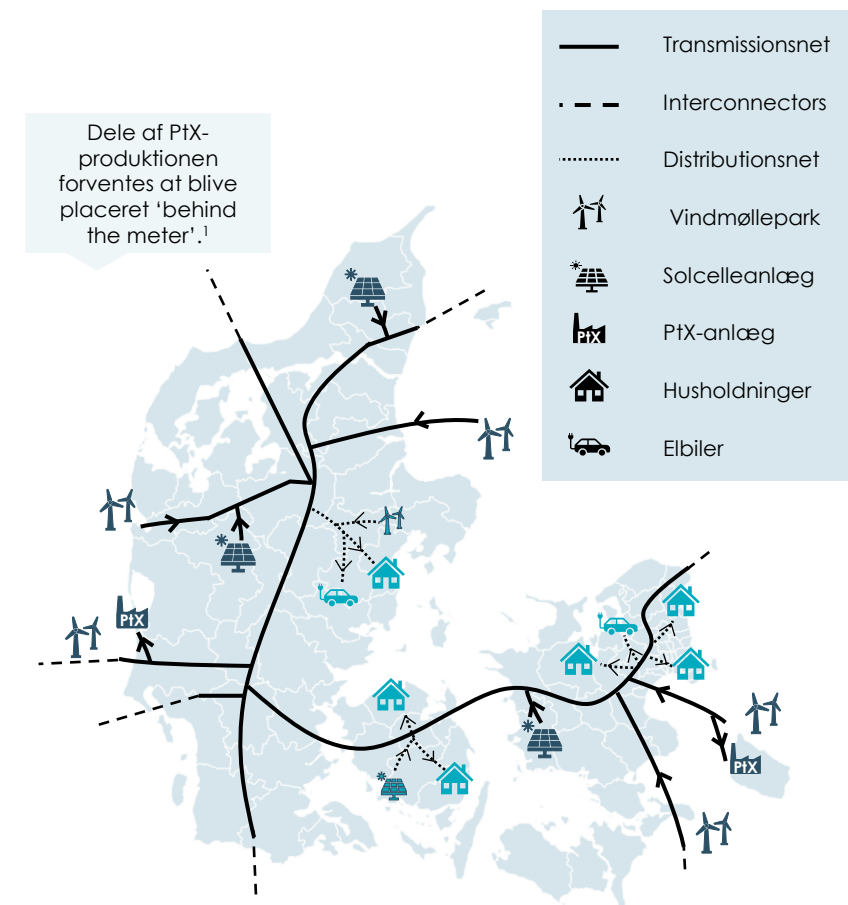
2040, se figuren nedenfor. Dette er en markant stigning fra det historiske niveau fra 2010 til 2023 på omkring 3 milliarder. Behovet for klare signaler om flaskehalse og omkostninger i netkapaciteten skal ses i dette lys.

Forbrug påvirker net og investeringsbehov

Særligt husholdninger, men også visse typer erhverv ligger fortrinsvis decentralt i nettet og bidrager derfor i høj grad til spidsbelastning af hele elnettet. Ligeledes ligger de mest omkostningstunge (per MW) i elnettets yderste led. Små forbrugeres adfærd – fx opladning og opvarmning – vil derfor have en stor betydning for nettet, selvom de udgør en mindre del af det samlede elforbrug.

Andre og større typer af elforbrug, fx PtX-værker, ventes i høj grad at placere sig tæt på elproduktion for at minimere behovet for elnet (såkaldt 'bag-måleren') som en integral del af forretningsmodellen. Det mindsker alt andet lige påvirkningen på elnettet, se illustration.^{1,2}

Illustration: Elproduktionen transporteres til forbrugerne gennem transmissions- og distributionsnet



Kilde: Copenhagen Economics pba. interviews og egen research.

Noter: 1) Energistyrelsen forventer at omkring 18% af det samlede forbrug til PtX-produktion vil ske uden nettilslutning i 2035 og omkring 56% i 2050, se Energinet (2024a), [link](#). 2) Som nævnt i forordet går vi ikke i dybden med prosumers og deres rolle.

I fremtiden vil det blive endnu vigtigere at reducere samtidigheden i elforbruget

Reduceret samtidighed kan udskyde kapacitetsopgraderinger

Transmissions- og distributionsnettets komponenter kan blive overbelastede, hvis produktionen eller forbruget på et givent sted i nettet og på et givent tidspunkt bliver for stort, dvs. hvis *samtidigheden* i forbruget er høj.¹ Hvis samtidigheden mindskes via aktivering af fleksibilitet, så kan det eksisterende net bruges i længere tid.

I realiteten er netselskaberne pga. regulering påkrævet at opgradere kapaciteten i nettet før den fysiske kapacitetsgrænse nærmes (en udnyttelse tættere til denne grænse kalder netselskaberne 'internt aktiveret fleksibilitet').²

Nye forbrugstyper giver nye udfordringer med samtidighed

Historisk har høj samtidighed på forbrugssiden primært været et problem om eftermiddagen og aftenen, hvor mange husholdninger er hjemme og bruger strøm til fx madlavning, ofte kaldt 'kogespidsen', se figuren. I fremtiden risikerer varmepumper, elbiler og direkte elektrificering af dele af erhvervet at medføre større og flere spidsbelastninger.

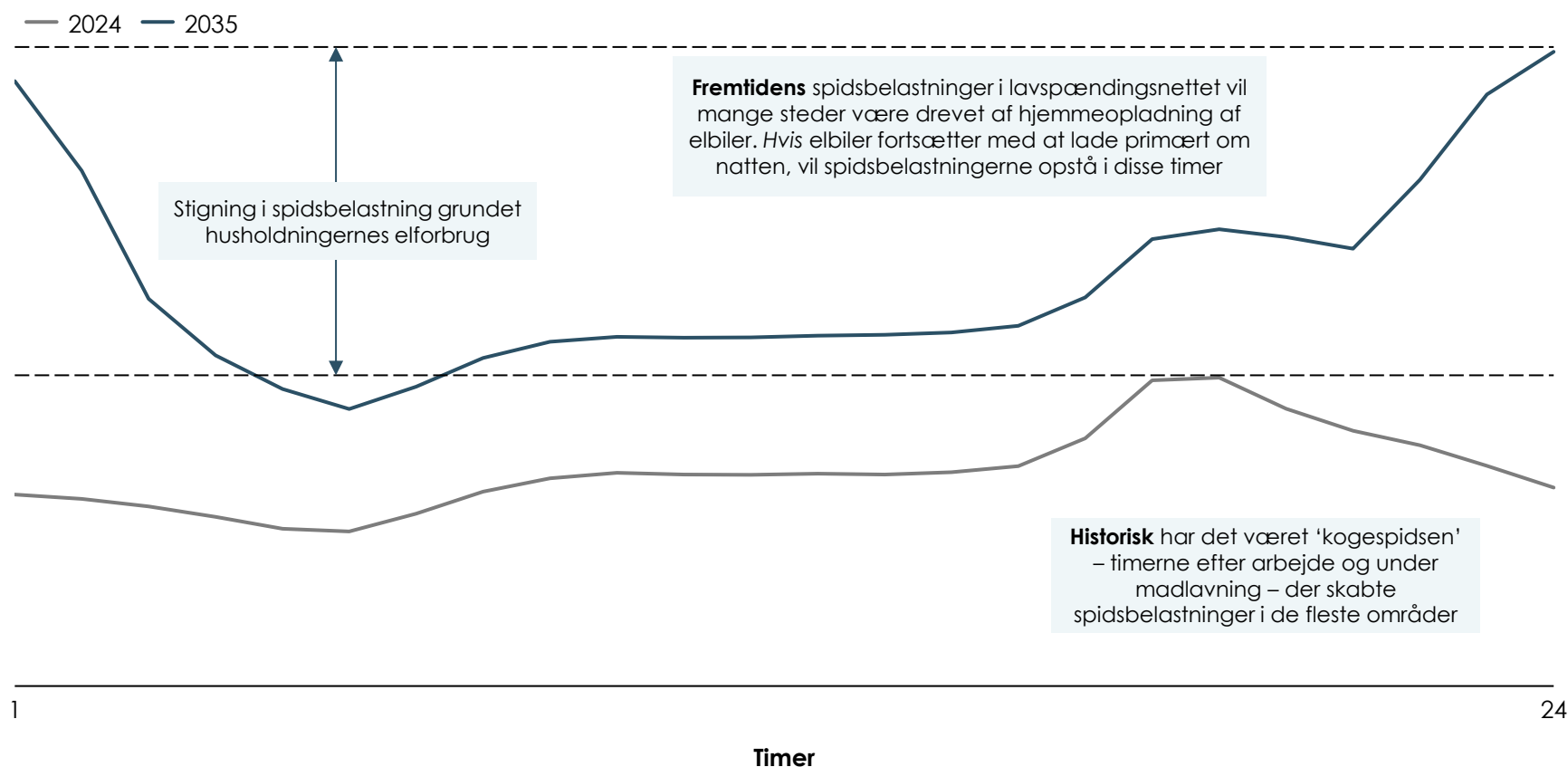
Dimensioneringen af transmissions- og distributionsnettet drives af forskellige faktorer

Lidt forsimplet kan man sige, at den nødvendige kapacitet i **transmissionsnettet** i høj grad er drevet af mere og mere ufleksibel produktion fra vedvarende energi, da nettet skal kunne klare perioder med meget høj produktion³.

Omvendt gælder det for **distributionsnettet**, hvor den nødvendige kapacitet i det eksisterende net i høj grad (men ikke udelukkende) er drevet af spidsbelastninger i *forbruget*.³ Herudover kommer nyt forbrug eller nyttilslutninger af ny produktion som fx solcelleparker.

Illustration: Husholdningernes elforbrug kan skabe nye og større spidsbelastninger i 2035

Husholdningernes samlede forbrugsmønster henover et døgn i KWh, 2024 - 2035



Note: Figuren viser husholdningernes gennemsnitlige elforbrug i 2024, hvor det især er præget af klassisk forbrug og i 2035, hvor varmepumper og især elbiler fylder mere. Figuren skal opfattes som illustrativ, da der er stor varians på tværs af dage og især sæsoner. Ligeledes kommer der til at være betydelige geografiske forskelle. Elbiler og varmepumper bliver især drivende i villa- og parcelhusområder, hvor muligheden for hjemmeopladning af elbiler vil være normalt. I byområder, hvor hjemmeopladning og varmepumper vil være mindre almindelige, vil forbrugsprofilen se anderledes ud.

Kilde: Copenhagen Economics pba. Energinet (2024a), [link](#); Energinet (2025a, website), [link](#); Green Power Denmark (2022), side 21-22, [link](#); og Elnetskabet N1 (2024), side 34-35.

Der vil stadig være behov for nye investeringer i elnettet, men nogle investeringer kan udskydes, hvis vi bruger elnettet anderledes

Kapacitetsopgraderinger udgør blot en del af de samlede investeringer i distributionsnettet

Det stigende investeringsbehov i distributionsnettet vil som nævnt være ca. 5 mia. kr. større om året i de kommende 10 år, sammenlignet med perioden 2010-2023 (s. 16). En del af disse kan påvirkes af forbrugsmønstre.

Udvidelsen af distributionsnettet kan opdeles i tre hovedkategorier: **Nytilslutning, reinvesteringer og kapacitetsopgraderinger.**

- Nytilslutninger sker fx i forbindelse med nye boligområder eller solparker.
- Reinvesteringer sker, når gamle ledninger, bokse og transformere er udtjente og skal udskiftes.
- Kapacitetsopgraderinger er investeringer, som *alene* sker, fordi det eksisterende net ikke er dimensioneret til at møde spidsbelastningen.

Selvom der i *alle* tre typer investeringer tages stilling til behovet for fremtidig kapacitet, eksisterer et betydeligt potentiale for besparelser som følge af fleksibelt forbrug kun for kapacitetsopgraderinger. Det skyldes at selve dimensioneringen (antal og tykkelse af kobberkabler) typisk kun udgør en mindre del af anlægsprojektets samlede udgifter.¹

Fleksibelt forbrug kan udskyde nogle kapacitetsopgraderinger

Kapacitetsopgraderingerne udgør ca. en tredjedel af netselskabernes samlede investeringer de næste 10 år, se figuren til venstre.² Nogle - men ikke alle - kapacitetsopgraderinger, kan spares eller udskydes som resultat af forbrugsfleksibilitet, se figuren til højre.

Forbrugsfleksibilitet påvirker netinvesteringerne, når risikoen for at lokale komponenter rammer kapacitetsgrænsen reduceres betydeligt. Det drejer sig med andre ord om de komponenter, der ligger på *grænsen* og hvor fleksibilitet kan udskyde omkostninger. Omvendt vil komponenter som vurderes at blive meget overbelastede stå overfor udskiftning uanset hvor fleksibelt elforbruget er.

Des hurtigere fleksibiliteten kan indføres, des større bliver gevinsterne. Det skyldes ikke mindst, at netselskaberne har brug for klarhed omkring deres investeringsplaner.³

Hvordan påvirker fleksibelt forbrug investeringerne i elnettet?

Fleksibelt forbrug kan hjælpe med at udskyde de investeringer i elnettet, der handler om kapacitetsopgraderinger. I distributionsnettet udgør de ca. en tredjedel af de samlede investeringer (se venstre figur). Potentialet for fleksibilitet findes i de dele af nettet, som risikerer at blive overbelastede ved uændrede forbrugsmønstre, men som ikke er så overbelastede, at kapaciteten under alle omstændigheder skal opgraderes.

Kapacitetsopgraderingerne udgør en delmængde af de samlede netinvesteringer

Forventede gennemsnitlige årlige investeringer i distributionsnettet, DKK mia.

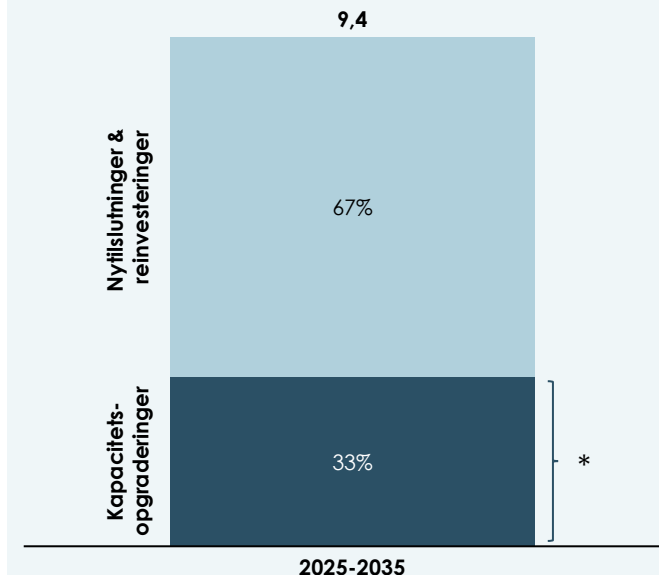
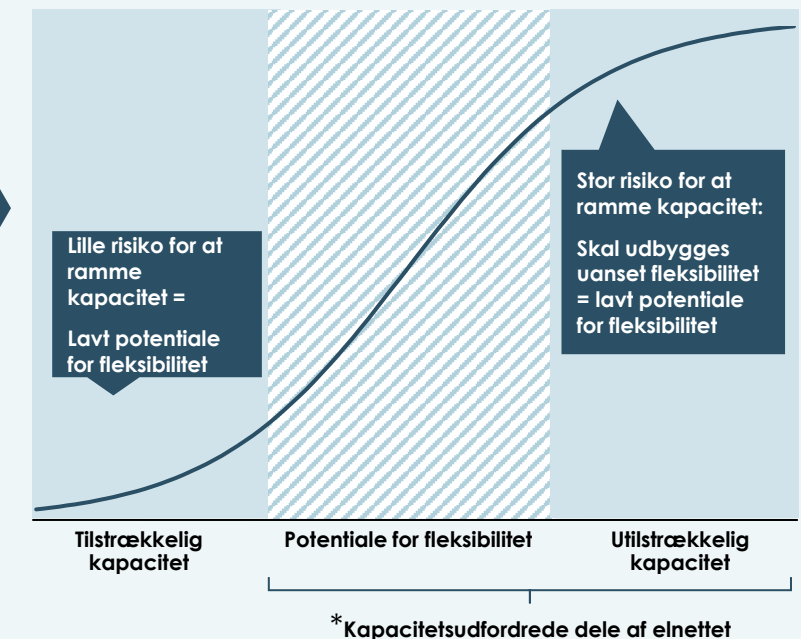


Illustration: Dele af de nødvendige kapacitetsopgraderingerne kan udskydes med fleksibelt forbrug

Sandsynlighed for overskridelse af kapacitetsgrænse



Kilde: Copenhagen Economics pba. netudviklingsplaner og interviews med markedsaktører.

Noter: 1) Netselskaberne vil typisk også foretage flere typer af investeringer, når større projekter igangsættes. Fx er store omkostninger forbundet med gravearbejdet, så når gamle komponenter udskiftes, kan det ofte også svare sig at kapacitetsopgradere selvom, der ikke aktuelt er lokale udfordringer med kapaciteten. / 2) Elnetselskabet N1 (2024). / 3) Se appendiks A5 for yderligere diskussion af timingen af fleksibilitet.

Implicit og eksplicit forbrugsfleksibilitet

Implicit forbrugsfleksibilitet

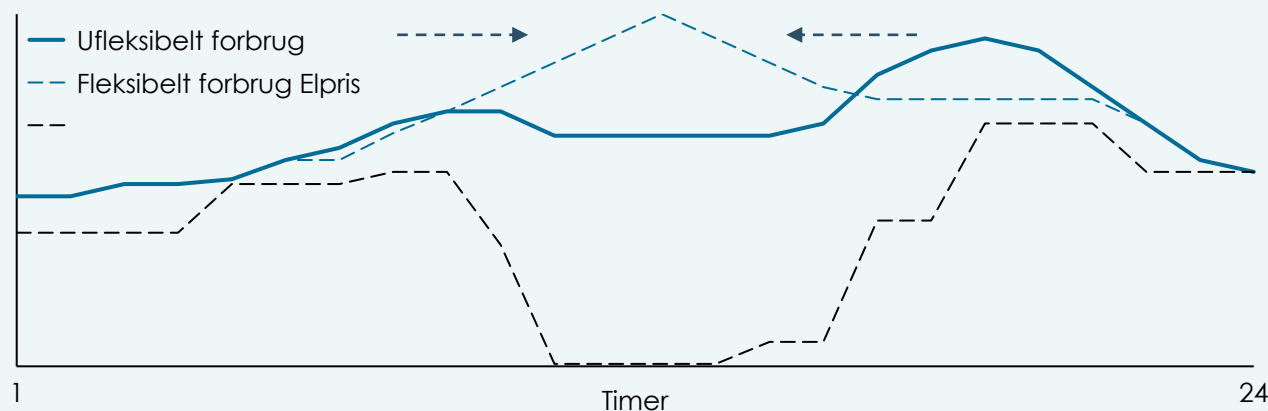
Når forbruget flyttes som følge af en reaktion på det samlede prissignal (se s. 14) på el taler man om **implicit fleksibilitet**. Her sker forbrugsfleksibilitet, når elforbrugere flytter dele eller hele deres efterspørgsel fra én time til en anden på grund af prisforskellen mellem de to timer. Prisforskellen kan opstå via den rene elpris eller tariffen. Det kan fx være når husholdninger vælger at oplade elbilen om natten i stedet for om aftenen, hvor prisen er højere. Det kan også være at sætte vaskemaskinen til at køre i andre timer end i spidsbelastningen.

Ved at øge den implicitte forbrugsfleksibilitet kan forbrugere opnå gevinster i form af lavere elpriser ved at forbruge, når prisen er lav, og hvor der typisk er meget billig sol og vindenergi. Samtidigt får man en bedre udnyttelse af VE-produktion, hvilket både gavner producenter og klimaet. Samtidigt medfører det højere forbrug i timer med meget VE også højere priser til VE-producenter, hvilket igen øger incitamentet til at opstille endnu mere VE.

Afhængigt af tariffernes design kan øget implicit forbrugsfleksibilitet dog også være med til at øge spidsbelastningen i timer med meget lave priser, hvilket øger behovet for investeringer i især distributionsnettet.

Illustration: Forbrug, der reagerer på prisen

MWh (forbrug) og DKK per MWh (elpris)



Note: Figuren er illustrativ og viser, hvordan forbrug kan reagere på forskelle i priser.
Kilde: Copenhagen Economics.

Eksplicit forbrugsfleksibilitet

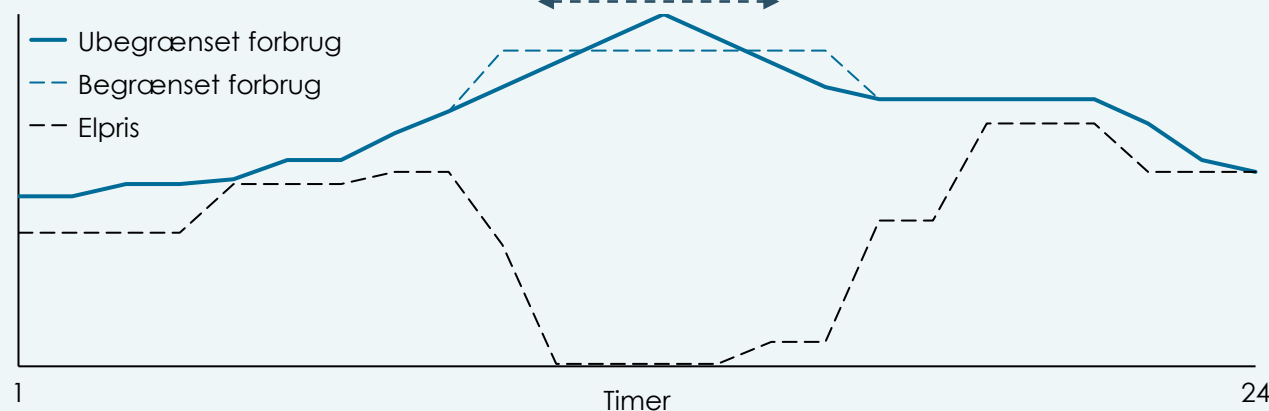
Når forbruget nedreguleres - eller helt afbrydes - direkte efter aftale med fx netselskabet taler man om **eksplicit fleksibilitet**. Her sker forbrugsfleksibilitet som følge af en kontrakt. Ved eksplicit fleksibilitet indgås en aftale mellem en netansvarlig og en elforbruger, om at forbrugeren skal reducere eller øge sit forbrug for at sikre, at der ikke opstår overbelastning af nettet eller ubalance mellem produktion og forbrug.¹ Vi fokuserer på tilfældet, hvor forbrugere reducerer forbruget i nogle timer og i stedet forbruger i andre timer, hvor der ikke er samme belastning af nettet.

Med eksplicit fleksibilitet er der ikke nødvendigvis tale om at flytte meget store mængder af strøm. Det indebærer dog, at forbrugere ikke nødvendigvis kan bruge den mængde el, de foretrækker, når de ønsker det – fx i de timer, hvor priserne er lavest. Dette skal de kompenseres for gennem betaling for deres fleksibilitet.

Stigende digitalisering og automatisering medfører, at forbrugere kan reagere hurtigere og på mindre prisforskelle. Det kan i praksis mindske forskellen mellem implicit og eksplicit fleksibilitet.

Illustration: Forbrug, der begrænses for at reducere spidsbelastninger

MWh (forbrug) og DKK per MWh (elpris)



Note: Figuren er illustrativ og viser, hvordan fleksibelt forbrug, der søger mod timer med lave priser begrænses af eksplicitte aftaler.
Kilde: Copenhagen Economics.

Note: 1) Producenter indgår også i eksplicit fleksibilitet, hvor især VE-producenter indgår i nedadgående fleksibilitetsaftaler – de skal reducere produktion i perioder med overproduktion – og fossile producenter indgår i opadgående fleksibilitetsaftaler – de skal øge produktionen i perioder med for lidt produktion.

KAPITEL 2

POTENTIALET FOR FORBRUGSFLEKSIBILITET

Potentialet for forbrugsfleksibilitet

Vores scenarietilgang

Vi opstiller tre scenarier for forbrugeradfærd i 2035 blandt husholdninger og erhverv. Vi kalder scenarierne for 'Business as usual', 'Fleksibelt forbrug' og 'Fuldt fleksibelt forbrug'.

S. 22-24

Effekten af fleksibelt forbrug på forbrugere og producenter

Vi beregner potentialet for fleksibilitet som forskellen mellem de tre scenarier ved at simulere fremtidens elmarked i vores power market-model. Vi ser på forbrugerpriser, capture-priser og CO₂-udledninger.

S. 25-28

Effekterne af fleksibilitet på elnettet

Vi beregner potentialet for at udskyde investeringer i transmissions- og distributionsnettet, hvis forbruget bliver mere fleksibelt.

S. 29-30

Yderligere diskussion af fleksibilitetspotentialet

Vi sammenligner vores resultater med lignende udgivelser. Vi laver en kvalitativ analyse af potentialet ift. afledte effekter, som vi ikke har med i vores beregninger.

S. 31-32

1

DKK 1,4 mia.

Årlig besparelse for danske elforbrugere i 2035 i det mest fleksible scenarie.

Fleksible forbrugere reagerer på prisforskelle og flytter forbruget til timer med lave priser. Den gennemsnitlige elpris falder.

2

230.000 tons CO₂

Lavere udledninger for at producere ét års strøm i 2035 i det mest fleksible scenarie.

Sol- og vindenergi får gavn af et fleksibelt forbrug, fordi det mindsker behovet for fleksibilitet på produktionssiden.

3

7-12%

Mulige besparelser på udskudte netinvesteringer i det kommende årti.

Forbrugsfleksibilitet mindsker samtidigheden i perioder med spidsbelastning. Det betyder en bedre udnyttelse af det elnet, der allerede findes i dag – og udskyder omkostninger til investeringer i elnettet.

Vi estimerer potentialet i elsystemet og for elnettet

I dette kapitel estimerer vi gevinsterne for forbrugere og producenter samt ift. udskudte investeringer i elnettet, hvis forbruget af el bliver mere fleksibelt.

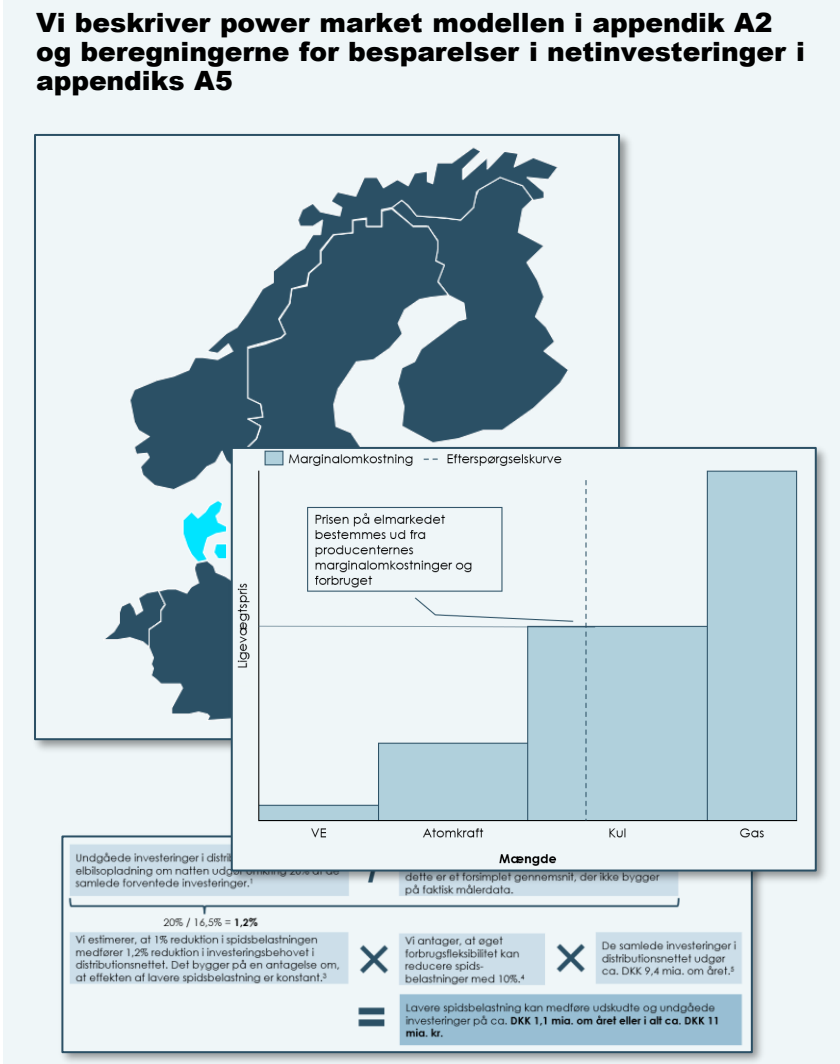
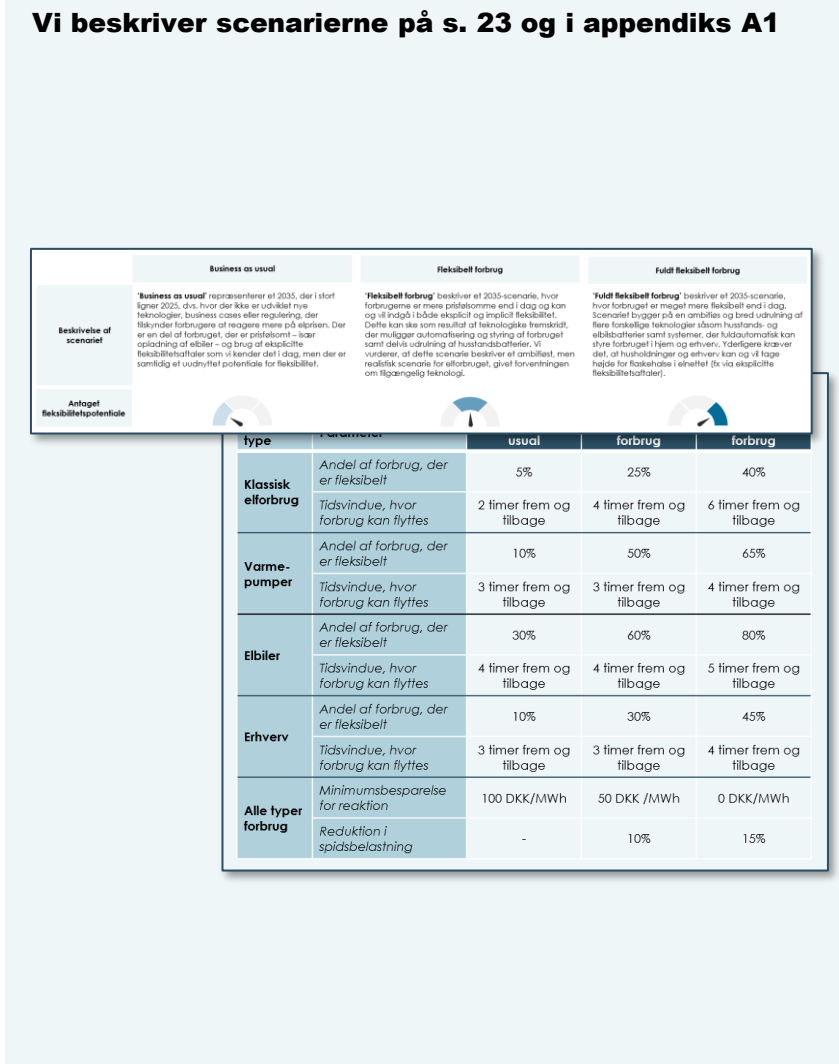
Effekterne som vi gennemgår i kapitlet er:

- 1. Besparelser på samlede udgifter til el for forskellige forbrugere og gevinster for producenter af vedvarende energi, der får højere priser og bedre kan udnytte kapaciteten.
- 2. En grønnere MWh og dermed lavere CO₂-udledninger.
- 3. Reduceret investeringsbehov i elnettet, fordi den eksisterende kapacitet udnyttes bedre og derfor i højere grad er tilstrækkelig.

Vi gennemgår effekterne enkeltvis, men de sker som følge af et samlet skift i hele elsystemet. Størrelserne på de enkelte delelementer regnes på tværs af tre scenarier: Reference-scenarier **'Business as usual'** samt de to fleksible scenarier **'Fleksibelt forbrug'** og **'Fuldt fleksibelt forbrug'**. Vi estimerer fleksibilitetspotentialet som forskellen til referencescenariet.

Effekterne på selve elmarkedet simulerer vi i vores *power market-model*. Modellen er en partiel ligevægtsmodel udviklet til at analysere de nordeuropæiske – og især det danske – engrosmarkeder for elektricitet. Modellen simulerer produktion, og priser i alle årets timer pba. en række inputs såsom (delvist) eksogene forbrugsprofiler samt sol- og vindmønstre. For at tilpasse modellen til 2035 har vi kalibreret den samlede elproduktion- og forbrug efter Energistyrelsens fremskrivninger, AF24.¹

Effekterne på elnettet regner vi uden for modellen (men konsistent med scenarierne), baseret på et mere simpelt *top down*-regnestykke med input fra udvalgte netinvesteringsplaner og interviews med forskellige markedsaktører.



Noter: 1) Energinet (2024a), [link](#).

Vi undersøger potentialiet ved forbrugsfleksibilitet i en scenarieanalyse

En sammenligning af tre forskellige scenarier for fleksibilitet

Vi analyserer husholdningernes og erhvervets elforbrug på tværs af tre scenarier i 2035

Vi undersøger effekten af øget forbrugsfleksibilitet ved at sammenligne et relativt ufleksibelt referencescenarie med to mere fleksible scenarier. Vi kalder scenarierne **'Business as usual'** (reference), **'Fleksibelt forbrug'** og **'Fuldt fleksibelt forbrug'**.

Formålet med scenarieanalyser er at undersøge effekten af ændringer. Det er altså ikke en øvelse i at forudsige fremtiden eller beskrive nutiden i detaljen, men at analysere, hvad der kan ske, hvis man formår at aktivere et højere niveau af forbrugsfleksibilitet end det er tilfældet i dag.

Vi sonder mellem erhvervets (eksklusiv PtX-producenter, datacentre og fjernvarme) elforbrug samt tre typer af husholdningers forbrug. Disse har forskellige teknologiske forudsætninger for fleksibilitet. Generelt er det klassiske forbrug det mindst fleksible, hvorimod både varmepumper og elbiler kommer til at kunne bidrage med en større grad af forbrugsfleksibilitet.¹ Ligeledes kommer erhverv også til at kunne indgå aktivt i både det eksplicitte fleksibilitetsmarked og udnytte en grad af implicit fleksibilitet.^{2,3}

I tabellen nedenfor beskriver vi de tre scenarier, som analysen bygger på. Vi analyserer effekterne af forbrugsfleksibilitet på

elmarkedet ved at sammenligne produktion, forbrug samt resulterende elpriser og udledninger i de tre scenarier i vores power market-model. Modellen simulerer produktion og priser i hver time henover året ud fra forbruget - se appendiks for detaljer om modellen og parametervalg på tværs af de tre scenarier. Modellen er kalibreret efter den samlede elproduktion- og forbrug i Energistyrelsens fremskrivninger, AF24.⁴

Vi undersøger tre forskellige fleksibilitetsscenarier i Danmark i 2035

	Business as usual	Fleksibelt forbrug	Fuldt fleksibelt forbrug
Beskrivelse af scenariet	'Business as usual' repræsenterer et 2035, der i stort ligner 2025, dvs. hvor der ikke er udviklet nye teknologier, business cases eller regulering, der tilskynder forbrugere at reagere mere på elprisen. Der er en del af forbruget, der er prisfølsomt – især opladning af elbiler – og brug af eksplicitte fleksibilitetsaftaler som vi kender det i dag, men der er samtidig et uudnyttet potentiale for fleksibilitet.	'Fleksibelt forbrug' beskriver et 2035-scenarie, hvor forbrugerne er mere prisfølsomme end i dag og kan og vil indgå i både eksplicit og implicit fleksibilitet. Dette kan ske som resultat af teknologiske fremskridt, der muliggør automatisering og styring af forbruget samt delvis udrulning af husstands batterier. Vi vurderer, at dette scenarie beskriver et ambitiøst, men realistisk scenarie for elforbruget, givet forventningen om tilgængelig teknologi.	'Fuldt fleksibelt forbrug' beskriver et 2035-scenarie, hvor forbruget er meget mere fleksibelt end i dag. Scenariet bygger på en ambitiøs og bred udrulning af flere forskellige teknologier såsom husstands- og elbils batterier samt systemer, der fuldautomatisk kan styre forbruget i hjem og erhverv. Yderligere kræver det, at husholdninger og erhverv kan og vil tage højde for flaskehalse i elnettet (fx via eksplicitte fleksibilitetsaftaler).
Antaget fleksibilitetspotentiale			

Noter: 1) Se EA Energi Analyse (2023), s. 16 [link](#) eller DNV (2023b). / 2) Copenhagen Economics pba. interviews med markedsaktører og egen research. / 3) Se Flexplatform (2025, website), [link](#). / 4) Energinet (2024a), [link](#).

Vores antagelser om forbrugeradfærd skaber forskellige forbrugsprofiler i de tre scenarier

Arbejdet med power market modellen kan forstås i tre overordnede trin

Vores arbejde med modellen kan forstås i tre trin. Først definerer vi forbrugsadfærd ved at fastsætte en række parameterverdier, fx hvor stor en andel af forbruget, der kan flyttes i tid og mange timer det kan flyttes. Det genererer forskellige forbrugsprofiler over et døgn for hver type af forbrug. Til sidst fører de forskellige forbrugsprofiler til forskellige resultater i modellen, hvor vi kombinerer forbrugsprofilerne med produktionskapaciteter fra AF24.

Vi styrer forbrugeradfærden i modellen med en række nøgleparametre...

1

Vi undersøger tre forskellige fleksibilitetsscenarier i Danmark i 2035				
Beskrivelse af scenarier	Antagelse om fleksibilitetspotentiale			
	Business as usual	Fleksibelt forbrug	Fuld fleksibelt forbrug	
Klassisk elforbrug	'Business as usual' repræsenterer et 2035-scenarie, der i stort ligner 2025, dvs. hvor der ikke er udviklet nye teknologier, business cases eller regulering, der påvirker forbrugernes adfærd mere på elprisen. Der er en del af forbruget, der er prissensitivt – især opvarmning af elbiler – og brug af elektrificerede fleksibilitetsforbrug som vi kender det i dag, men der er samtidig et udnyttet potentiale for fleksibilitet.	'Fleksibelt forbrug' beskriver et 2035-scenarie, hvor forbrugerne er mere prissensitive end i dag og kan om- og indstille forbruget efter behov. Dette kan ske som resultat af teknologiske fremskridt, der muliggør automatisering og styring af forbruget samt delvis udvinding af husstandstøft. Vi vurderer, at dette scenarie beskriver et omstændigt, men realistisk scenarie for elforbruget, givet forventningen om tilgængelig teknologi.	'Fuld fleksibelt forbrug' beskriver et 2035-scenarie, hvor forbruget er meget mere fleksibelt end i dag. Scenariet bygger på en omstilling og bred udvinding af flere forskellige teknologier såsom husstande- og elbiler, der kan styres efter behov. Derudover kan nye forbrugere i hjem og erhverv, der kræver det, af husstandene og erhverv kan og vil tage højde for fleksibilitet i forhold til at udnytte elektricitet (fleksibilitetsforbrug).	
Forbrugs-type	Parameter	Business as usual	Fleksibelt forbrug	Fuld fleksibelt forbrug
Klassisk elforbrug	Andel af forbrug, der er fleksibelt	5%	25%	40%
	Tidspunkt, hvor forbrug kan flyttes	2 timer frem og tilbage	4 timer frem og tilbage	6 timer frem og tilbage
Varmepumper	Andel af forbrug, der er fleksibelt	10%	50%	65%
	Tidspunkt, hvor forbrug kan flyttes	3 timer frem og tilbage	3 timer frem og tilbage	4 timer frem og tilbage
Elbiler	Andel af forbrug, der er fleksibelt	30%	60%	80%
	Tidspunkt, hvor forbrug kan flyttes	4 timer frem og tilbage	4 timer frem og tilbage	5 timer frem og tilbage
Erhverv	Andel af forbrug, der er fleksibelt	10%	30%	45%
	Tidspunkt, hvor forbrug kan flyttes	3 timer frem og tilbage	3 timer frem og tilbage	4 timer frem og tilbage
Alle typer forbrug	Minimumsbetæring for reaktion	100 DKK/MWh	50 DKK/MWh	0 DKK/MWh
	Reduktion i spidsbelastning	-	10%	15%

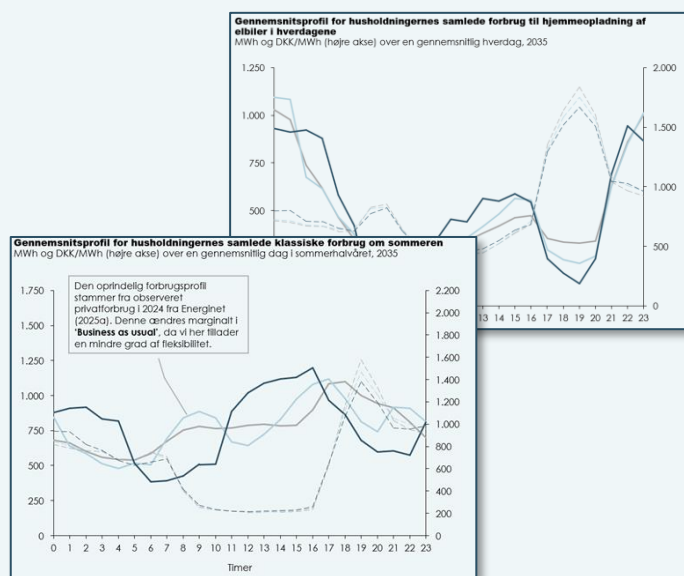
Kilde: Copenhagen Economics.

De centrale parametre bestemmer, hvordan forskellige typer forbrugere reagerer på priscændringer. Vi sætter parametrene baseret på tidligere studier og interviews med markedsaktører for at sikre en realistisk repræsentation af fleksibilitet i forbruget. Se appendiks A1 for en mere detaljeret gennemgang af parametrene.

Parametrene afgør, hvor fleksibelt hver type af forbrug er. Jo mere fleksibelt forbruget er, desto mere kan det flyttes til timer med lavere priser. Det skaber forskellige forbrugsprofiler, hvor nogle typer forbrug udnytter forskelle i markedspriserne mere

...der skaber forskellige forbrugsprofiler...

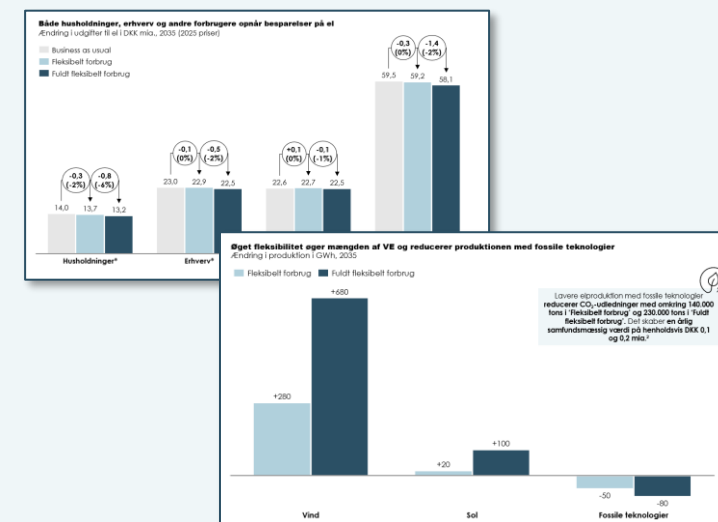
2



Kilde: Copenhagen Economics.

...hvilket igen skaber forskellige resultater

3



Kilde: Copenhagen Economics.

Der er penge at spare for elkunder, der bliver mere fleksible

Forbrugergevinster på DKK 0,3-1,4 mia. om året

Alle forbrugere sparer penge på elregningen når fleksibiliteten øges

Vi estimerer, at danske elforbrugere (fleksible såvel som ufleksible) sparer mellem DKK 0,3-1,4 mia. om året i omkostninger til el i scenarierne 'Fleksibelt forbrug' og 'Fuldt fleksibelt forbrug', når vi sammenligner med 'Business as usual'.

Besparelserne for husholdninger og erhverv vurderer vi til at være henholdsvis mellem DKK 0,3-0,8 mia. og DKK 0,1-0,5 mia. om året. Det svarer for husholdninger med elbil og varmepumpe til ca. 2-6% af udgifterne til den rene elpris og distributionstarifferne (dvs. ekskl. transmissionstariffer, moms og afgifter) eller omkring 0,8-2,4% af den samlede årlige elregning.¹ For erhverv er den gennemsnitlige effekt relativt lille, men bestemte typer af erhverv (fremstilling med elektricitet som procesenergi) vil kunne opnå besparelser betydeligt over gennemsnittet.

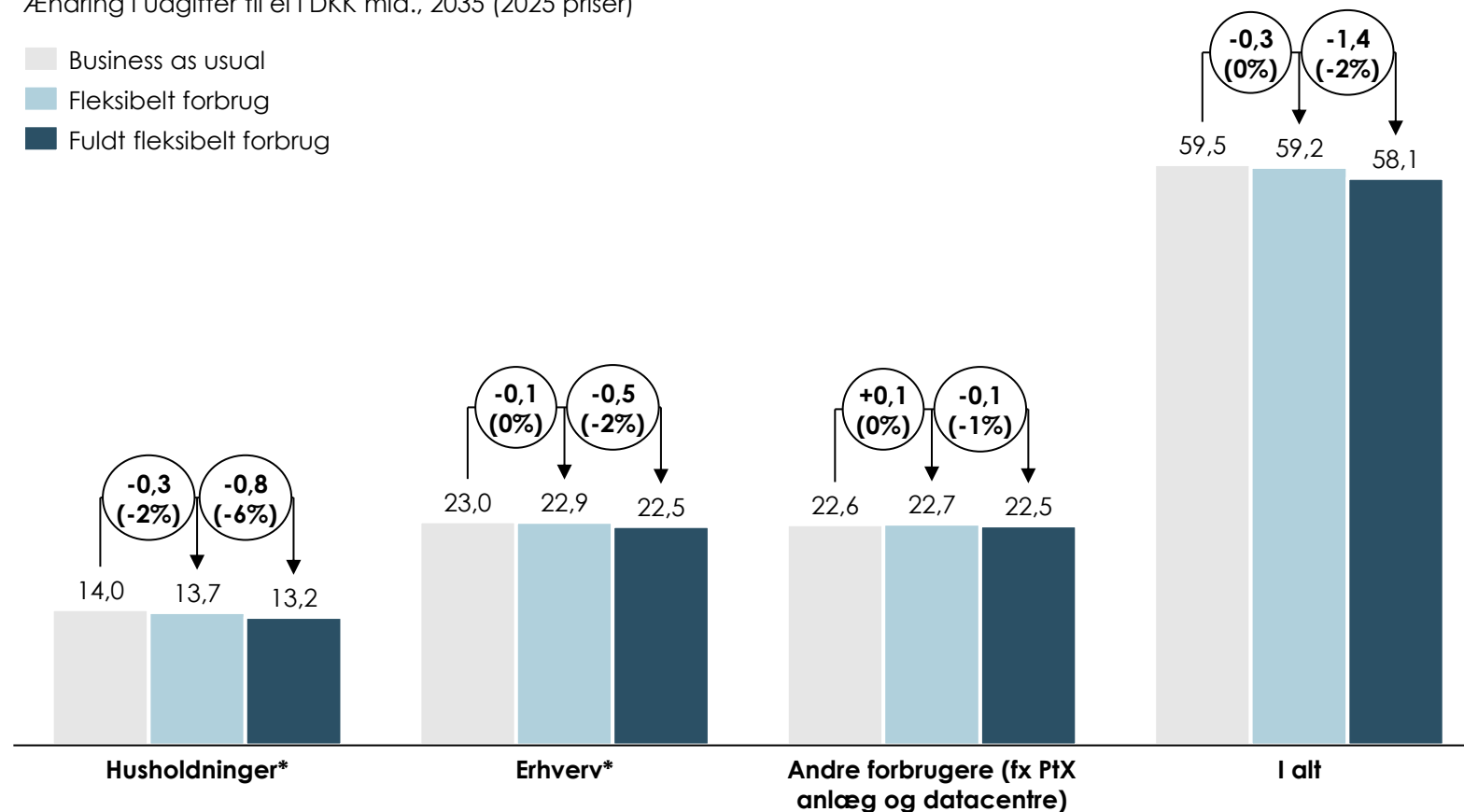
Herudover kommer den compensation, som husholdninger og erhverv vil kunne opnå ved at tilbyde eksplicit fleksibilitet. Disse gevinster vil skulle deles mellem kunder, TSO og DSO, men vi henfører dem til netbesparelser i denne analyse (s. 29).

Det er en vigtig pointe, at forbrugsfleksibilitet ikke kun påvirker fleksible forbrugere, men også påvirker gennemsnitsprisen for *andre* forbrugere. Andre forbrugere – primært de ufleksible såsom datacentre – sparer DKK 0,1 mia. om året scenariet 'Fuldt fleksibelt forbrug', men står til at have omkring DKK 0,1 mia. højere udgifter om året i det mere moderate scenarie 'Fleksibelt forbrug'.² Ufleksible forbrugere (fx datacentre) har ikke har samme mulighed for at flytte forbruget væk fra timer med høje priser og har dermed relativt meget gavn af, at prisen udjævnes. Omvendt kan fleksible forbrugere (fx PtX-producenter) ende med at betale højere priser, da de som regel burger strøm, når den er billigst.

Både husholdninger, erhverv og andre forbrugere opnår besparelser på el

Ændring i udgifter til el i DKK mia., 2035 (2025 priser)

- Business as usual
- Fleksibelt forbrug
- Fuldt fleksibelt forbrug



Note: Vi har afrundet til nærmeste 100 millioner grundet usikkerheden forbundet med estimaterne. Dette gør, at summen af hvert element ikke nødvendigvis resulterer i totalen. *Den pris, som husholdninger og erhverv betaler er inklusiv tidsdifferentierede distributionstariffer, hvorimod andre forbrugere kun indeholder den rene elpris. Vi har benyttet os af tariffene for en C kunde i Radius' elnet gældende fra 01/01/2025, se Radius (2025, website), [link](#). Bemærk, at dette muligvis gør, at vi anvender for store tariffer for nogle dele af erhvervets forbrug, da nogle med et stort elforbrug betaler mindre distributionstariffer.

Kilde: Copenhagen Economics, elmarkedssimulationer.

Når elforbruget bliver mere fleksibelt er der mindre behov for den fleksible, men fossile elproduktion

Grønnere strøm giver klimagevinster på op til 230.000 tons CO₂ eller DKK 0,2 mia. om året

Fleksibelt forbrug øger udnyttelsen af vedvarende energi

Den samlede produktion af vind- og solenergi stiger i begge de fleksible scenarier. I forhold til 'Business as usual' stiger produktionen af vind med **280-680 GWh** og sol med **20-100 GWh** om året i 2035. Omvendt falder elproduktionen fra fossile teknologier med 50-80 GWh om året.

Forbrugsfleksibilitet fremskynder et skift mod en produktion af el via sol og vind gennem en bedre udnyttelse af den eksisterende kapacitet af vedvarende energi.

Den samlede produktion stiger i begge de fleksible scenarier, fordi øget fleksibilitet skaber et lavere behov for at begrænse produktionen af vind- og solenergi.¹ I 'Business as usual' vil der være flere timer med sådanne ubalancer mellem produktion og forbrug.

Mindre behov for fleksibel fossil produktion reducerer udledninger i elproduktionen

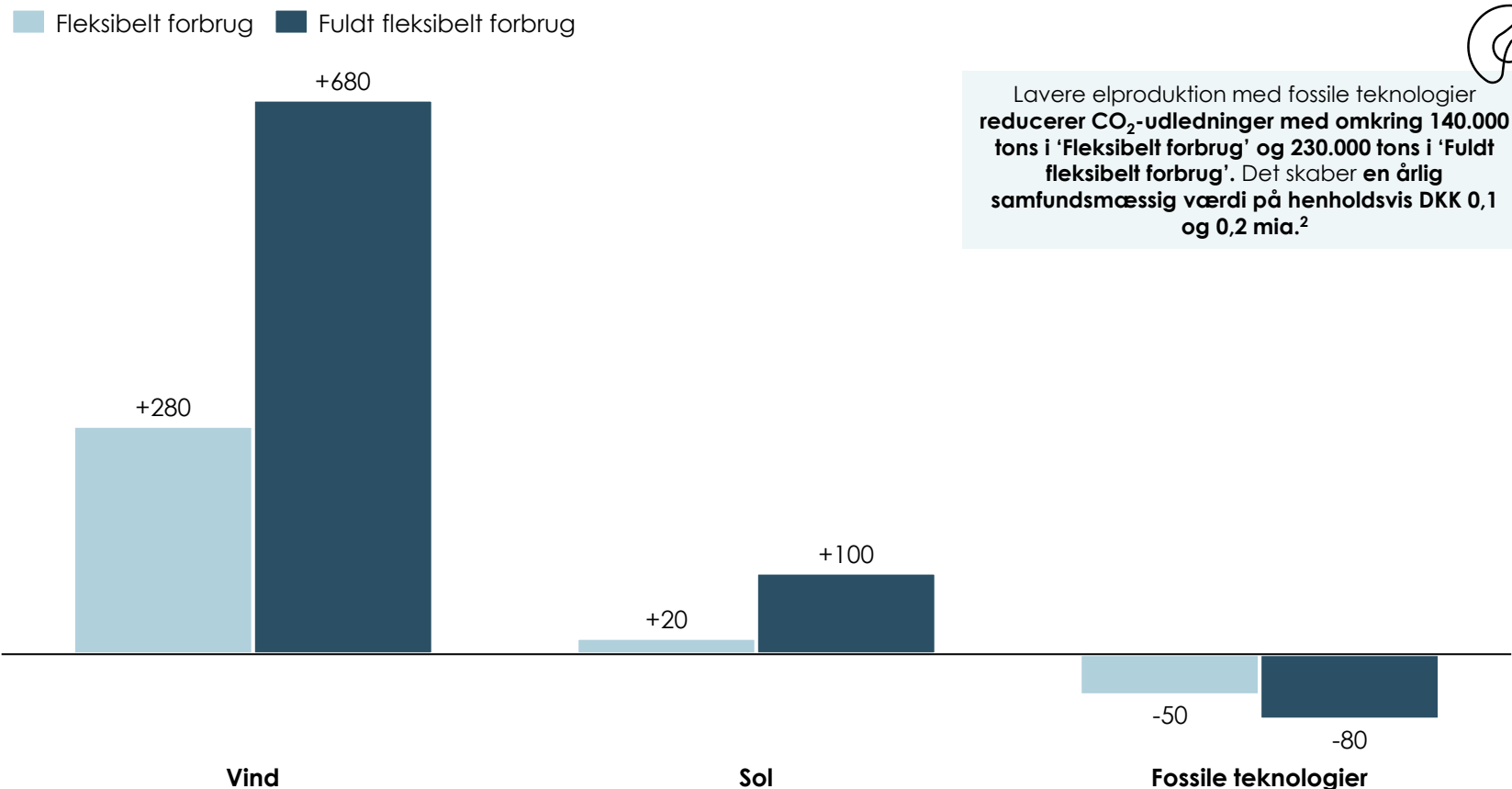
Mere vedvarende energi i en gennemsnitlig MWh sparer ikke kun penge på elregningen (se appendiks A2 for en illustration af prisdannelsen med den såkaldte merit order-kurve) – **det gør den gennemsnitlige MWh grønnere.**

Vi estimerer, at den øgede fleksibilitet **reducerer CO₂-udledningerne i Danmark med henholdsvis omkring 140.000 og 230.000 tons** om året i scenarierne 'Fleksibelt' og 'Fuldt fleksibelt forbrug'.² Dette har en årlig samfundsmæssig værdi på henholdsvis **DKK 0,1 og 0,2 mia.**³ Fleksibelt forbruget mindsker afhængigheden af dyre og udledende fossile teknologier, der traditionelt har dækket ubalancer i perioder med høj efterspørgsel.

Fleksibilitet er dermed konkret med til at fortrænge kul og gas i elnettet, hjælpe med at opfylde Danmarks klimamålsætning samt at mindske prisen for den grønne omstilling for andre sektorer.

Øget fleksibilitet øger mængden af VE og reducerer produktionen med fossile teknologier

Ændring i produktion i GWh, 2035



Lavere elproduktion med fossile teknologier **reducerer CO₂-udledninger med omkring 140.000 tons i 'Fleksibelt forbrug' og 230.000 tons i 'Fuldt fleksibelt forbrug'**. Det skaber en årlig samfundsmæssig værdi på henholdsvis DKK 0,1 og 0,2 mia.²

Note: Figuren viser ændringen i produktionen af el for forskellige teknologier mellem referencescenariet ('Business as usual') og de fleksible scenarier ('Fleksibelt forbrug' og 'Fuldt fleksibelt forbrug'). Vi har afrundet til nærmeste 10 GWh grundet usikkerheden forbundet med estimaterne. 'Vind' indeholder både hav- og landvind. Der også er andre produktionsteknologier i produktionssammensætningen, hvorfor figuren ikke viser et udtømmende billede af effekterne på produktionssiden – anlæg, der bruger biomasse og affald, producerer hhv. 60 og 110 GWh mindre i 2035 ift. 'Business as usual'. Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer

Noter: 1) Samtidig stiger det samlede forbrug marginalt, da der er et tab forbundet med fx batterier. Det betyder, at øget fleksibilitet faktisk kan få den samlede efterspørgsel til at stige en smule. / 2) Vi bruger en gennemsnitlige emissionsfaktor på 303 g/KWh for fossile teknologier, hvilket svarer til direkte emissioner forbundet med elproduktion med biogas. Selv hvis alt gas i gasnettet er biogas i 2035, er det relevant at medregne, da den brugte biogas i stedet kunne være brugt til at fortrænge fossil gas andet steds i produktionen af el eller andre goder. Inkluderer vi den biogene CO₂ fra biomasse (emissionsfaktor på 403 g/KWh), finder vi, at CO₂ besparelsen i stedet er 340.000 og 640.000 tons. Emissionsfaktorer stammer fra Artelia (2024). Bemærk, at vi har afrundet til nærmeste 10.000 tons grundet usikkerheden forbundet med estimaterne. / 3) Vi bruger en CO₂ pris på DKK 728 per ton i 2035 fra Energinet (2024a), [link](#). Dette resulterer i en værdi på hhv. DKK 103 og 169 mio. Vi har afrundet til DKK 0,1 og 0,2 mia.

Capture-priser påvirkes forskelligt af øget fleksibilitet

Sol- og vindenergi opnår DKK 3-7 mere per MWh

Det nye forbrugsmønstre påvirker capture-priserne forskelligt på tværs af produktionsteknologier

Forbrugernes evne til at flytte deres forbrug fra timer med høje priser til timer med lave priser påvirker de produktionsvægtede gennemsnitspriser, som producenter kan tage for el (såkaldte capture-priser). Overordnet set skaber øget forbrugsfleksibilitet højere capture-priser til både vedvarende energi som sol og vind og fossile teknologier, se figur.

Capture-priserne på fossile teknologier stiger med henholdsvis DKK 8 og 6 per MWh i 'Fleksibelt forbrug' og 'Fuldt fleksibelt forbrug'. Flexibiliteten fra disse teknologier bruges mindre, men de kan stadig omvælge deres omkostninger til forbrugerne i de timer, hvor de producerer strøm. Stigningen kan forklares ved, at det er de timer, hvor der er mindst brug for fossil produktion – og hvor priser er lavere – der lettest bliver sorteret fra, når forbrugsfleksibiliteten stiger, men de fossile teknologier producerer stadig, når der er størst ubalance mellem forbrug og produktion – og hvor priserne er højest.

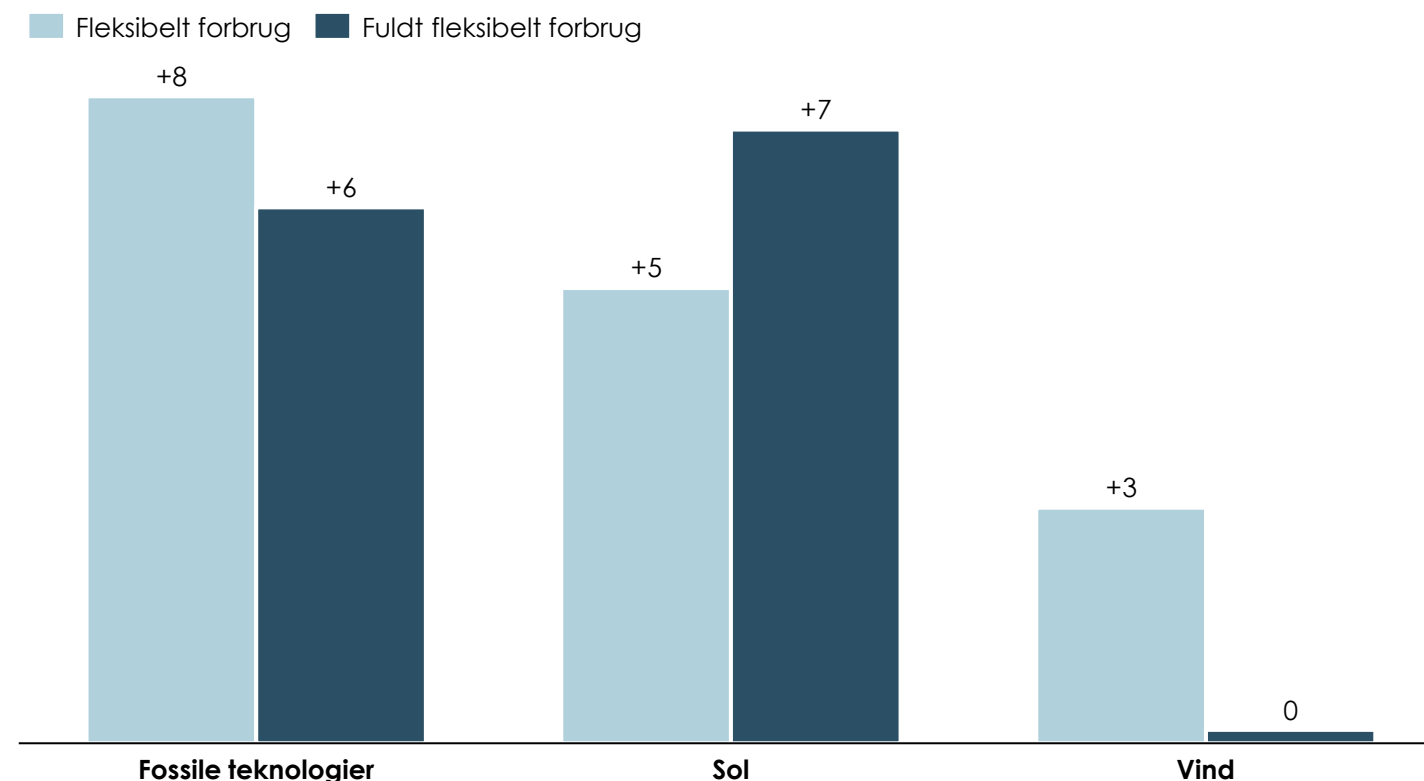
Blandt VE-producenter, stiger capture-prisen mest for sol – henholdsvis DKK 5 og 7 per MWh i de to scenarier. **Vindenergi opnår derimod ikke lige så store gevinster**, hvor capture-priserne bliver højere i 'Fleksibelt forbrug' (DKK 3 per MWh) – men ikke i 'Fuldt fleksibelt forbrug'.

Forskellen mellem sol- og vindenergi skyldes to faktorer:

1. Solenergi følger et fast dagsmønster (med sæsonvariation), hvilket skaber lave priser midt på dagen, som forbrugerne kan udnytte – uden at skulle flytte forbrug over lange perioder. Vindenergi følger modsat et sæsonmønster og med længere variationer. Det er sværere for forbrugerne at udnytte, fordi de ikke kan og vil flytte forbrug over meget lange perioder.
2. Øget fleksibilitet reducerer antallet af timer, hvor fossile teknologier er prissættende og reducerer prisen i de timer (omkring 229 timer).¹ Det påvirker vindenergi negativt, da vind næsten altid producerer en vis mængde – nogle kalder havvind for 'variable baseload'.² Effekten er mindre for solenergi, da der sjældent opstår behov for at aktivere fleksibel og dyr fossil produktion, når der produceres meget solenergi.

Øget forbrugerfleksibilitet påvirker capture-priserne forskelligt på tværs af produktionsteknologier

Ændring i gennemsnitlige capture-priser i DKK per MWh, 2035 (2025 priser)



Note: Figuren viser ændringen i gennemsnitlige capture-priser mellem referencescenariet ('Business as usual') og de fleksible scenarier ('Fleksibelt forbrug' og 'Fuldt fleksibelt forbrug'). 'Vind' indeholder både hav- og landvind. 'Fossile teknologier' er primært udgjort af gas- og biogasværker og i mindre grad værker der bruger olie og kul. Vi behandler disse som en grundet usikkerheden forbundet med, hvilke teknologier, der vil være tilbage i brug i 2035. Der er også andre produktionsteknologier i produktionssammensætningen, hvorfor figuren ikke viser et udtømmende billede af effekterne på produktionssiden – anlæg, der bruger biomasse og affald opnår hhv. DKK 3 og 11 mindre per MWh i de to fleksibilitetsscenarier. Capture-priserne i niveauer på tværs af teknologier kan findes i appendiks A4. Kilde: Copenhagen Economics elmarkedsimulationer

Bedre udnyttelse af VE kapacitet og højere capture-priser resulterer i højere omsætning for VE-producenter

Producentgevinster på vedvarende energi på omkring DKK 0,5 mia. om året

Højere omsætning på vedvarende energi forbedrer business casen for at opstille mere grøn strøm

De højere capture-priser på vind og sol samt den bedre udnyttelse af produktionskapaciteten (se forrige sider) skaber højere omsætning for VE-producenter. Både vind- og solproducenter opnår højere omsætning med øget fleksibilitet, mens fossile producenter taber, se figuren.

Solproducenter opnår henholdsvis DKK 0,2 og 0,3 mia. mere i årlig omsætning i 'Fleksibelt forbrug' og 'Fuldt fleksibelt forbrug'. Dette er drevet af både højere produktion og højere capture-priser i begge scenarier.

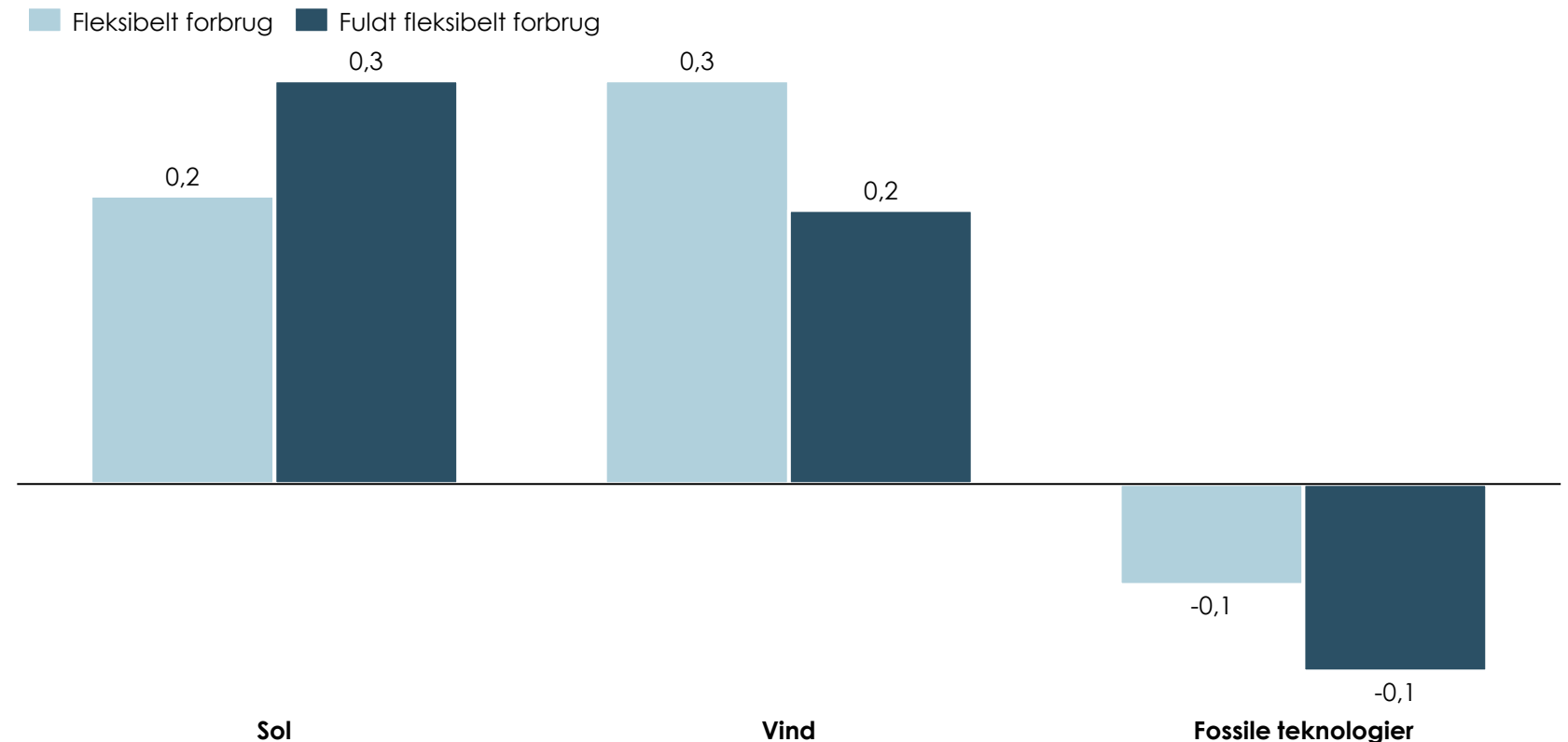
Vindproducenter opnår henholdsvis DKK 0,3 og 0,2 mia. mere i årlig omsætning i de to fleksibilitetsscenarier. I 'Fleksibelt forbrug' er det drevet af både højere produktion og capture-priser, hvorimod det kun er en produktions (mængde) effekt i 'Fuldt fleksibelt forbrug'.¹ Dette tydeliggør, at gevinsterne for de ufleksible producenter – især vindproducenter – er aftagende, når forbruget gøres mere fleksibelt. Det skyldes, at gennemsnitspriserne på strøm falder, og når vindproducenter producerer i det fleste timer, påvirkes de negativt af de lavere gennemsnitspriser.

Fossile producenter taber entydigt, når forbrugsfleksibiliteten øges. Deres omsætning falder med omkring DKK 0,1 mia. drevet af lavere produktion.^{2,3}

Udover at den eksisterende produktion af vedvarende energi bliver aflønnet bedre i 2035 i de fleksible scenarier, så vil der være yderligere gevinster at hente på marginalen: **Højere priser og bedre udnyttelse af kapaciteten giver tilsammen større incitament til at opstille mere vedvarende energi.** Dermed vil de samfundsøkonomiske gevinster være større end de direkte nettogevinster for producenter, fx fordi mere vedvarende energi kan opstilles uden tilskud.

Bedre udnyttelse af VE kapacitet og højere capture-priser giver højere omsætning for VE-producenter, men lavere omsætning for fossile producenter

Ændring i omsætning i DKK mia., 2035 (2025 priser)



Note: Figuren viser ændringen i omsætning mellem referencescenariet ('Business as usual') og de fleksible scenarier ('Fleksibelt forbrug' og 'Fuldt fleksibelt forbrug'). Vi har afrundet til nærmeste DKK 10 mio. grundet den store usikkerhed forbundet med resultaterne. 'Vind' indeholder både hav- og landvind. 'Fossile teknologier' er primært udgjort af gas- og biogasværker og i mindre grad værker der bruger olie og kul. Vi behandler disse som en grundet usikkerheden forbundet med, hvilke teknologier, der vil være tilbage i brug i 2035. Der er også andre produktionsteknologier i produktionssammensætningen, hvorfor figuren ikke viser et udtømmende billede af effekterne på produktionssiden – anlæg, der bruger biomasse og affald taber henholdsvis DKK 0,1 og 0,2 mia. om året grundet lavere produktion og afregningspriser i 'Fleksibelt forbrug' og 'Fuldt fleksibelt forbrug'.

Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer

Noter: 1) Vindproducenter producerer mere i 'Fuld fleksibelt forbrug', da der er mindre behov for at begrænse produktionen i timer, hvor der er ubalance mellem produktion og forbrug (hvor vindproduktion 'curtailes'). Se side 26 for et overblik over størrelsesordenen. / 2) Bemærk, at der også er andre produktionsteknologier i generationsmixet, hvorfor figuren ikke viser et udtømmende billede af effekterne på produktionssiden – anlæg, der bruger biomasse og affald taber henholdsvis DKK 0,08 og 0,18 mia. om året grundet lavere produktion og afregningspriser i 'Fleksibelt forbrug' og 'Fuldt fleksibelt forbrug'. / 3) I denne analyse antager vi faste marginalomkostninger for hver produktionsteknologi. Derved forøger fossile produktionsteknologier ikke deres priser, når færre aktive timer skal dække deres faste omkostninger. Reelt må det forventes, at prissætningen i nogen grad ville afspejle dette og at denne effekt derfor i nogen grad vil modvirke den faldende omsætning.

Øget forbrugsfleksibilitet kan reducere investeringsbehovet med 7-12 % i elnettet frem mod 2035

Netbesparelser på op mod DKK 2,2 mia. om året ud af et samlet investeringsbehov på DKK 19 mia.

Begrænset erfaring med indregning af netbesparelser fra forbrugsfleksibilitet

Både Energinet og netselskaberne beskæftiger sig med fleksibilitet. I netudviklingsplanerne skal netselskaberne adressere fleksibilitetspotentialer. At regne eksplicit på potentialer er dog stadig en relativt ny øvelse for netselskaberne, og de bemærker, at det er svært at give et sikkert bud på størrelsesordenen.¹

Forbrugsfleksibilitet udskyder kapacitetsopgraderinger

I 'Business as usual'-scenariet skal der i gennemsnit investeres omkring DKK 19 mia. årligt i elnettet frem mod 2035. Disse investeringer er omtrent ligeligt fordelt mellem distributions- og transmissionsnettet.

Vi vurderer, at det årlige investeringsbehov i hele elnettet kan reduceres med DKK 14-22 mia. i det kommende årti, afhængigt af scenarie, hvilket svarer til henholdsvis 7% og 12% af de samlede investeringer. Gevinsterne er større i distributions- og mindre i transmissionsnettet, fordi spidsbelastninger i forbruget i højere grad driver kravet til kapaciteten i førstnævnte (s. 17).

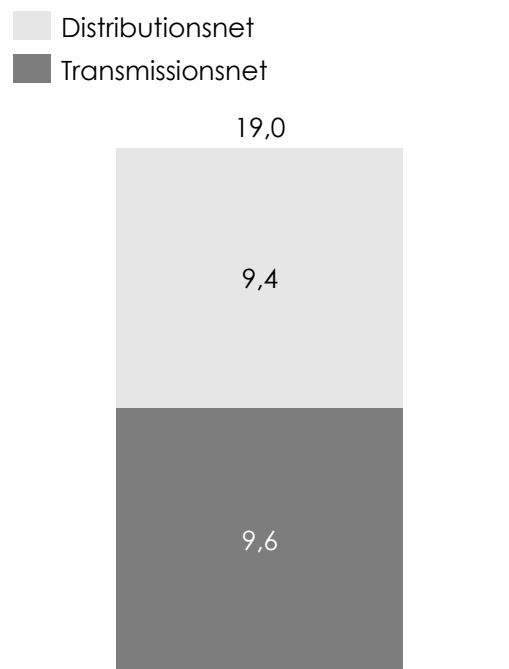
Udskudte investeringer fører til gevinster for netbrugerne, fordi afskrivninger og forrentningen af netselskabernes samlede aktivbase bliver lavere end i 'Business as usual'. Størstedelen af de udskudte investeringer vil sandsynligvis ikke føre til permanente besparelser (se appendiks A5).

Det fremtidige potentiale er usikkert

Vi har anvendt en simpel metode til opgørelser af til mulige netbesparelser (se appendiks A5 for flere detaljer) baseret på historiske erfaringer. **Estimaterne er gennemsnitsbetragtninger** og er behæftede med betydelig usikkerhed.² Potentialer kan derfor være større eller mindre end angivet.³ Endeligt er det vigtigt at bemærke, at øget fleksibilitet ikke i sig selv kan veksles 1-1 til udskudte investeringer, medmindre fleksibiliteten indføres på en måde, der garanterer nettilstrækkelighed.

Årlige investeringer i distributions- og transmissionsnet i 'Business as usual'

DKK mia., 2026-2035 (2025-priser)



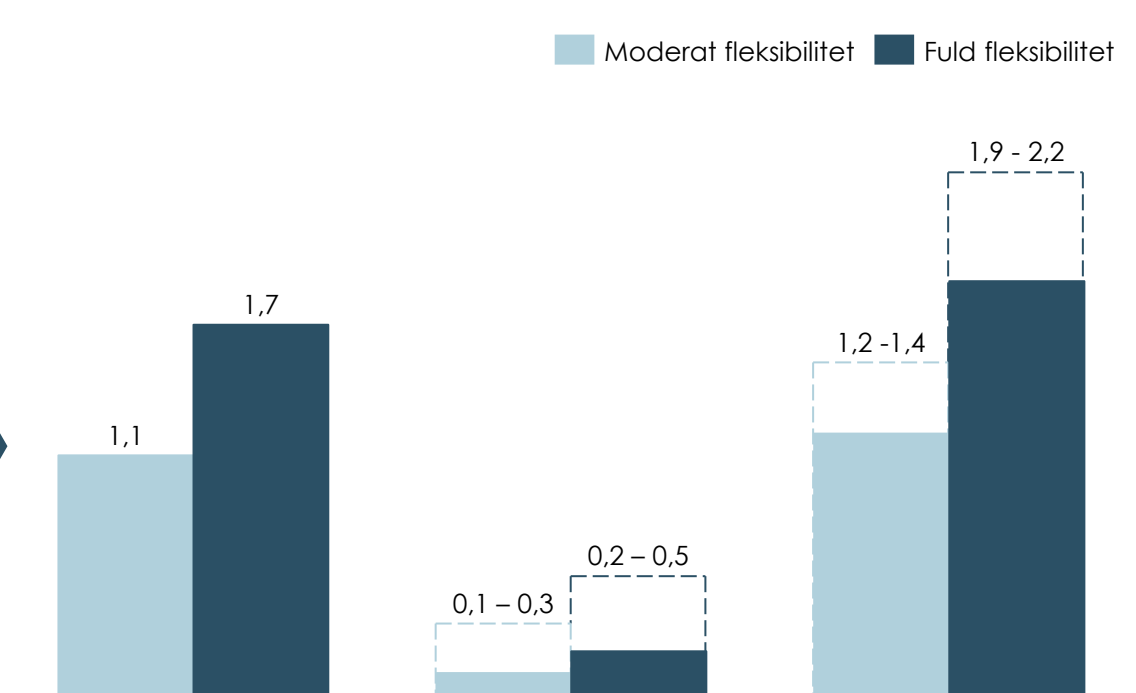
Årlige investeringer i elnettet i alt

De fremtidige investeringer i elnettet er forbundet med usikkerhed og afhænger af både fleksibilitet og hastighed af elektrificeringen

Note: Se beskrivelse af kilder og metode i figurnoten på side 17.
Kilde: Copenhagen Economics.

Øget forbrugsfleksibilitet kan reducere det årlige investeringsbehov i både distributions- og transmissionsnettet

Besparelser i DKK mia., 2026-2035 (2025-priser)



Distributionsnettet
Omkring 12% og 18% af de samlede investeringer

Transmissionsnettet
Omkring 1-3% og 2-5% af de samlede investeringer

Elnettet i alt
Omkring 7-8% og 10-12% af de samlede investeringer

Note: Se appendiks A5 for nærmere beskrivelse af metode. Bemærk, at vi har afrundet til nærmeste DKK 100 millioner grundet usikkerheden
Kilde: Copenhagen Economics.

Noter: 1) Det gælder eksempelvis, når effekten af fleksibilitet skal opgøres i forbrug (MWh) frem for effekt (MW): Radius (2025) bemærkes "Det er markant sværere (fæst ved umuligt) at afgøre behovet for fleksibilitet, i MWh, da det afhænger af sandsynlighed og varighed af nedetid på relevante komponenter, samt hvornår på året og døgnet det måtte ske (afhængig af længden på varigheden af udetiden)". I N1 (2025) bemærkes det "I forbindelse med beregningerne af potentialer er der opstået usikkerhed om validiteten af potentialer for en række aktiver på de højere spændingsniveauer og udregningen fra MW til MWh for disse over hele perioden. Derfor er potentialer i MWh udeladt for de højere spændingsniveauer i denne opdaterede version af netudviklingsplanen.". / 2) Copenhagen Economics har haft en metodisk dialog med relevante aktører i fbm. udarbejdelsen af rapporten. Copenhagen Economics alene er ansvarlige for forudsætningerne for og størrelsesordenerne på netbesparelserne i scenarierne. / 3) Der høstes løbende gevinster, fx med tarifmodel 3.0, og det kan i sig selv medføre usikkerheder ift. beregninger af potentialer, fordi referencescenariet kan være mere eller mindre fleksibelt på tværs af analyser.

Øget forbrugsfleksibilitet giver ofte et mindre jævnt forbrug, men reducerer spidsbelastninger

Forbrugsfleksibilitet giver et mindre jævnt forbrug i de fleste timer og et mere jævnt forbrug i spidsbelastninger

Når elforbruget i 2035 bliver mere fleksibelt bliver det generelt mindre jævnt i de fleste af årets timer, se figuren. Især henover sommeren, hvor det gennemsnitlige forbrug er lavere, kan forbrugerne udnytte meget lave priser pga. høj produktion af vedvarende energi, men uden at bryde elnettets kapacitetsgrænse. Denne effekt opstår via implicit fleksibilitet og bliver stærkere jo mere forbrugsfleksibiliteten øges – dvs. mere udtalt for 'Fleksibelt forbrug' og mest for 'Fuldt fleksibelt forbrug'.

Om vinteren er forbruget højere, og det er derfor nødvendigt med mere tydelige signaler fra nettet (fx eksplicit fleksibilitet eller tariffer) for at udjævne forbruget i timer med spidsbelastning.

Større reduktioner i spidsbelastning skaber et mere jævnt forbrug, især om vinteren

Figuren til højre viser, hvordan aktivering af eksplicit fleksibilitet (såkaldt load shifting¹⁾) reducerer spidsbelastningen med 10% i scenariet 'Fleksibelt forbrug' og med 15% i 'Fuldt fleksibelt forbrug'.

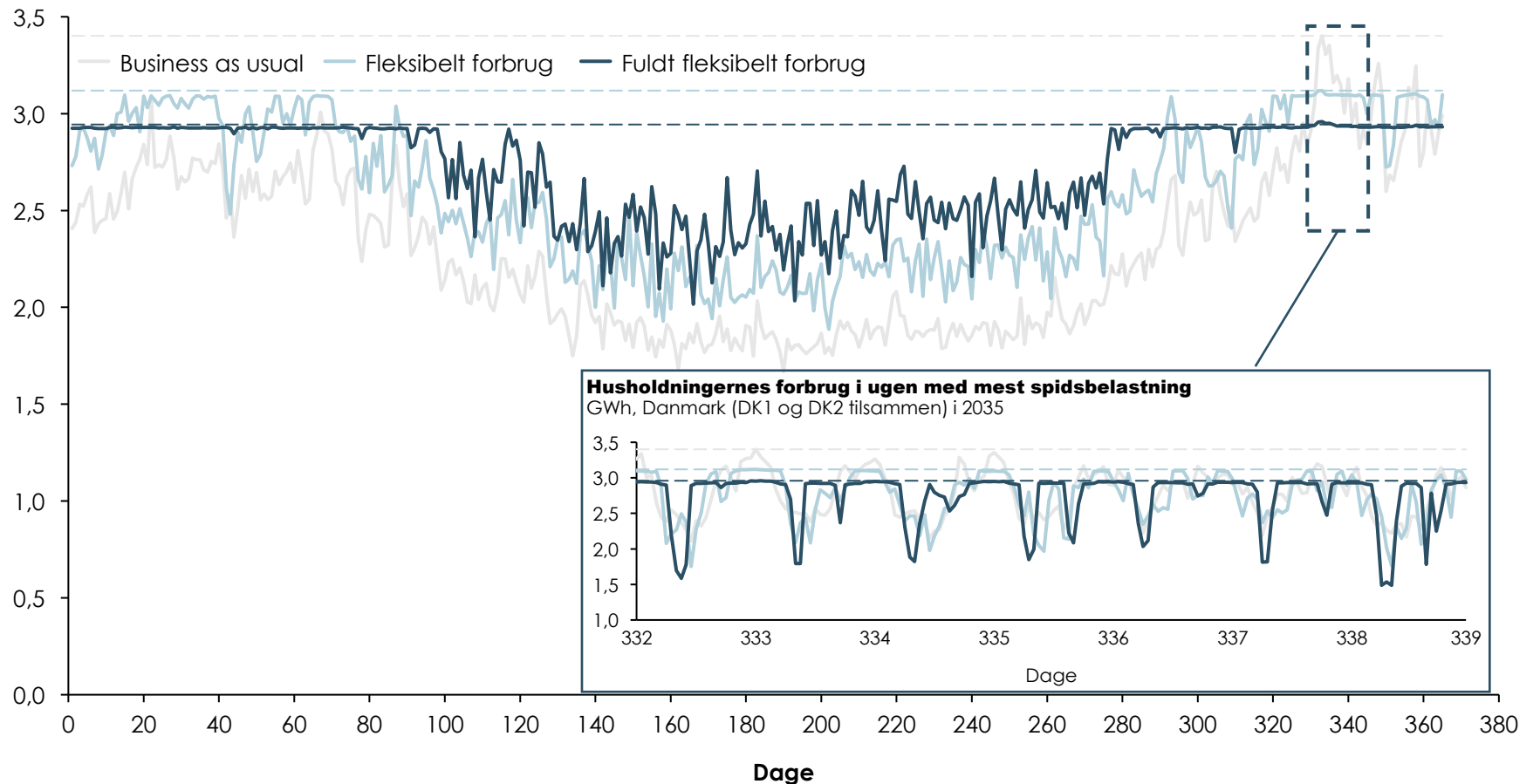
Vi antager, at en aktivering af eksplicit fleksibilitet medfører, at forbruget flytter til andre timer, så en reduktion i spidsbelastning skaber højere forbrug i de omkringliggende timer. Des højere og bredere peaks man flytter til de omkringliggende timer, des tættere på kapacitetsgrænsen kommer forbruget i disse timer.

Det er netop det vi ser i 'Fuldt fleksibelt forbrug', hvor en ambitiøs reduktion i spidsbelastning på 15% skaber relativt lange perioder, hvor forbruget ligger på kapacitetsgrænsen. Denne effekt er betydeligt mindre udtalt ved den 10%-reduktion, vi antager i 'Fleksibelt forbrug'.

Stadigt større netbesparelser vil med andre ord kræve stadigt tydeligere signaler fra nettet.

Husholdningernes højeste observerede forbrug hver dag henover året og deep dive på ugen med mest spidsbelastning

GWh, Danmark (DK1 og DK2) i 2035



Note: Figuren viser den højeste værdi hver dag for husholdningernes samlede forbrug. Figuren i bunden viser husholdningernes samlede forbrug i den uge med det højeste forbrug. Bemærk, at den nederste figur dermed ikke er en forstørrelse af den øverste.
Kilde: Copenhagen Economics.

Note: 1) Se eksempel i appendiks på, hvordan vi modellerer denne mekanisme i analysen.

Hvordan vores resultater forholder sig til andre studier om forbrugsfleksibilitet

For at sætte vores resultater i perspektiv sammenligner vi med to centrale studier, der analyserer effekten af øget forbrugsfleksibilitet i Europa: DNV (2023) og EA Energi Analyse (2023) (herefter 'EA').

Begge studier har en bredere tilgang og undersøger fleksibilitet på tværs af hele elforbruget – inkl. husholdninger, industri, transport, varme og PtX – for hele Europa. De finder betydelige samfundsøkonomiske gevinster, herunder lavere elpriser (dog finder EA ingen effekt i Danmark),¹ reducerede CO₂-udledninger og en reduktion i behovet for netinvesteringer, se tabellen.

Vores metode adskiller sig på en række centrale punkter som fx:

- Vi fokuserer kun på Danmark.
- Vi undersøger forbruget hos husholdninger og mindre erhverv. Om PtX og datacentre antager vi, at PtX er overvejende

fleksibelt og datacentre er ufleksible, se appendiks A1.

- DNV gør yderligere opmærksom på, at deres referencescenarie er urealistisk ufleksibelt, hvilket alt andet lige vil give et større estimeret potentiale ved fleksibilitet som udtrykt ved forskellen mellem reference- og fleksibilitetsscenariet.³

Resultater på tværs af studierne kan derfor ikke sammenlignes en-til-en med vores analyse. For alligevel at lave en sammenligning med vores studie, har vi lavet en simpel korrektion af de europæiske studier (korrigeret estimat i tabellen) til et mindre scope (danske husholdninger og mindre erhverv).

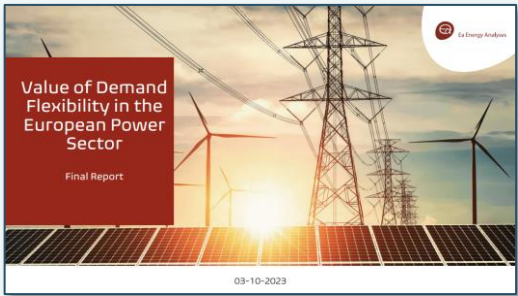
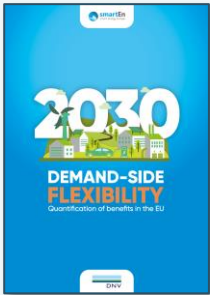
Vi justerer resultaterne ved at nedskalere til 1) Danmarks andel af EUs samlede elforbrug i 2022 (1,34%)⁴ og 2) husholdningernes og erhvervets andel af det samlede forbrug i Danmark (38%).⁵

Det er vigtigt at understrege, at dette er en grov skalering af slutresultater, som ikke fanger metodiske forskelle mellem studierne, men størrelsesordnerne bliver mere sammenlignelige, se tabel.

Især effekterne på CO₂ er i samme størrelsesorden mellem studierne, mens vi finder lavere forbrugergevinster end DNV's estimat. Det er dog ikke overraskende, at vi lægger et stykke under her, når referencescenarierne er markant forskellige.

En anden forskel er, at vi i vores analyse med fokus på Danmark, ikke antager noget eksplicit om udlandets fleksibilitet. Både EA og DNV antager ens fleksibilitet i alle lande. Øget fleksibilitet i Tyskland, Sverige, osv. giver alt andet lige lavere elpriser i disse lande, hvilket også påvirker Danmark i de timer, hvor Danmark er pristager.

Udvalgte studier om værdien af forbrugsfleksibilitet



Kilde: EA Energi Analyse (2023), [link](#) og DNV (2023a).

Estimerede effekter fra andre studie i forhold til vores estimerede effekter

	Estimat (2030) 		Korrigeret estimat (2030) 		CE estimat (2035) 	
Studie/scenarie	EA (2023)	DNV (2023)	EA (2023)	DNV (2023)	Fleksibelt forbrug	Fuldt fleksibelt forbrug
Forbrugergevinster	DKK 127 mia.	DKK 530 mia.	DKK 0,7 mia.	DKK 2,7 mia.	DKK 0,3 mia.	DKK 1,4 mia.
CO ₂ reduktion	40 mio. tons	37,5 mio. tons	204.000 tons	191.000 tons	140.000 tons	230.000 tons
Reduktion i investeringer i distributionsnet	----	DKK 83 – 217 mia.	----	DKK 0,4 – 1,1 mia.	DKK 1,1 mia.	DKK 1,7 mia.

Note: I det korrigerede estimater kontrollerer vi for Danmarks elforbrug relativt til hele EU og husholdninger og erhvervs forbrug relativt til det samlede forbrug.
Kilde: Copenhagen Economics pba. EA Energi Analyse (2023), [link](#) og DNV (2023a).

Noter: 1) Se EA Energi Analyse (2023), [link](#), side 52. Dette skyldes muligvis, at Danmark er et lille åbent marked, der handler meget med de omkringliggende lande, hvorfor Danmark er en pristager i mange timer. / 2) Se DNV (2023a), side 32. / 3) Se DNV (2023a), side 8. / 4) Beregnet vha. elektricitetsforbrug per capita fra IEA (2025a, website), [link](#) og indbyggertal fra EU (2025, [link](#)). / 5) Se side 12.

Yderligere gevinster ved fleksibilitet

Afledte gevinster øger potentialet, men driver også omkostningerne op

Fleksibilitet har flere fordele som vi ikke sætter tal på

Fordi mange af effekterne ikke alene gavner de forbrugere, der agerer mere fleksibel på markedet, men også dansk økonomi og klimapolitik bredere set, giver det også *samfundsøkonomisk* mening at tale om øget forbrugsfleksibilitet for el.¹

Vi har i denne rapport sat tal på de effekter, som et mere fleksibelt forbrug har på forskellige dele af elmarkedet (forbrugere, producenter, udledninger) samt på elnettet. Flexibilitet har dog flere fordele, som kan være betydelige, men som vi ikke sætter tal på i rapporten. **Derfor er de samlede gevinster for forbrugsfleksibilitet sandsynligvis større end beregnet.**

Eksempler på afledte gevinster af fleksibelt forbrug

Samspillet mellem mange markedsaktører og mellem elmarkedet og teknologi gør, at forbrugsfleksibilitet vil have positive afledte effekter på en lang række andre aktører (se boks til højre):

- Komplementære teknologier som energieffektivitet (af IEA fremhævet som afgørende for at nå Net Zero i 2050²) og lagring gør fleksibilitet muligt, ligesom fleksibilitet øger værdien af dem.
- Fordi kapacitetsopgraderinger af infrastrukturen kan udsættes, så mindsker fleksibilitet risikoen forbundet med at skulle dimensionere et elnet, der helst skal holde mange år frem (real optionalitet).
- Mens vi rapporterede gevinsterne for producenter af vedvarende energi i 2035 (givet den produktions-sammensætning, der fremgår af AF24), gavner forbrugsfleksibilitet også grøn omstilling efter 2035. Det bliver billigere at fortrænge fossil elektricitet, mindsker kannibaliseringseffekter og curtailment. Alle dele styrker incitamentet til at opstille mere vedvarende energi.
- Lavere elpriser medfører positive BNP-effekter.³ Det sker fordi,

lavere elpriser fører til elektrificering i produktionen. Det øger den marginale værdiskabelse for andre produktionsfaktorer som fx arbejdskraft. Disse positive effekter opnås uden det samme tab af provenu som en afskaffelse af elafgiften ville medføre (fordi størstedelen af beskatningen er punktafgifter, se s. 14).

Fleksibilitet har et stort potentiale, men gevinsterne skal høstes med øje for omkostningerne

Der er en række effekter om samspil, som vi ikke sætter tal på i denne rapport. Potentialet kan derfor ikke siges at være et udtryk for et samfundsøkonomisk potentiale.

Forbrugsfleksibilitet har et betydeligt potentiale, men disse gevinster skal høstes med øje for de samfunds- og privatøkonomiske omkostninger. Fx skal gevinsterne for husholdninger være store nok til at dække omkostningerne til husholdningsbatterier.

Forbrugerne vil have gavn af smart regulering (fx tidsdifferentierede tariffer) og teknologi (fx bedre lagring), der fremmer fleksibiliteten. Omvendt vil man risikere at overvurdere potentialet, hvis "gevinster" høstes ved løsninger, der ikke skaber incitament for forbrugeren til at optimere forbruget ud fra belastninger på nettet og systemet som helhed. Det er med andre ord nødvendigt, at forbrugsfleksibilitet sker på en måde, så *nyttens* af strømforbruget ikke mistes.⁴

Endelig vil det fulde samfundsøkonomiske potentiale skulle tage højde for, at gevinster der høstes ét sted kan medføre stigende omkostninger et andet sted i elsystemet. Disse samspil vil isoleret set mindske nettopotentialet på samfunds niveau. Eksempelvis vil gevinsterne der opnås, når fleksibilitet tilskynder til mere vedvarende energi alt andet lige øge omkostningerne til systemudgifter.

Eksempler på afledte gevinster af fleksibelt forbrug

- **Tilskynder til energieffektivisering:** Energieffektive bygninger kan flytte elforbruget over længere perioder pga. langsommere varmetab. Det forbedrer business cases for energieffektivitet, hvis forbrugere kan sælge eksplicitte fleksibilitetsydelser.
- **Forbedrer business casen for lagring:** For at tidsmæssigt kunne adskille købet og anvendelsen af el er lagring, herunder batterier, helt afgørende. Et scenarie, hvor fleksibilitet bringes i spil forbedrer dermed business casen for lagring.
- **Giver optionalitet:** Når investeringer i øget kapacitet udskydes kan Energinet og netselskaber få større klarhed over det faktiske behov for elnet. Forbrugsfleksibilitet har derfor en værdi i form af såkaldt real optionalitet, fordi det øger muligheden for at 'vente og se'.
- **Medfører billigere fortrængning af fossil elektricitet:** Når forbruget er mere fleksibelt, så mindsker det behovet for at produktionen er det. Flexibelt forbrug gør dermed ikke blot den eksisterende strøm grønnere, men gør det billigere at øge mængden af vedvarende energi.
- **Mindsker kannibaliseringseffekter:** Med et ufleksibelt forbrug vil mere vedvarende energi mindske gennemsnitspriserne for grøn strøm (den såkaldte kannibaliseringseffekt). Flexibelt forbrug (særligt implicit fleksibilitet) er med til at øge incitamentet til opsætning af mere sol og vind.
- **Giver bedre udnyttelse af produktionskapaciteten:** Flexibelt forbrug (særligt implicit fleksibilitet) mindsker antallet af timer med negative priser – og betyder mindre curtailment.

Noter: 1) Forbrugsfleksibilitet er en såkaldt positiv eksternalitet. 2) "Efficiency is the single most important measure to avoid energy demand in the Net Zero Emissions by 2050", se IEA (2025b, website), [link](#) /

3) HBS (2017) / 4) I fagøkonomisk litteratur opgøres nytten typisk som betalingsvilligheden ift. prisen på et gode, kaldet "consumer surplus". Som nævnt på s. 11 er det elforbrugets konkrete anvendelse i kombination med markeds- og teknologimæssige aspekter, der bestemmer, hvor meget en elforbruger ønsker at flytte sit forbrug.

APPENDIKS

Appendiks

A1: Beskrivelse af fleksibilitetsscenarier	35
A2: Beskrivelse af power market-model	37
A3: Forbrugsprofiler i power market modellen	39
A4: Udvalgte modelresultater	43
A5: Beskrivelse af beregninger af udskudte netinvesteringer	47
A6: Litteraturliste	51



Vi bruger tre centrale parametre i vores scenarier

A1

Der er to primære parametre, der styrer graden af implicit fleksibilitet for hver type af forbrug:

- **'Andel af forbrug, der er fleksibelt'** styrer, hvor meget forbrug kan flyttes mellem timer,
- **'Tidsvindue, hvor forbrug kan flyttes'** styrer, hvor mange timer forbruget kan flyttes frem og tilbage,
- **'Minimumsbesparelse for reaktion'** styrer, hvor stor en besparelse forbrugerne skal opnå før, de reagerer og flytter forbrug mellem timer.¹

Fx kan 50% af forbruget til hjemmeopladning af elbiler i time 10 flyttes tilbage til timerne 6-9 eller frem til timerne 11-14 i scenariet 'Fleksibelt forbrug', hvis forbrugerne kan opnå en gevinst på mindst 50 kroner per MWh.

Parameteren **'Reduktion af spidsbelastning'** bruges til at simulere, at forbrugere enten indgår i eksplicitte fleksibilitetsaftaler eller reagerer på fx dynamiske tariffer,² hvilket reducerer spidsbelastningen skabt af dette forbrug. Vi går ikke yderligere i detaljer med, hvordan denne udjævning opnås, eller hvordan gevinsterne (og omkostningerne) fordeles mellem Energinet, netselskaber, og fleksibilitetsleverandører.

Vores parametervalg i **'Business as usual'** bygger overordnet på, at danske forbrugere reducerede og flyttede deres el- og varmemeforbrug under energikrisen i 2022.^{3,4} Yderligere bruger vi, at forbruget til elbiler – primært hjemmeopladning – allerede har vist sig at være delvist fleksibelt.⁵ Det er uklart, hvor fleksibelt erhverv er, og det variere sandsynligvis betydeligt på tværs af virksomheder og formål,⁶ men her antager vi, at erhverv er mindst lige så fleksible som husholdninger.⁷

Vores parametervalg for den implicitte fleksibilitet i **'Fleksibelt forbrug'** bygger overordnet på en kortlægning af fleksibilitetspotentialer af forskellige forbrugstyper i Sverige⁸ og parametervalg i tidligere studier af forbrugsfleksibilitet.⁹ For **'Fuldt fleksibelt forbrug'** antager vi, at der kommer en generelt hurtigere og mere gennemgribende udrulning teknologier såsom batterier og kapacitet fra elbiler (såkaldt 'vehicle-to-grid'). Specifikke parametervalg bygger på input fra eksperter faciliteret af CIP Fonden.

Parameteren 'Reduktion af spidsbelastning' afspejler udbredelsen af eksplicit fleksibilitet (fleksibilitetsaftaler og dynamiske tariffer). Vi gør dette ved at udjævne forbruget, så timer med forbrug over 90 % af den højest observerede værdi spredes ud til de omkringliggende timer. Vi gør dette separat for husholdningerne, hvor udjævningen sker for elbiler og varmepumper og ikke det klassiske forbrug, og for erhverv med en antagelse om, at disse typer forbrug ofte finder sted forskellige steder i distributionsnettet (se appendiks A5 for flere detaljer).

Forbrugs- type	Parameter	Scenarie		
		Business as usual	Fleksibelt forbrug	Fuldt fleksibelt forbrug
Klassisk elforbrug	Andel af forbrug, der er fleksibelt	5%	25%	40%
	Tidsvindue, hvor forbrug kan flyttes	2 timer frem og tilbage	4 timer frem og tilbage	6 timer frem og tilbage
Varme- pumper	Andel af forbrug, der er fleksibelt	10%	50%	65%
	Tidsvindue, hvor forbrug kan flyttes	3 timer frem og tilbage	3 timer frem og tilbage	4 timer frem og tilbage
Elbiler	Andel af forbrug, der er fleksibelt	30%	60%	80%
	Tidsvindue, hvor forbrug kan flyttes	4 timer frem og tilbage	4 timer frem og tilbage	5 timer frem og tilbage
Erhverv	Andel af forbrug, der er fleksibelt	10%	30%	45%
	Tidsvindue, hvor forbrug kan flyttes	3 timer frem og tilbage	3 timer frem og tilbage	4 timer frem og tilbage
Alle typer forbrug	Minimumsbesparelse for reaktion	100 DKK/MWh	50 DKK /MWh	0 DKK/MWh
	Reduktion i spidsbelastning	-	10%	15%

Kilde: Copenhagen Economics pba. EA Energi Analyse (2023); DNV (2023b); Bolius (2024a), [link](#); Energinet (2023c), [link](#); og Elnetselskabet N1 (2024).

Noter: 1) Denne er sat for at afspejle, at forbrugere ikke vil flytte forbruget for at opnå meget små gevinster i elprisen. Baseret på EA Energi Analyse (2023). / 2) Dynamiske tariffer kan både være tidsafhængige, geografisk bestemte eller endda bestemt ud fra belastning i begrænsede netområder. / 3) Bolius (2024a), [link](#). / 4) Husholdningerne reducerede gasforbruget til opvarmning med 15% under energikrisen i 2022, når der korrigeres for varmere vejr, se Dansk Fjernvarme (2023), [link](#). / 5) Elnetselskabet N1 (2024), side 34-35. / 6) Nogle markedsaktører pointerer, at der er en generel mangel på opmærksomhed for, hvordan virksomheder kan optimere deres elforbrug. / 7) Dette bygger på en overordnet antagelse om, at profitmaksimerende virksomheder er rationelle og i stand til at styre deres elforbrug mindst lige så godt som private husholdninger. Vi behandler erhverv som en overordnet type forbrug. Hvis man deler det op i de samme tre underkategorier som for husholdninger, svarer et vægtet gennemsnit til, at elbiler og varmepumper er fleksible i samme grad som husholdningerne, men at klassisk forbrug er 30% fleksibelt i stedet for 25%. / 8) DNV (2023b). / 9) EA Energi Analyse (2023), s. 16.

Eksempel: Beregning af andelen af husholdningernes klassiske forbrug, der er fleksibelt i 'Fuld fleksibilitet'

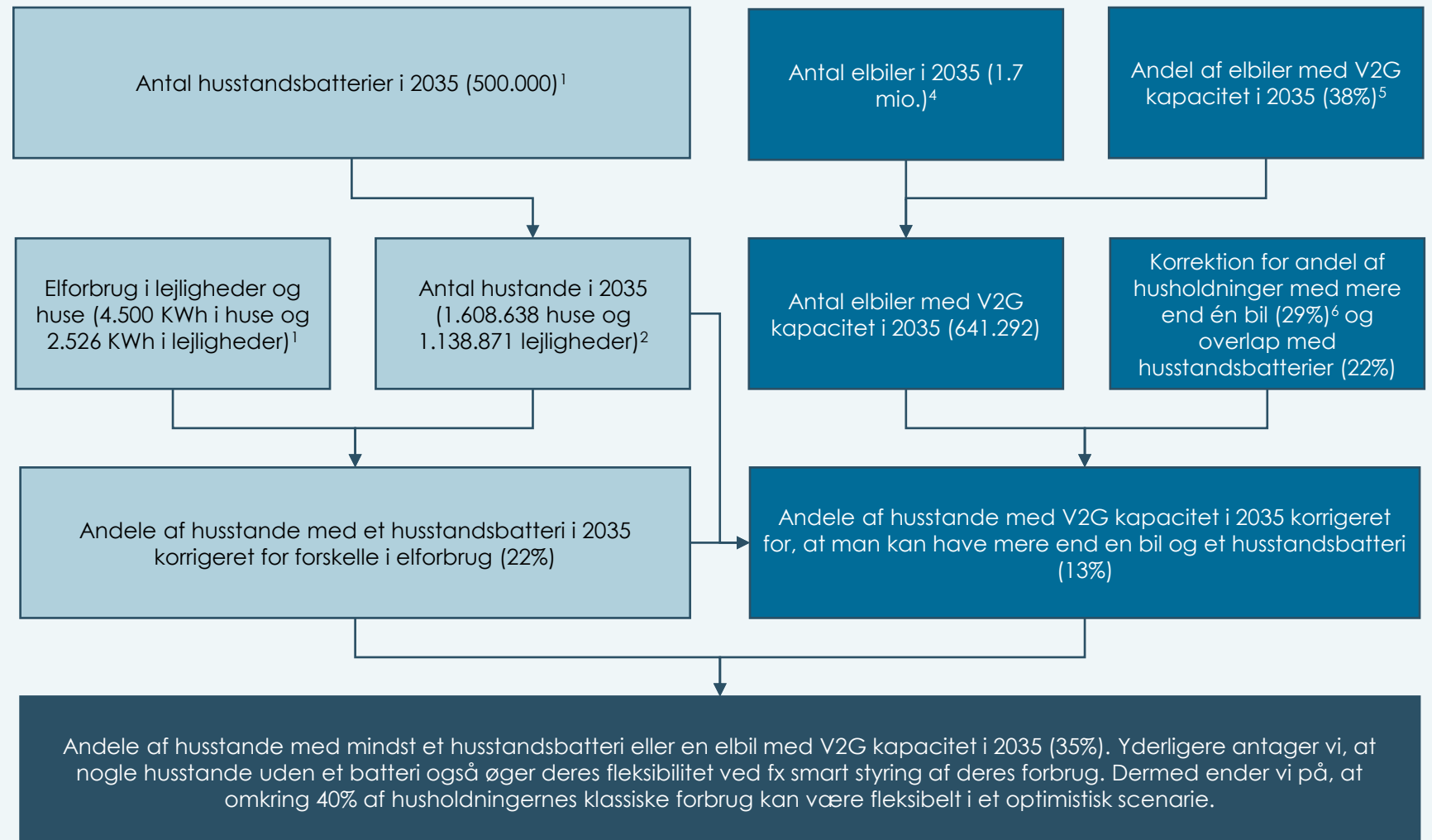
A1

Vi anvender en simpel bottom-up metode til at estimere fleksibilitetspotentialer fra husstands batterier og elbiler med V2G:

- **Antal husstande med batteri** – bruges til at estimere, hvor stor en andel af det samlede forbrug, der er fleksibelt.¹
- **Antal husstande i alt** – inkluderer både lejligheder og huse.²
- **Elforbrug i en gennemsnitlig lejlighed og et hus** – bruges til at kontrollere, at batterier typisk vil være i huse, der har et større elforbrug end i lejligheder.³
- **Antal elbiler i 2035** – baseret på forventet udbredelse af elbiler.⁴
- **Andel af elbiler med Vehicle-to-grid-kapacitet (V2G)** – en central parameter for fleksibilitet.⁵
- **Antal husstande med mere end én bil** – anvendes til at justere for aftagende effekt af flere elbilsbatterier (V2G kapacitet) i samme husstand.⁶
- **Overlap mellem husstande med V2G og husstands batterier** – for at tage højde for aftagende effekt ved at have begge teknologier til rådighed.⁷
- **Fleksibilitet inden for tidsvindue** – vi antager, at forbrugere er 100 procent fleksible inden for et givet tidsrum, hvis de har et batteri.⁸

Antagelserne og input afspejler de vigtigste faktorer, der påvirker, hvor fleksibelt husholdningernes klassiske forbrug bliver med fokus på batterier og V2G kan levere i praksis. Yderligere bygger scenariet på udvikling af teknologi, der kan sikre, at systemerne for smart forbrug kører fuldt automatisk og derfor reagerer på selv meget små prisforskelle.

Illustration af beregning af andelen af husholdningernes klassiske forbrug, der er fleksibelt i 'Fuldt fleksibelt forbrug'



Noter: 1) Dette bygger på input fra CIP Fondens advisory board, der vurderer, at der kan være op mod 500.000 husstands batterier i 2035. / 2) Baseret på Danmarks Statistik (2025a, website), [link](#). / 3) Vi tager udgangspunkt i en elforbrug i en lejlighed og et hus med to voksne og to børn fra Velkommen (2025, website), [link](#). / 4) Vi har fra FDM (faciliteret af CIP Fonden), at de forventer, at der er knap 1,4 mio. elbiler i Danmark i 2030. Vi fremskriver dette tal med en aftagende vækstrate til 1,7 mio. i 2035. / 5) Her bruger vi tal fra EA Energi Analyse (2035). Vi bruger et gennemsnit mellem andelen i 2030 (25%) og 2050 (50%) med en antagelse om, at udviklingen er aftagende, så det går hurtigere mellem 2030 og 2035 end mellem 2035 og 2050. / Vi bruger tal fra 2025 fra Danmarks Statistik (2025b, website), [link](#). / 7) Vi antager, at denne er 18% svarende til andelen af husstande med et batteri. / 8) Antagelse baseret på input fra CIP Fondens advisory board.

Beskrivelse af vores power market-model

A2

Copenhagen Economics' power market-model

Modellen er en partiel ligevægtsmodel udviklet til at analysere de nordeuropæiske – og især det danske – engrosmarkeder for elektricitet. Modellen bygger på mange af de samme principper som EMMA-modellen,¹ men med en simplere struktur og fleksibilitet i kontrafaktiske eksperimenter.

Modellen fungerer ved at minimere de samlede elproduktionsomkostninger for at møde en given efterspørgsel. Dermed findes den optimale produktion og handel i hver time henover et år. Den simulerer nøgleelementer såsom engrospriser, generationsmix, handel og CO₂ udledninger på timebasis.

Modellen er designet med simple og gennemsigtige omkostningsmodeller, hvor brændstofomkostninger, driftsomkostninger og CO₂-kvotepriser kan angives eksplicit. Den inkluderer også tekniske begrænsninger som ramping, must-run og fleksibilitet på både efterspørgsels- og udbudssiden.

Vores – ligesom andre – model har perfekt fremsyn, hvor fremtidig forbrug og produktionskapacitet (fx drevet af vejr) er kendt for modellen i alle timer. Dette reducerer typisk udsving i priser, og man kan derfor undervurdere effekten af fx øget fleksibilitet.

Vi skalerer forbrug og produktion til 2035 ved hjælp af offentlige tilgængelige kilder

Vi har foretaget en detaljeret modellering af både forbrug og produktion i Danmark i 2035. Hertil har vi brugt de samlede mængder fra Analyseforudsætninger 2024 (AF24).²

For at modellere forskellige typer af husholdningernes forbrug har vi brugt forbrugsprofiler fra forskellige kilder:

- Klassisk forbrug og forbrug til varmepumper har vi estimeret vha. privatforbrug og forbrug til varmepumper.³

- For elbiler har vi skelnet mellem hjemmeladning,⁴ hvor vi har brugt forbrugsdata fra et dansk netselskab,⁵ og anden ladning, hvor vi har brugt det samlede forbrug til transport.³

For at modellere erhvervets forbrug har vi benyttet os af simple gennemsnitsbetragtninger, hvor vi har antaget, at erhvervs forbrug i 2035 vil afspejle det gennemsnitlige forbrug nu.⁶

Allerede i 2035 forventes PtX at udgøre en betydelig del af det samlede forbrug i Danmark (27-31%),⁷ og graden af fleksibilitet herfra kan blive vigtig for at balancere den uflexible produktion. Vi benytter samlede mængder og kapacitet fra AF24, og modellerer elforbruget som delvist fleksibelt.⁸

Det resterende forbrug modelleres (fx datacentre) som uflexibelt og følger den historiske forbrugsprofil.⁶

Vi tilføjer fleksibilitet på produktionssiden ved at introducere batterier, der kan udjævne forbrugs og produktionsubalancer. I Danmark benytter vi AF24 og i andre lande, antager vi, at ratioen mellem forbrug og batterikapacitet er den samme som i Danmark.

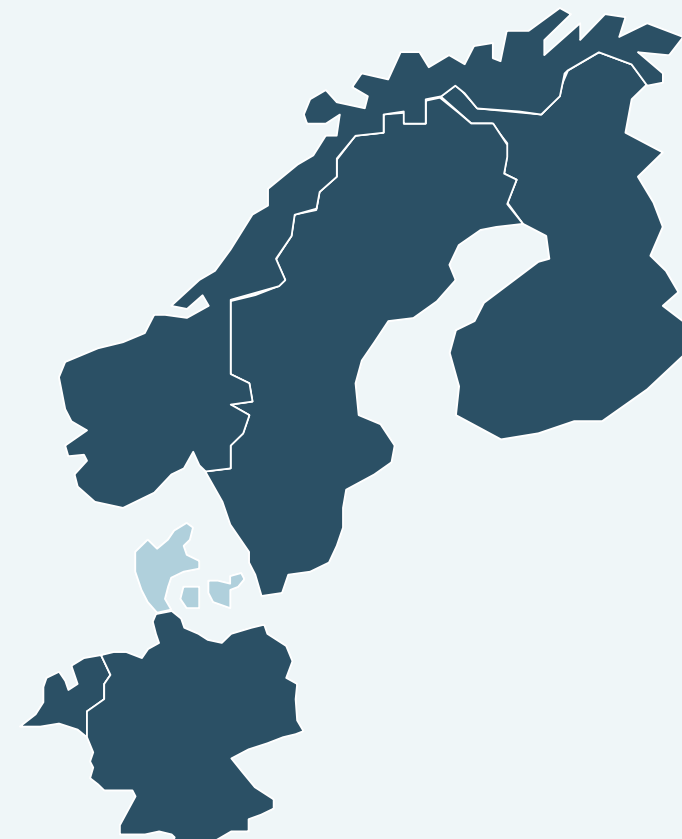
Produktionen og forbruget i de omkringliggende lande skaleres mere overordnet ud fra andre kilder.⁹

Geografisk scope i modellen

I dette projekt har vi isoleret Nordeuropa og tillader ikke handel med de omkringliggende lande uden for dette område, da vi er interesseret i alt andet lige effekten af at øge forbrugsfleksibilitet i Danmark.

Dette vil alt andet lige påvirke resultaterne, og alle resultater skal generelt opfattes som behæftet med usikkerhed.

Geografisk scope i modellen



Note: Modellen er primært kalibreret til Nordeuropa, men kan ligeledes inkludere handel med resten af Europa. Disse lande er dog ikke modelleret i samme detaljegrade.
Kilde: Copenhagen Economics.

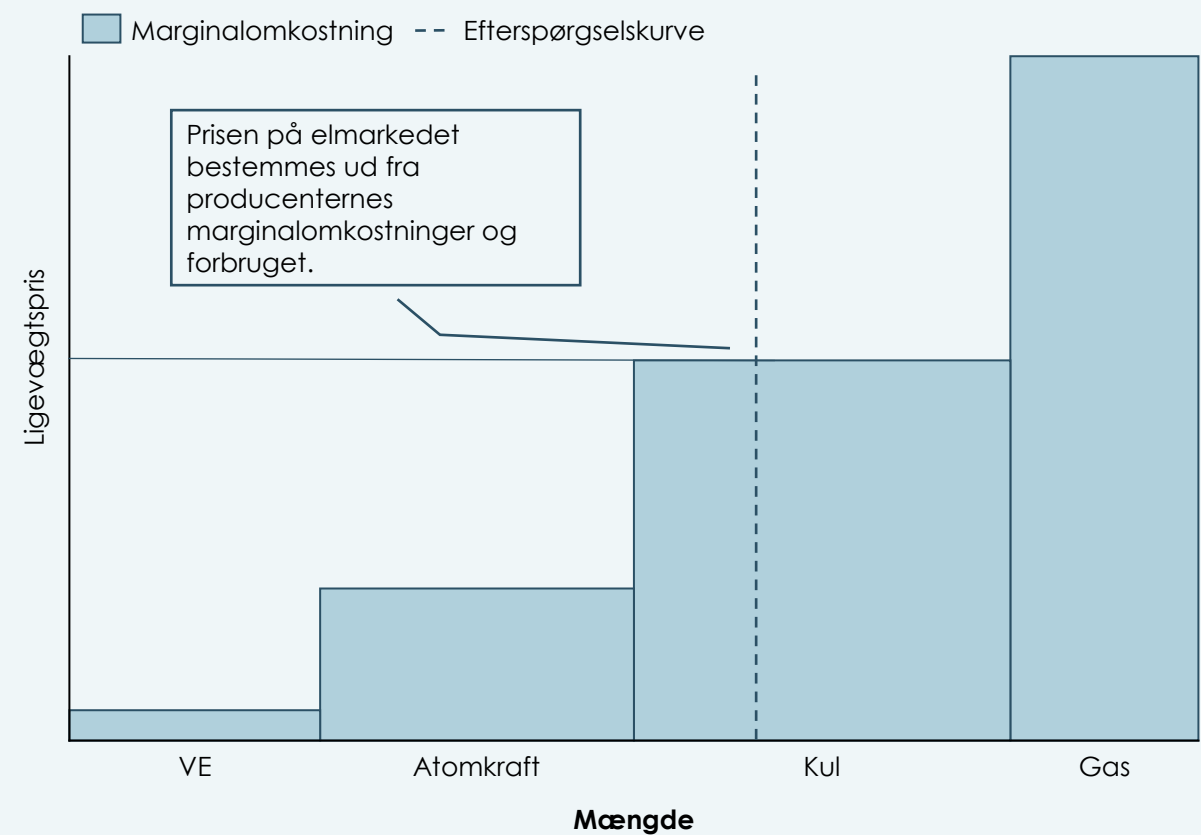
Noter: 1) Se EMMA (2025, website), [link](#). / 2) Energinet (2024a), [link](#). / 3) Energinet (2025a, website), [link](#). / 4) Vi bruger, at omkring 60% af opladninger foregår i hjemmet. Se Bolius (2024b), [link](#). / 5) Vi har modtaget gennemsnitlig forbrugsdata fra Radius. / 6) Her har vi benyttet profilen for det samlede danske elforbrug i 2023 fra ENTSO-E (2025, website). / 7) Afhængigt om man inkluderer den del, der ikke er nettilsluttet i Danmark, se Energinet (2024a), [link](#). / 8) Graden af fleksibilitet er usikkert, og der er ikke udbredt enighed om det i litteraturen. Vi begrænser fleksibiliteten ved, at 10% af kapaciteten skal køre i alle timer, og at PtX anlæggene skal bruge 4 timer til at gå fra 0% til 100% kapacitet. / 9) Det er fx EY (2024).

Prisdannelsen i modellen bestemmes af marginalomkostningerne på produktionskapaciteterne

A2

Illustration: ‘Merit order curve’ i en time midt på dagen uden sol

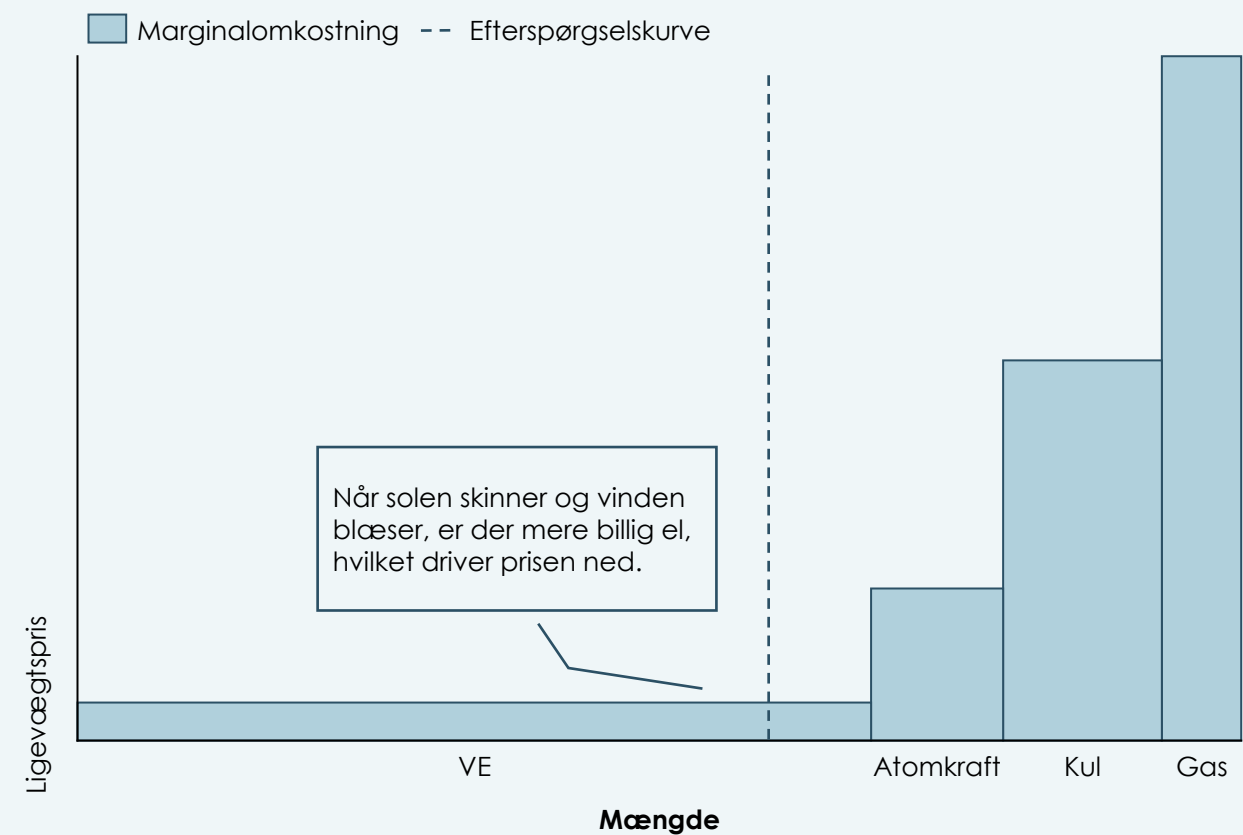
DKK per MWh



Note: Figuren viser den såkaldte ‘merit order curve’, der viser priserne, som hver producent (her aggregeret for type af producent) byder ind med til elmarkedet. Disse bud afspejler producenternes marginalomkostninger. Atomkraft er ikke aktuel som direkte prissættende teknologi i Danmark, men kan være det via import fra andre lande. Her er den med som illustration. Efterspørgsel-kurven afspejler en ufleksibel og prisinelastisk forbruger. I modellen er der både fleksible og ufleksible forbrugere. Kilde: Copenhagen Economics.

Illustration: ‘Merit order curve’ i en time midt på dagen med meget sol

DKK per MWh

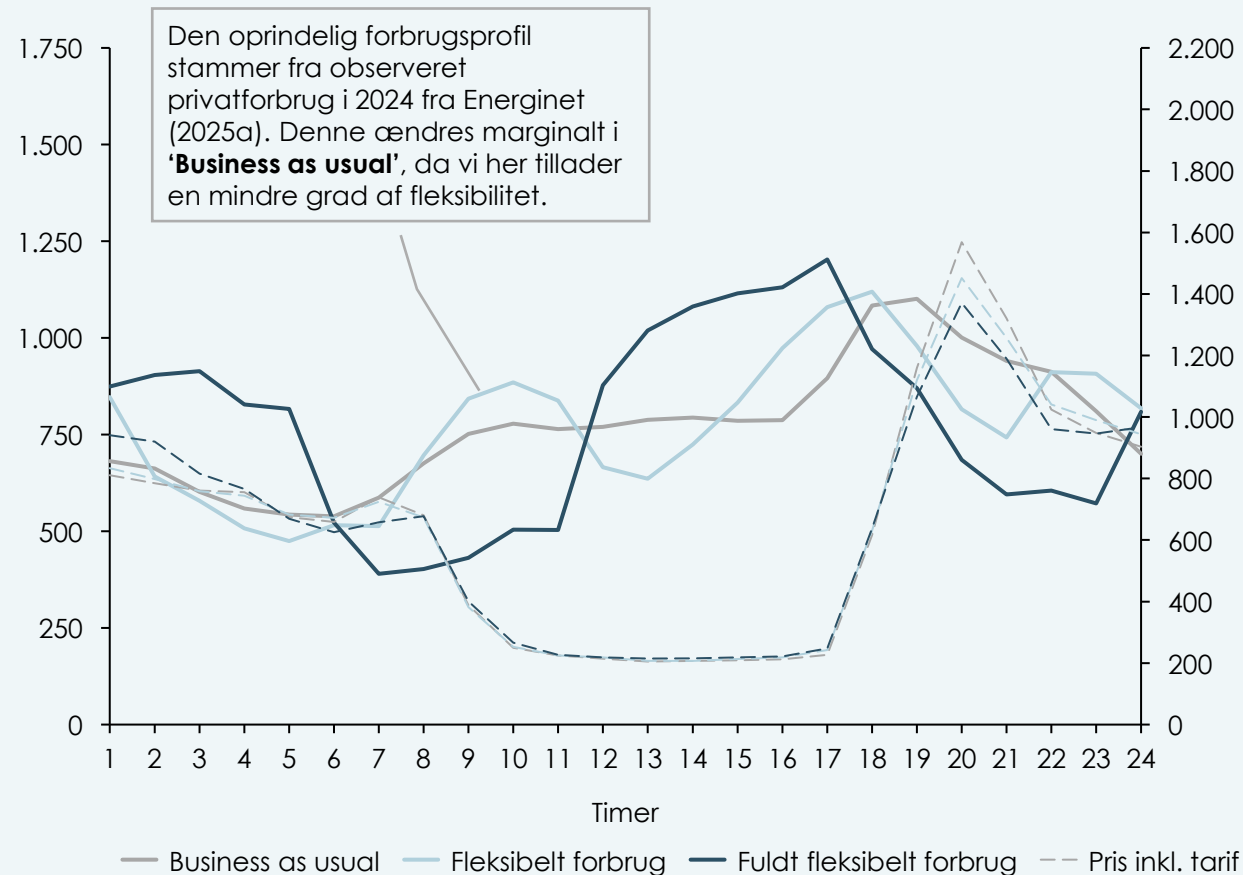


Note: Figuren viser den såkaldte ‘merit order curve’, der viser priserne, som hver producent (her aggregeret for type af producent) byder ind med til elmarkedet. Disse bud afspejler producenternes marginalomkostninger. Atomkraft er ikke aktuel som direkte prissættende teknologi i Danmark, men kan være det via import fra andre lande. Her er den med som illustration. Efterspørgsel-kurven afspejler en ufleksibel og prisinelastisk forbruger. I modellen er der både fleksible og ufleksible forbrugere. Kilde: Copenhagen Economics.

Forbrugsprofiler i modellen: Husholdningernes traditionelle forbrug

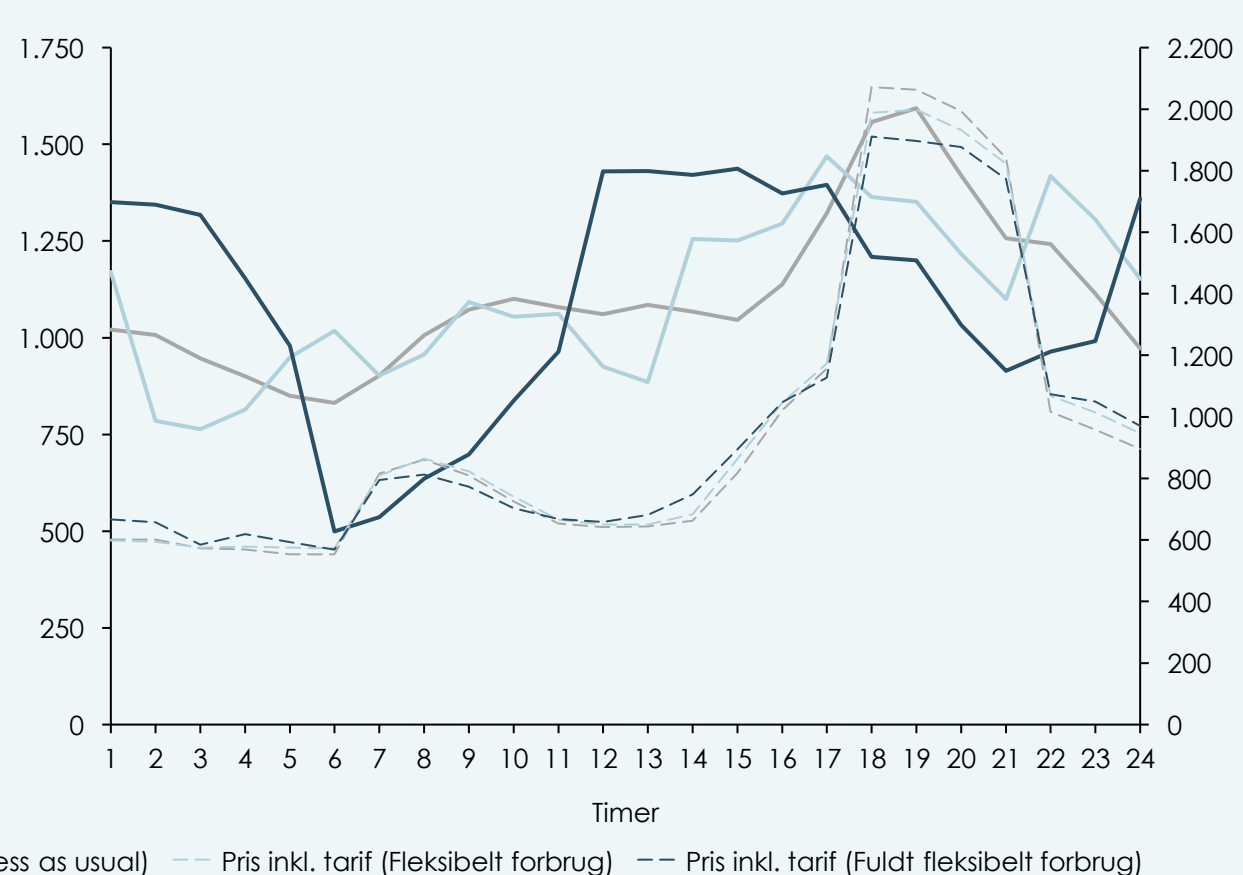
A3

Gennemsnitsprofil for husholdningernes samlede klassiske forbrug om sommeren
MWh og DKK/MWh (højre akse) over en gennemsnitlig dag i sommerhalvåret, 2035



Note: Figuren viser det gennemsnitlige klassiske elforbrug om sommeren for alle husholdninger i Danmark tilsammen. Dette vil variere betydeligt på tværs af forskellige husholdninger, men behandles i vores model som en samlet masse under en gennemsnitbetragtning. Da vi viser et gennemsnit, vil ingen dage se ud som illustreret i figuren. Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer pba. Energinet (2025a).

Gennemsnitsprofil for husholdningernes samlede klassiske forbrug om vinteren
MWh og DKK/MWh (højre akse) over en gennemsnitlig dag i vinterhalvåret, 2035



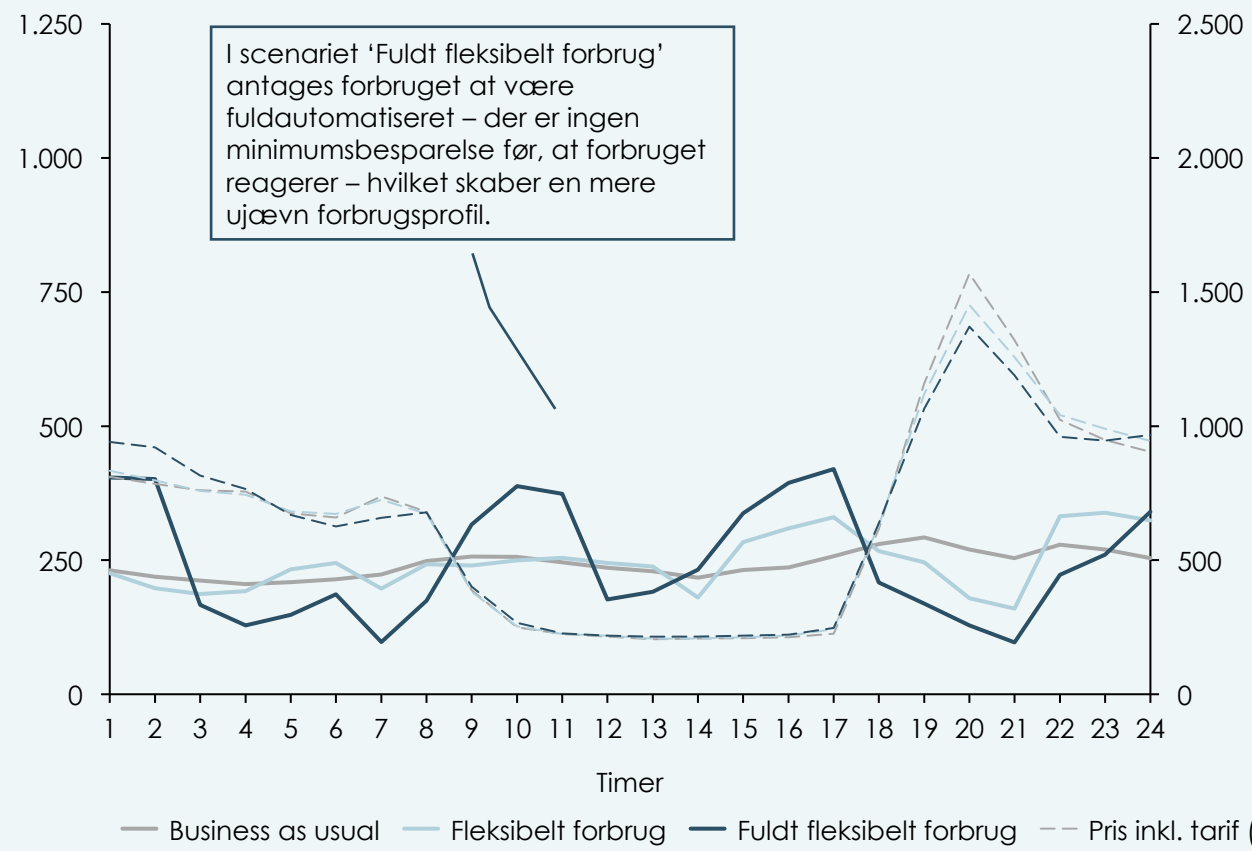
Note: Figuren viser det gennemsnitlige klassiske elforbrug om vinteren for alle husholdninger i Danmark tilsammen. Dette vil variere betydeligt på tværs af forskellige husholdninger, men behandles i vores model som en samlet masse under en gennemsnitbetragtning. Da vi viser et gennemsnit, vil ingen dage se ud som illustreret i figuren. Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer pba. Energinet (2025a).

Forbrugsprofiler i modellen: Husholdningernes forbrug til varmepumper

A3

Gennemsnitsprofil for husholdningernes samlede forbrug til varmepumper om sommeren

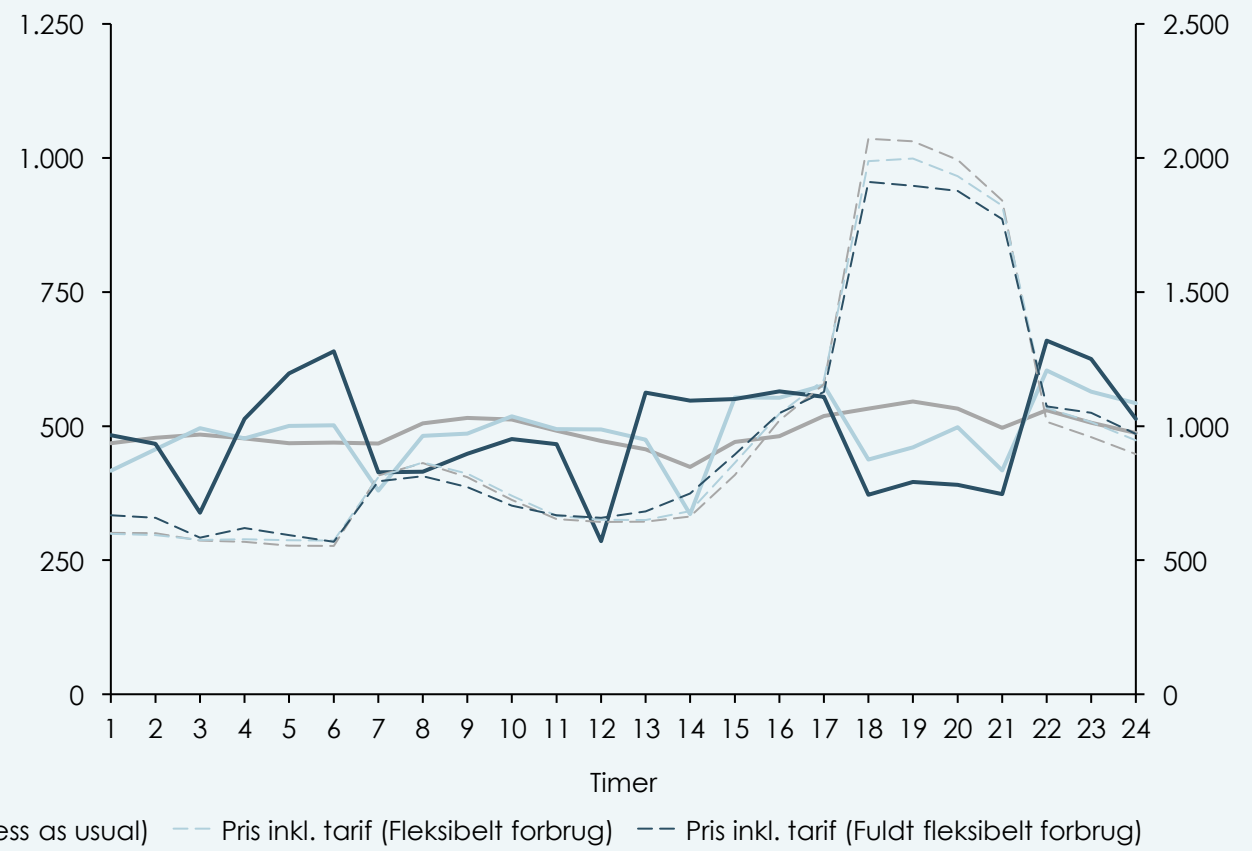
MWh og DKK/MWh (højre akse) over en gennemsnitlig dag i sommerhalvåret, 2035



Note: Figuren viser det gennemsnitlige elforbrug til varmepumper om sommeren for alle husholdninger i Danmark tilsammen. Dette vil variere betydeligt på tværs af forskellige husholdninger, men behandles i vores model som en samlet masse under en gennemsnitbetragtning. Da vi viser et gennemsnit, vil ingen dage se ud som illustreret i figuren. Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer pba. Energinet (2025a).

Gennemsnitsprofil for husholdningernes samlede forbrug til varmepumper om vinteren

MWh og DKK/MWh over en gennemsnitlig dag i vinterhalvåret, 2035



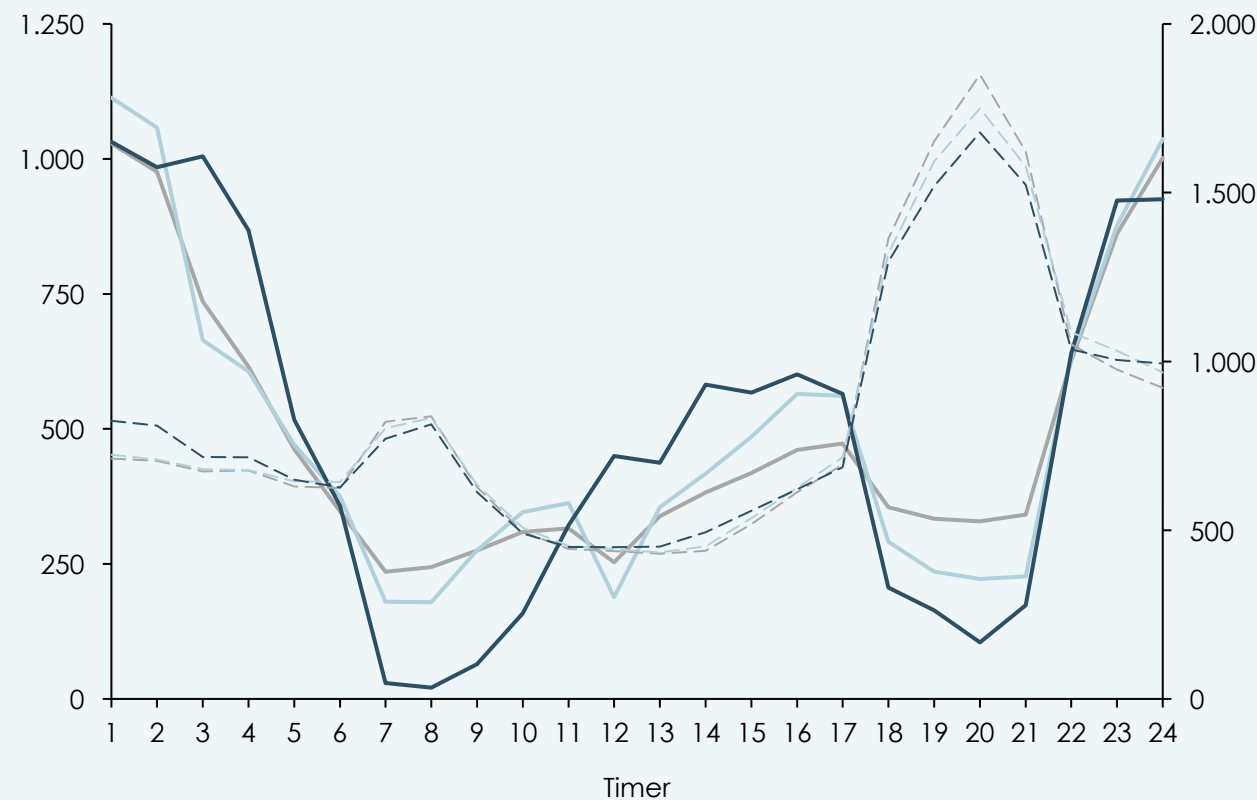
Note: Figuren viser det gennemsnitlige elforbrug til varmepumper om vinteren for alle husholdninger i Danmark tilsammen. Dette vil variere betydeligt på tværs af forskellige husholdninger, men behandles i vores model som en samlet masse under en gennemsnitbetragtning. Da vi viser et gennemsnit, vil ingen dage se ud som illustreret i figuren. Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer pba. Energinet (2025a).

Forbrugsprofiler i modellen: Husholdningernes forbrug til elbiler

A3

Gennemsnitsprofil for husholdningernes samlede forbrug til hjemmeopladning af elbiler i hverdagene

MWh og DKK/MWh (højre akse) over en gennemsnitlig hverdag, 2035

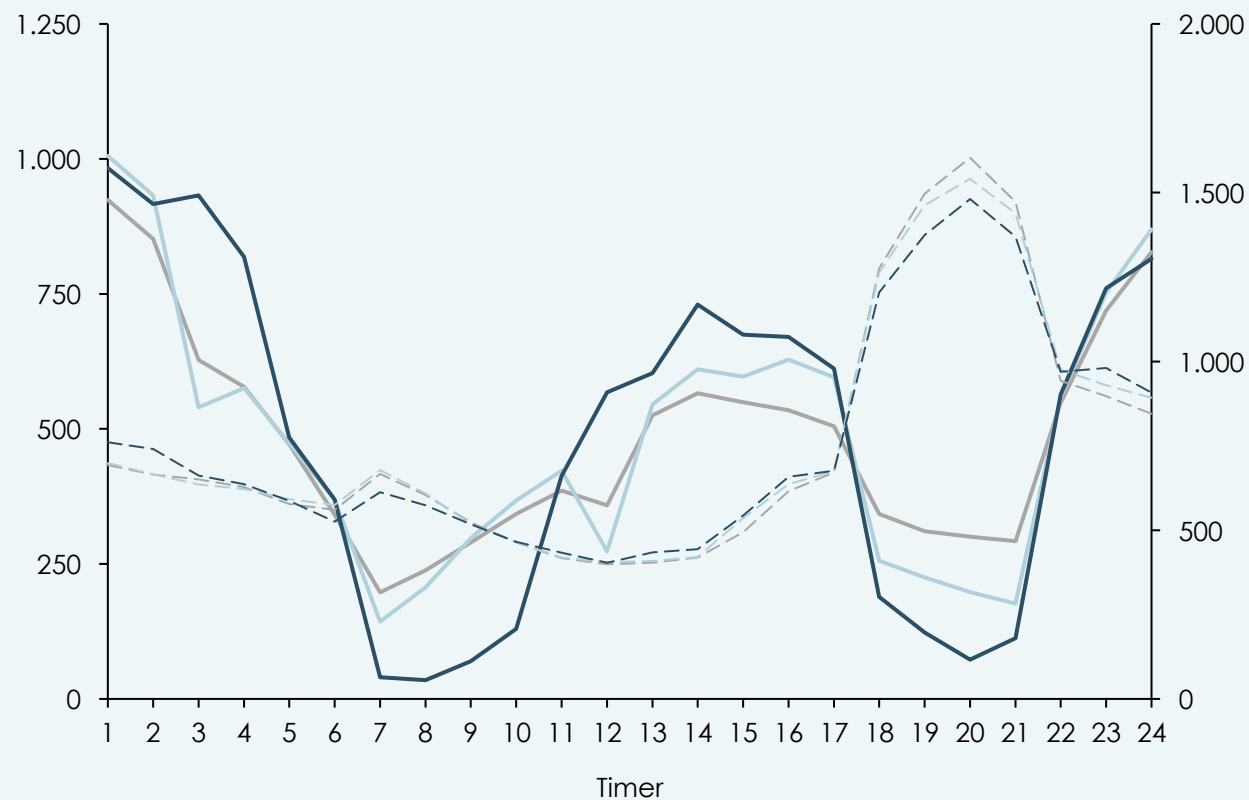


— Business as usual — Fleksibelt forbrug — Fuldt fleksibelt forbrug - - - Pris inkl. tarif (Business as usual) - - - Pris inkl. tarif (Fleksibelt forbrug) - - - Pris inkl. tarif (Fuldt fleksibelt forbrug)

Note: Figuren viser det gennemsnitlige elforbrug til hjemmeladning af elbiler i hverdagene for alle husholdninger i Danmark tilsammen. Dette vil variere betydeligt på tværs af forskellige husholdninger, men behandles i vores model som en samlet masse under en gennemsnitbetragtning. Da vi viser et gennemsnit, vil ingen dage se ud som illustreret i figuren. Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer pba. data fra Radius.

Gennemsnitsprofil for husholdningernes samlede forbrug til hjemmeopladning af elbiler i weekenderne

MWh og DKK/MWh (højre akse) over en gennemsnitlig weekend-dag, 2035



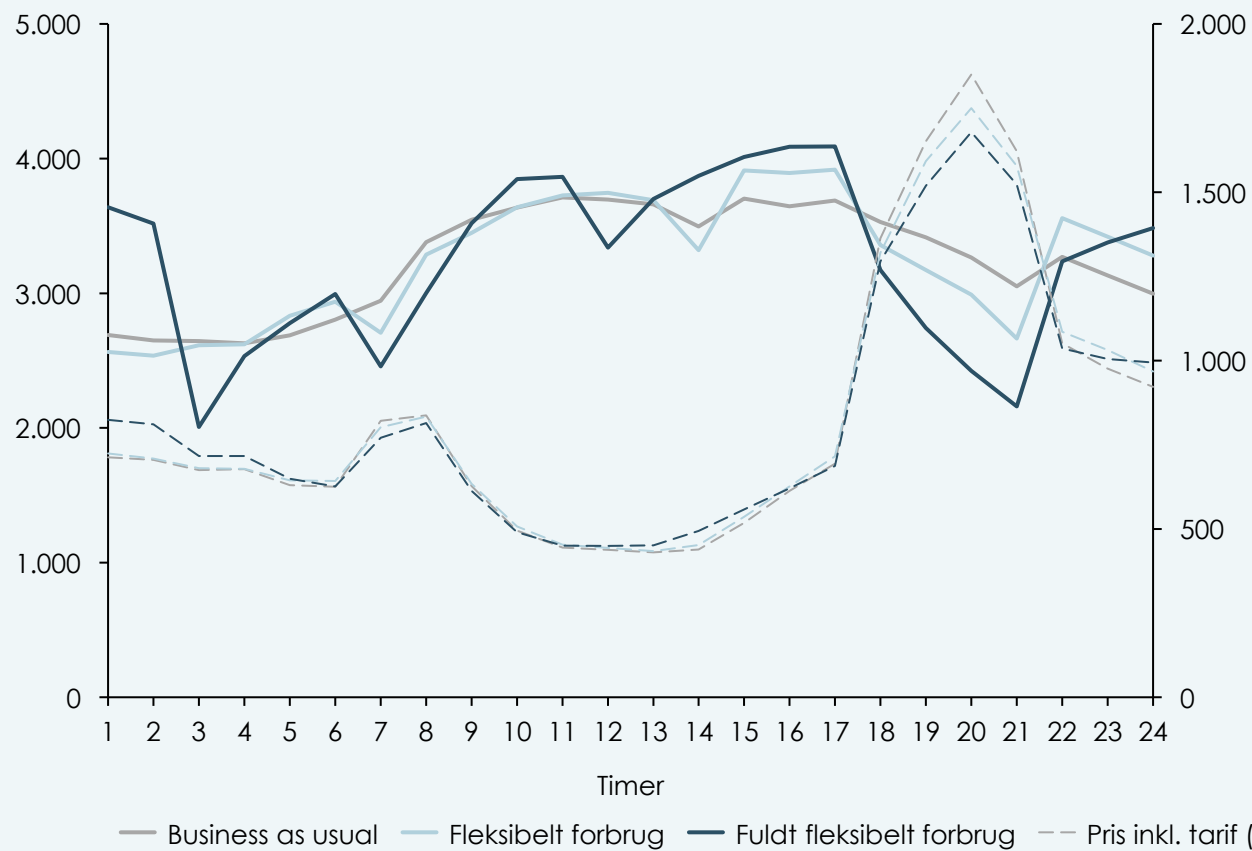
Note: Figuren viser det gennemsnitlige elforbrug til hjemmeladning af elbiler i weekenderne for alle husholdninger i Danmark tilsammen. Dette vil variere betydeligt på tværs af forskellige husholdninger, men behandles i vores model som en samlet masse under en gennemsnitbetragtning. Da vi viser et gennemsnit, vil ingen dage se ud som illustreret i figuren. Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer pba. data fra Radius.

Forbrugsprofiler i modellen: Erhvervets elforbrug

A3

Gennemsnitsprofil for erhvervets samlede forbrug i hverdagene

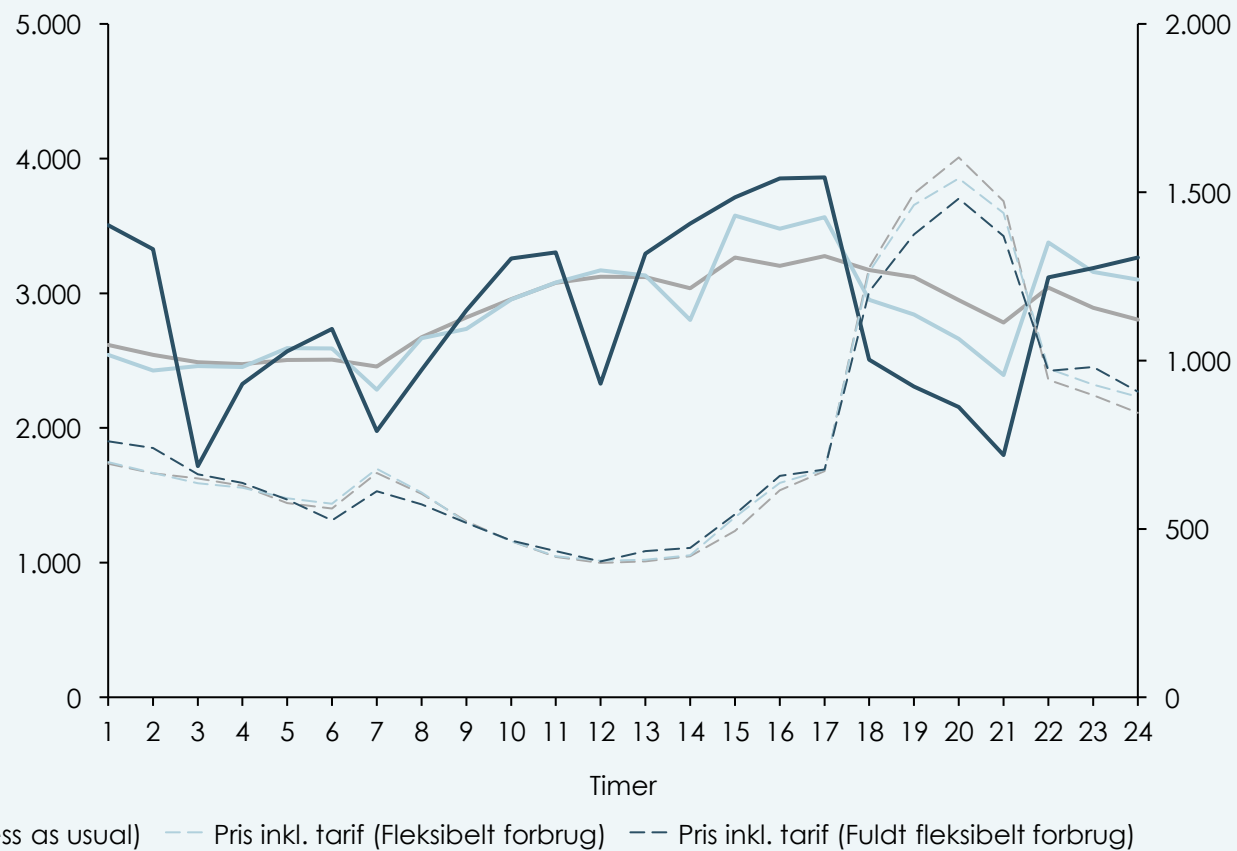
MWh og DKK/MWh (højre akse) over en gennemsnitlig hverdag, 2035



Note: Figuren viser det gennemsnitlige elforbrug for kategorien 'erhverv' for hele Danmark. Dette vil variere betydeligt på tværs af forskellige virksomheder, men behandles i vores model samlet under en gennemsnitbetragtning. Da vi viser et gennemsnit, vil ingen dage se ud som illustreret i figuren.
Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer pba. data fra ENTSO-E (2025).

Gennemsnitsprofil for erhvervets samlede forbrug i weekenden

MWh og DKK/MWh (højre akse) over en gennemsnitlig weekend-dag, 2035



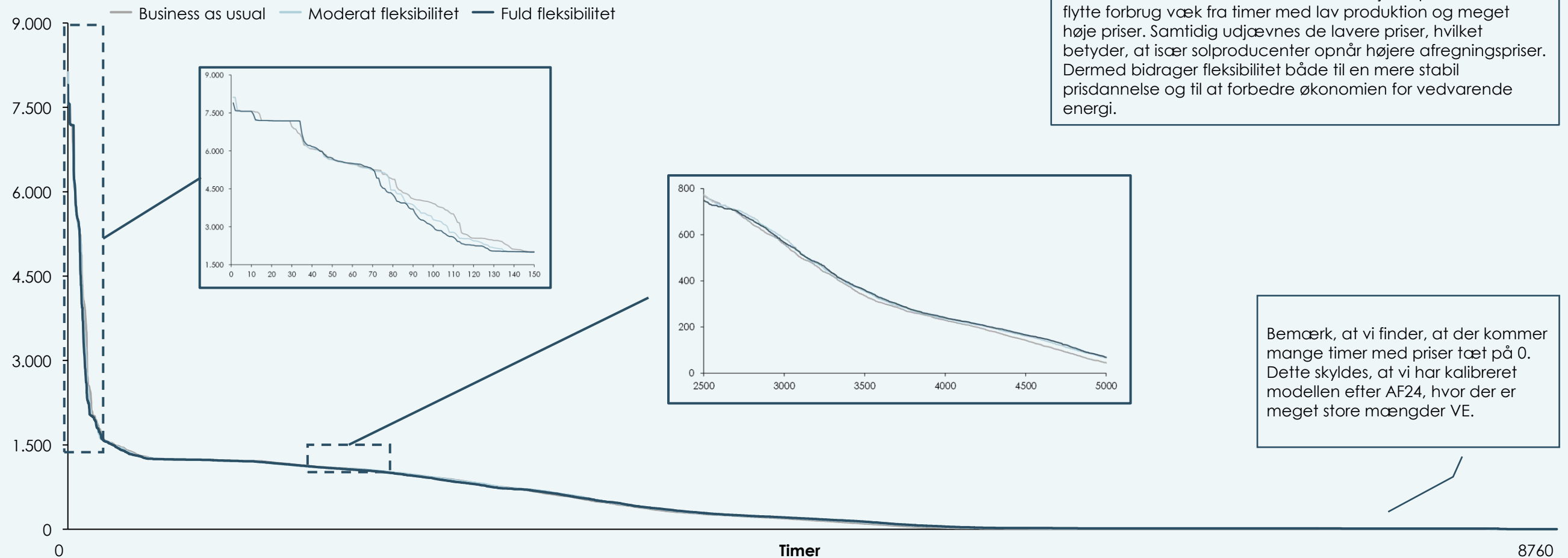
Note: Figuren viser det gennemsnitlige elforbrug for kategorien 'erhverv' for hele Danmark. Dette vil variere betydeligt på tværs af forskellige virksomheder, men behandles i vores model samlet under en gennemsnitbetragtning. Da vi viser et gennemsnit, vil ingen dage se ud som illustreret i figuren.
Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer pba. data fra ENTSO-E (2025).

Fleksibelt forbrug giver fladere varighedskurve for elprisen, men effekten er begrænset i vores tilfælde

A4

Prisvarighedskurver eksklusiv tariffer på tværs af de tre scenarier

DKK per MWh, 2035



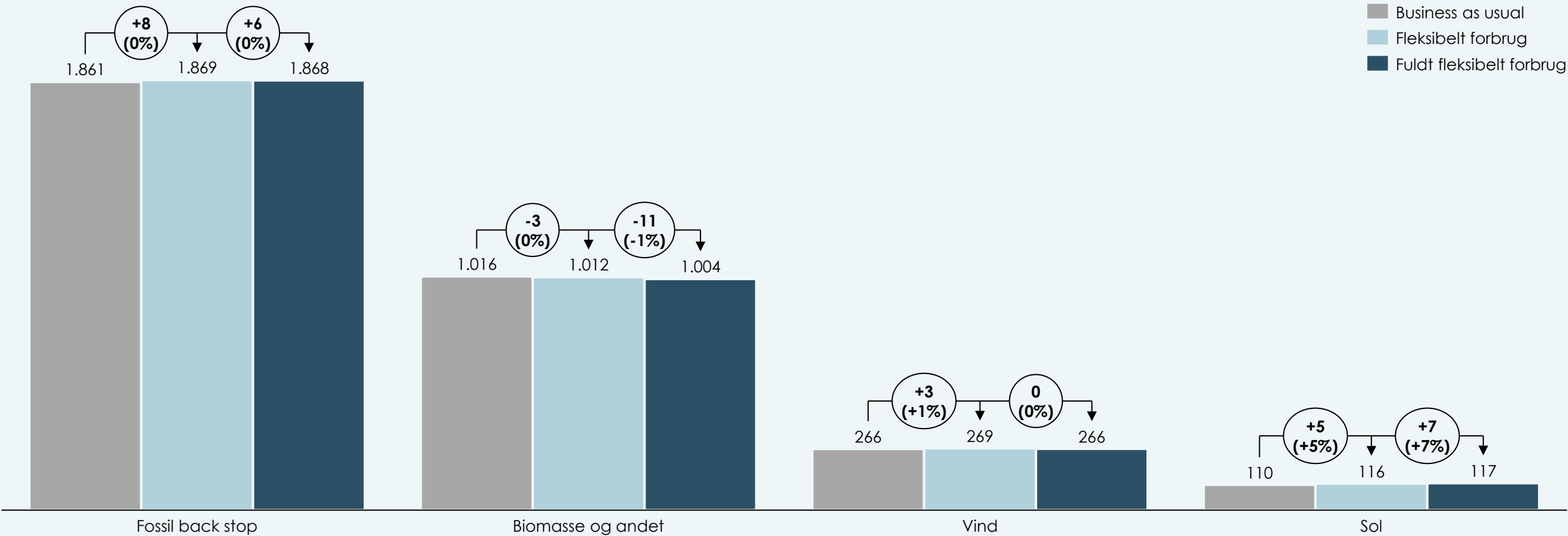
Note: Figuren viser elpriserne sorteret fra højest til lavest i de to scenarier. Bemærk, at vi får mange timer med meget lave priser grundet den meget høje afhængighed af VE, som stammer fra Analyseforudsætninger 24. De få timer med meget høje priser drives af ubalancer mellem produktion og forbrug.
Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer.

Øget fleksibilitet har en begrænset effekt på capture-priserne

A4

Gennemsnitlige capture-priser på tværs af produktionsteknologier og scenarier

DKK per MWh, 2035 (2025 priser)



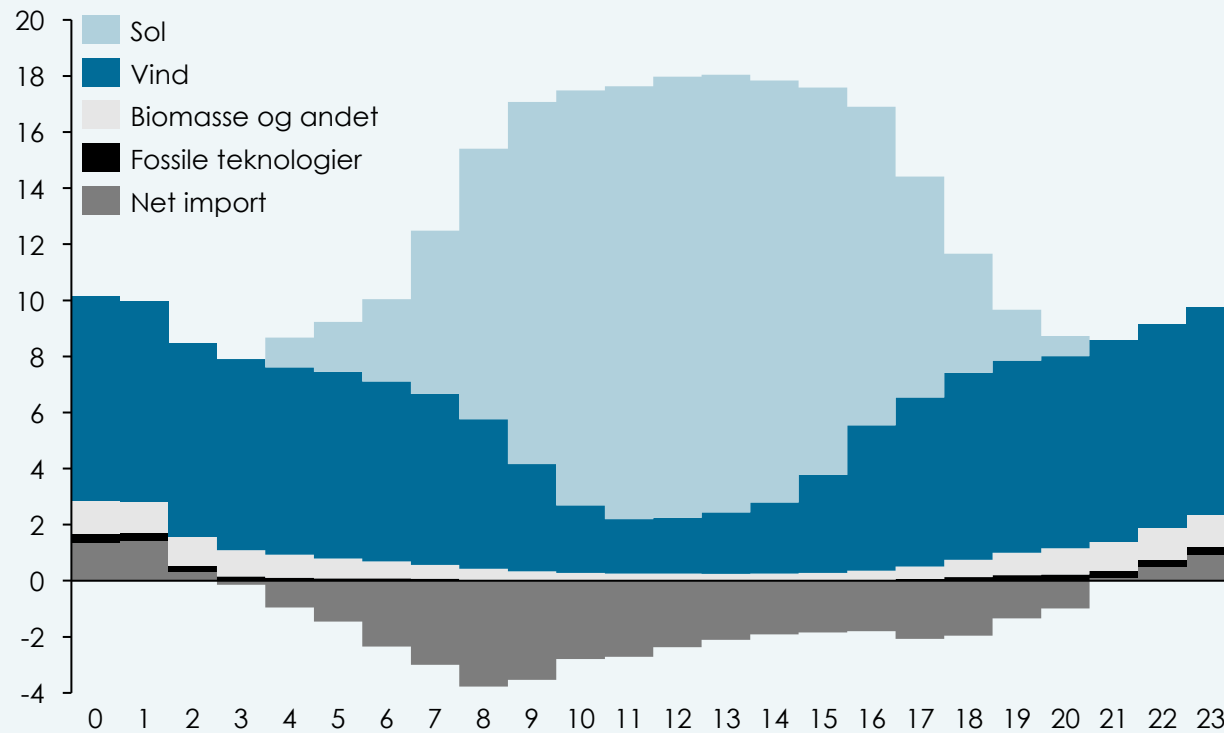
Note: Figuren viser de gennemsnitlige capture-priser, som hver teknologi opnår i elmarkedet. Vind indeholder både hav- og landvind. Andet indeholder affald, hydro, og andre teknologiformer, der fylder meget lidt i elmixet. Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer.

Produktionssammensætning over en sommer- og en vinterdag i scenariet 'Fuld fleksibilitet'

A4

Produktionssammensætning på en gennemsnitlig sommerdag i scenariet 'Fuldt fleksibelt forbrug'

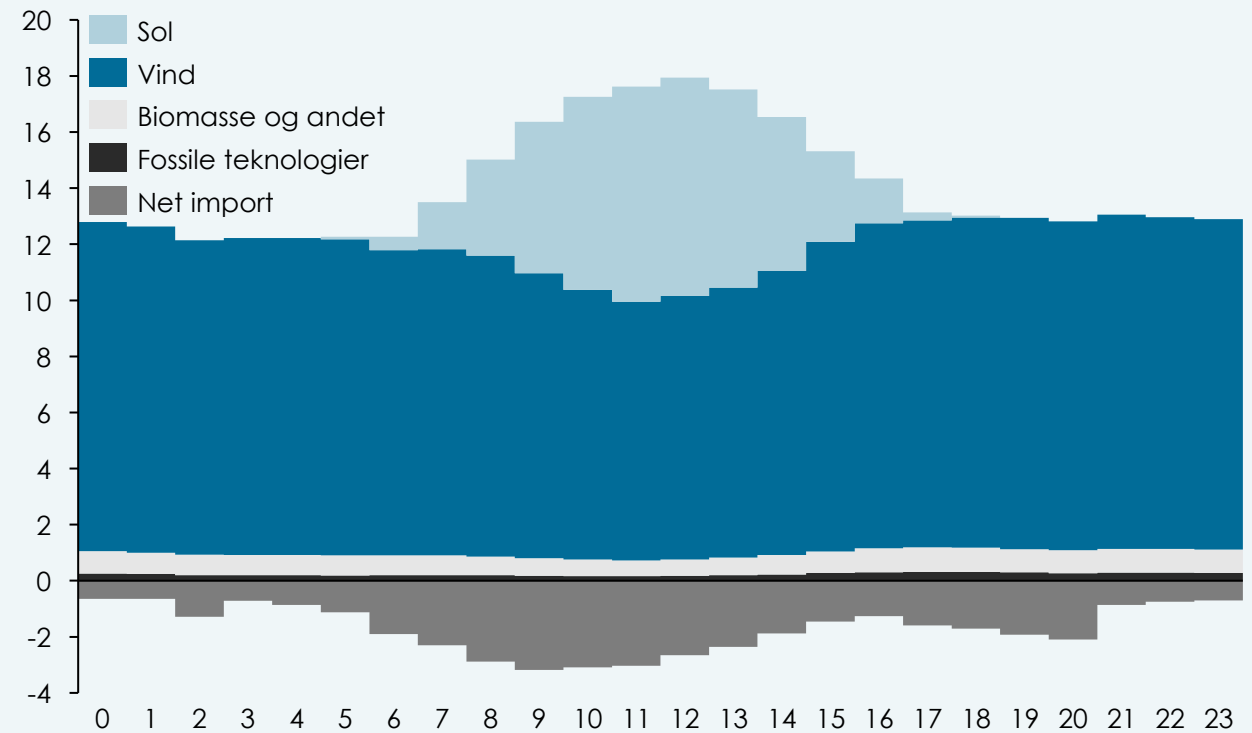
GWh over en gennemsnitlig dag i sommerhalvåret, 2035



Note: Figuren viser den gennemsnitlige produktion på tværs af produktionsteknologier i sommerhalvåret. Vind indeholder både hav- og landvind. Vi har sol- og vindproduktionsprofilerne fra Klima-, Energi- og forsyningsministeriet (2024). Biomasse og andet indeholder biomasse, affald, hydro, og andre teknologiformer, der fylder meget lidt i produktionssammensætningen. 'Fossile teknologier' er primært udgjort af gas- og biogasværker og i mindre grad værker, der bruger olie og kul. Vi behandler disse som én grundet usikkerheden forbundet med, hvilke teknologier, der vil være tilbage i brug i 2035. Da vi viser et gennemsnit, vil ingen dage se ud som illustreret i figuren. Bemærk at marginalomkostningen forbundet med produktion af vindenergi er højere end med solenergi, så modellen vælger at begrænse (curtaile) vindproduktionen, når der produceres meget solenergi.
Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer.

Produktionssammensætning på en gennemsnitlig vinterdag i scenariet 'Fuldt fleksibelt forbrug'

GWh over en gennemsnitlig dag i vinterhalvåret, 2035



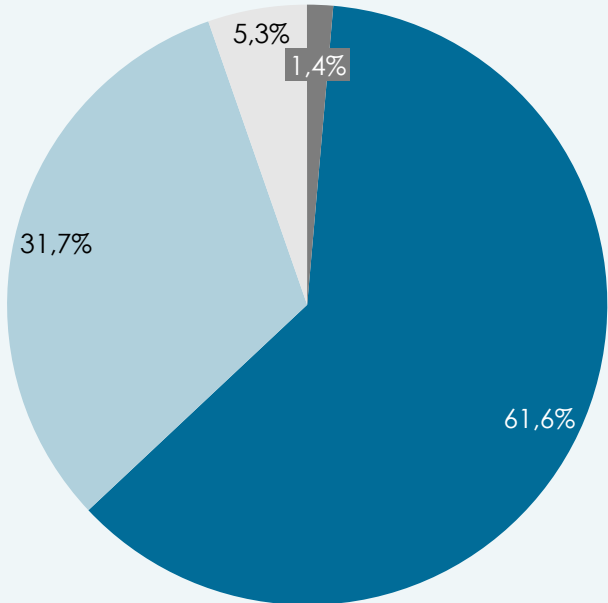
Note: Figuren viser den gennemsnitlige produktion på tværs af produktionsteknologier i vinterhalvåret. Vind indeholder både hav- og landvind. Vi har sol- og vindproduktionsprofilerne fra Klima-, Energi- og forsyningsministeriet (2024). Biomasse og andet indeholder biomasse, affald, hydro, og andre teknologiformer, der fylder meget lidt i produktionssammensætningen. 'Fossile teknologier' er primært udgjort af gas- og biogasværker og i mindre grad værker, der bruger olie og kul. Vi behandler disse som én grundet usikkerheden forbundet med, hvilke teknologier, der vil være tilbage i brug i 2035. Da vi viser et gennemsnit, vil ingen dage se ud som illustreret i figuren. Bemærk at marginalomkostningen forbundet med produktion af vindenergi er højere end med solenergi, så modellen vælger at begrænse (curtaile) vindproduktionen, når der produceres meget solenergi.
Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer.

Øget forbrugsfleksibilitet skaber en grønnere produktionssammensætning, men ændringerne er marginale

A4

Andel af samlet produktion på tværs af produktionsteknologier i 'Business as usual'
% af samlet elproduktion, 2035

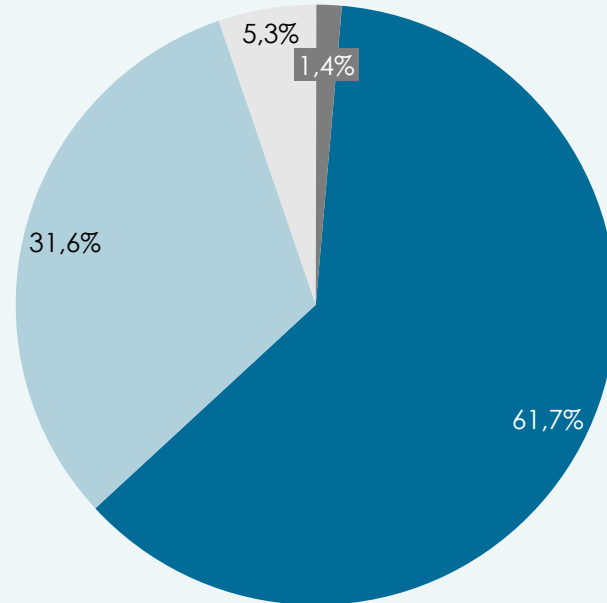
Vind Biomasse og andet
Sol Fossile teknologier



Note: Figuren viser fordelingen af den samlede produktion på tværs af produktionsteknologier. Vind indeholder både hav- og landvind. Biomasse og andet indeholder biomasse, affald, hydro, og andre teknologiformer, der fylder meget lidt i produktionssammensætningen. 'Fossile teknologier' er primært udgjort af gas- og biogasværker og i mindre grad værker der bruger olie og kul. Vi behandler disse som én grundet usikkerheden forbundet med, hvilke teknologier, der vil være tilbage i brug i 2035.
Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer.

Andel af samlet produktion på tværs af produktionsteknologier i 'Fleksibelt forbrug'
% af samlet elproduktion, 2035

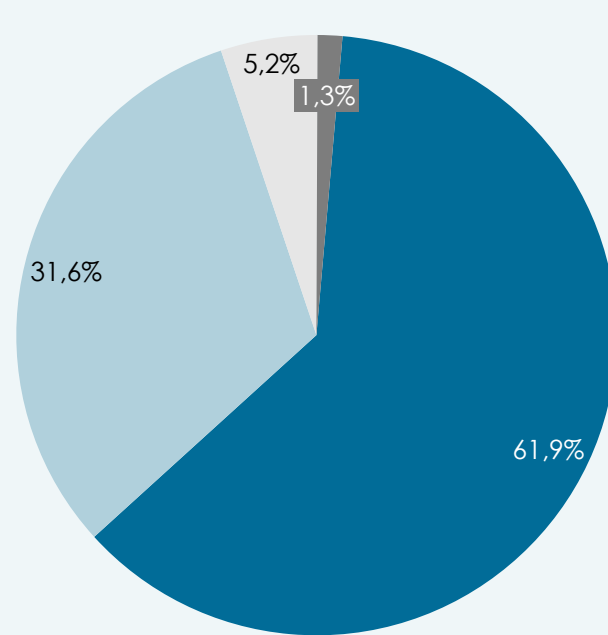
Vind Biomasse og andet
Sol Fossile teknologier



Note: Figuren viser fordelingen af den samlede produktion på tværs af produktionsteknologier. Vind indeholder både hav- og landvind. Biomasse og andet indeholder biomasse, affald, hydro, og andre teknologiformer, der fylder meget lidt i produktionssammensætningen. 'Fossile teknologier' er primært udgjort af gas- og biogasværker og i mindre grad værker der bruger olie og kul. Vi behandler disse som én grundet usikkerheden forbundet med, hvilke teknologier, der vil være tilbage i brug i 2035.
Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer.

Andel af samlet produktion på tværs af produktionsteknologier i 'Fuldt fleksibelt forbrug'
% af samlet elproduktion, 2035

Vind Biomasse og andet
Sol Fossile teknologier



Note: Figuren viser fordelingen af den samlede produktion på tværs af produktionsteknologier. Vind indeholder både hav- og landvind. Biomasse og andet indeholder biomasse, affald, hydro, og andre teknologiformer, der fylder meget lidt i produktionssammensætningen. 'Fossile teknologier' er primært udgjort af gas- og biogasværker og i mindre grad værker der bruger olie og kul. Vi behandler disse som én grundet usikkerheden forbundet med, hvilke teknologier, der vil være tilbage i brug i 2035.
Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer.

Sådan regner vi på udskudte netinvesteringer i distributionsnettet

A5

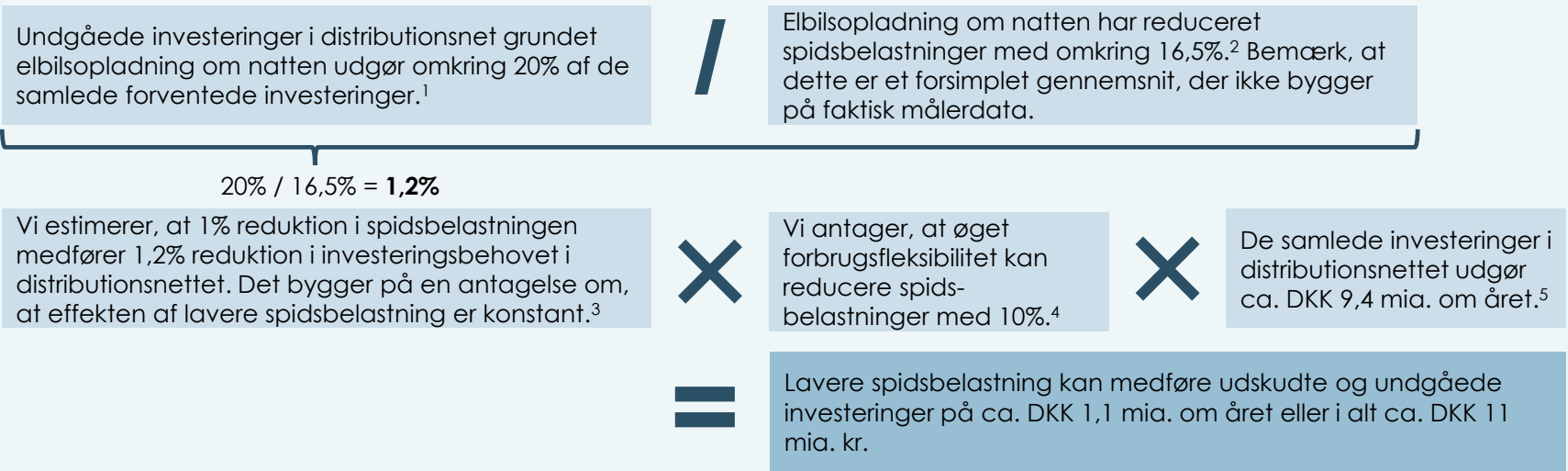
Resultaterne skal tolkes med forsigtighed, da der er usikkerhed forbundet med estimering af netbesparelser ved øget forbrugsfleksibilitet. Der findes kun få studier, der tidligere har kvantificeret disse effekter.

For at kunne aggregere resultaterne til et samlet niveau har vi anvendt en række forsimplede antagelser. Disse gør det muligt at generalisere effekterne, selvom der kan være væsentlige forskelle mellem geografiske områder, netværksniveauer og specifikke typer af netaktiver.

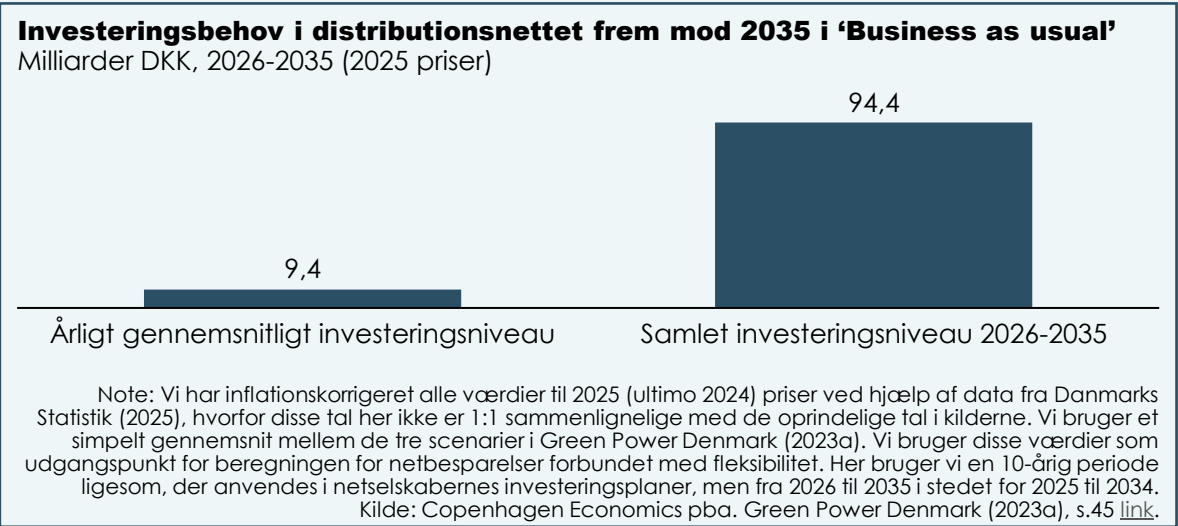
Vi regner i denne rapport på overbelastning målt i MWh på budzoneniveau. Vi anvender en forsimplet elasticitet mellem reduktion i spidsbelastninger og de undgåede investeringer i netkapacitet. Dermed antager vi implicit, at belastningen er repræsentativ for alle overbelastningstimer.

Med denne tilgang antager vi et lineært forhold med reduktion af spidsbelastninger og netbesparelser. I virkeligheden er dette forhold præget af en række ikke-lineariteter. Yderligere vil forholdet variere betydeligt på tværs af geografiske områder og mellem forskellige typer af spændingsniveauer.

Vi mener, at metoden er simpel, men fair. Men det er vigtigt at se resultaterne i lyset af en betydelig usikkerhed.



Ovenstående beregning er baseret på den reduktion af spidsbelastningen på 10%, som vi antager i scenariet 'Fleksibelt forbrug'. Vi anvender samme tilgang i scenariet 'Fuldt fleksibelt forbrug', men øger reduktionen af spidsbelastningen (s. 35).



Noter: 1) Green Power Denmark (2023c), [link](#). / 2) Copenhagen Economics pba. interviews med N1. / 3) Det vil sige, at vi antager, at elasticiteten mellem reduceret spidsbelastning og reduceret investeringsbehov er konstant. Ved at inddrage relevante ikke-lineære effekter vil resultatet ændres, men det er uklart hvordan og i hvilket omfang, da en sådan analyse ikke er lavet. / 4) Denne antagelse er konsistent med resultaterne fra vores elmarkedssimulationer. Bemærk, at det skyldes øget implicit og eksplicit fleksibilitet. / 5) Se side 15. Vi har taget et gennemsnit mellem årene 2025-2030 og årene 2031-2035.

Copenhagen Economics47

Sådan regner vi på udskudte netinvesteringer i transmissionsnettet

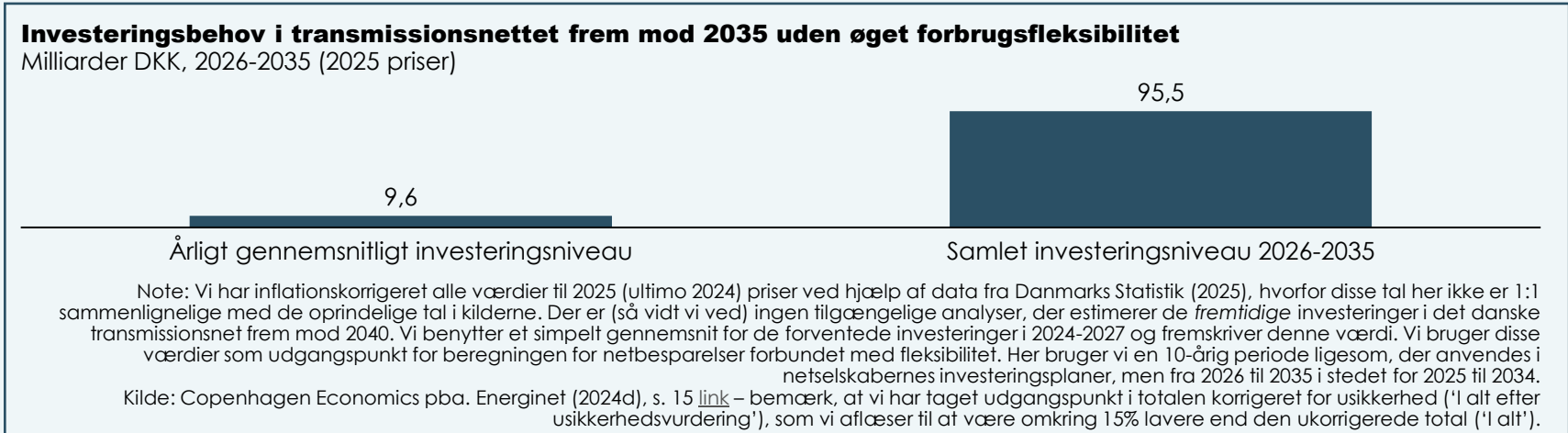
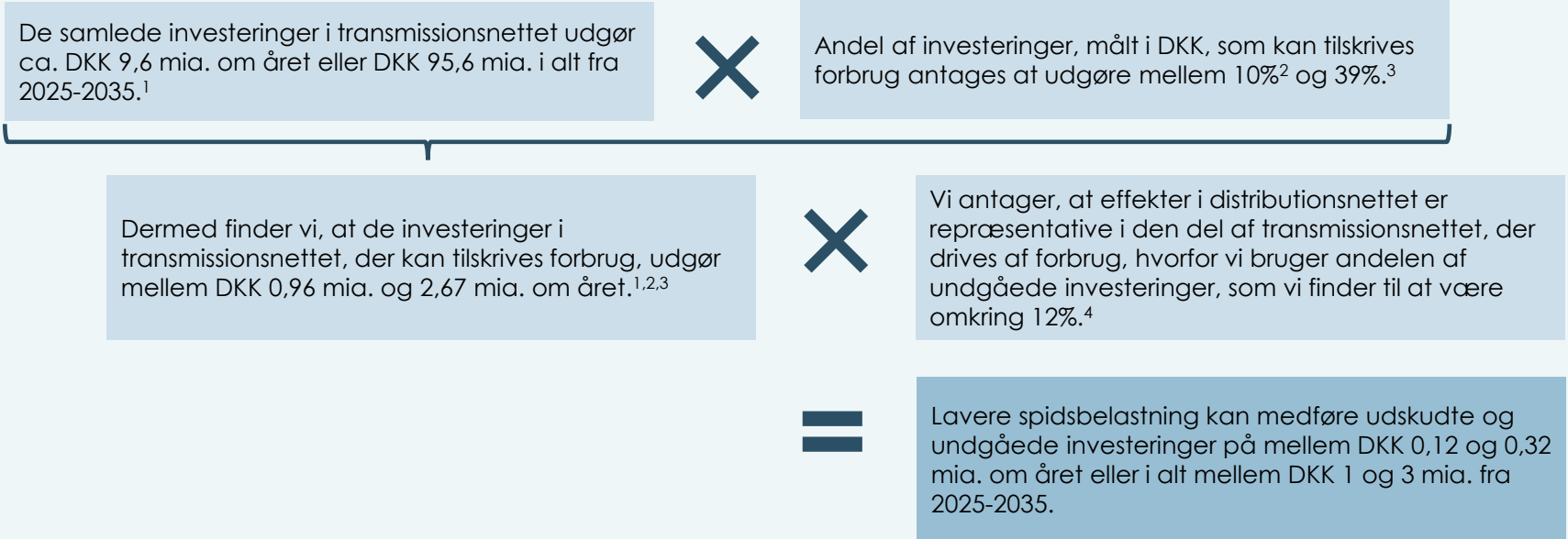
A5

Ligesom for distributionsnettet er der usikkerhed forbundet med at estimere netbesparelser i transmissionsnettet ved øget forbrugsfleksibilitet. Der findes få eller ingen studier, der tidligere har kvantificeret disse effekter, og resultaterne skal derfor tolkes med forsigtighed.

For at kunne aggregere resultaterne til et makroniveau har vi anvendt en række forsimplede antagelser. Effekterne af fleksibilitet vil i praksis opstå på et lokalt geografisk niveau og variere på tværs af områder. Vores tilgang sigter mod at give en overordnet vurdering, selvom den faktiske effekt i transmissionsnettet kan være mere ujævnt fordelt.

Vi antager, at effekten af fleksibilitet i distributionsnettet kan være repræsentativ for transmissionsnettet, da der må forventes et relativt stabilt forhold mellem dimensioneringen i de to netværk – især når vi forsøger at korrigere for, at kun en del af investeringerne er drevet af forbrug. Dette betyder, at hvis fleksibilitet reducerer behovet for investeringer i distributionsnettet, vil der også være en afledt effekt i transmissionsnettet. Denne antagelse skaber dog yderligere usikkerhed, da transmissionsnettet er designet til at håndtere både nationale og internationale flaskehalse, hvilket gør belastningsmønstrene mere komplekse.

Bemærk, at de samme usikkerheder som følge af metodevalg gør sig gældende for effekterne i transmissionsnettet. Det er vigtigt at se resultaterne i lyset af denne betydelige usikkerhed.



Hurtig indfasning af fleksibilitet giver større gevinster for netbrugerne

A5

Øget fleksibilitet i det kommende årti vil primært medføre udskudte investeringer, men ikke permanente besparelser

Som nævnt vil forbrugsfleksibilitet kunne *udskyde*, men ikke reducere, det samlede investeringsbehov i elnettet i de kommende år (se s. 18). Aktiveres fleksibilitet i dag mindskes behovet for at lægge kobber ud så det samlede investeringsniveau gradvist falder i en periode (se figur). Fordi det samlede elforbrug stiger, *skal* der på et tidspunkt lægges kobber, men vi kan udskyde en del af dette behov til senere. På et tidspunkt må det samlede investeringsniveau derfor gradvist vokse og nærme sig udgangspunktet, men ved at udskyde nogle af investeringerne til senere, er der høstet en gevinst.

I beregningen af den fulde gevinst på DKK 22 mia. (se s. 29) antager vi, at der allerede fra 2026 igangsættes initiativer, der troværdigt påvirker netselskabernes investeringsbeslutninger, dvs. at netselskaberne 'tør indregne' forbrugsfleksibilitet på lige fod med en netudbygning.' Det gør vi for at kunne anvende en tidshorisont, der svarer nogenlunde til netselskabernes offentliggjorte netudviklingsplaner. Det er dog klart, at antagelsen om timing af fleksibilitet og besparelser er en usikkerhed i vores beregning.

En antagelse om hurtig indfasning af fleksibilitet vil alt andet lige kunne føre til, at potentialet overvurderes. Omvendt regner vi ikke med besparelser på investeringerne efter 2035, hvilket kan betyde, at potentialet undervurderes. Flexibilitet kan dog tænkes at have positive effekter – også på længere sigt.

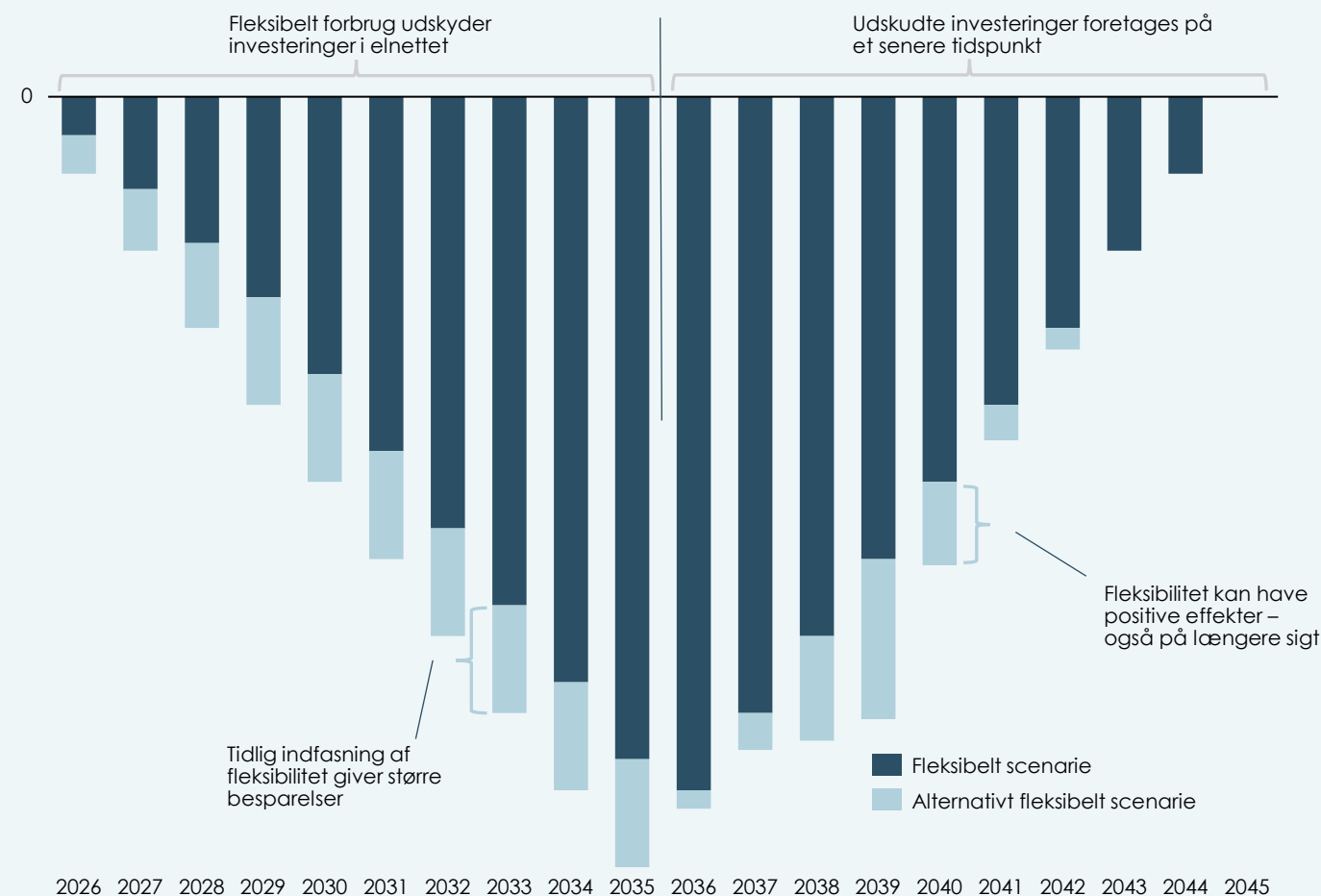
Timing for indfasning af fleksibilitet er afgørende for de årlige besparelser for netbrugerne

Gevinsterne for brugerne af nettet vil være størst, hvis man hurtigst indfaser troværdig fleksibilitet og reducerer de kumulerede investeringer i det kommende årti. Det er ikke nødvendigt med fuld teknologisk implementering fra dag 1 for at høste netbesparelser, men det er som nævnt afgørende, at en *fremtidig* lavere samtidighed er troværdig.

Fordi netselskaberne kan oppebære omkostninger til afskrivninger og forrentning af aktivbasen, vil udskudte investeringer føre til gevinster for husholdninger og virksomheder i de år, hvor de kumulerede investeringer er lavere end ellers. Selvom investeringer (og omkostninger) senere stiger, har fleksibilitet værdi for netbrugerne, fordi en besparelse er mere værd i dag end i fremtiden (nutidsværdi). Hertil kommer værdien af den real optionalitet ('vent og se'), som udskudte investeringer repræsenterer. En strategi hvor man vælger 'Fleksibilitet før kobber' vil derfor medføre de største gevinster.

Illustration: Flexibelt forbrug udskyder netinvesteringer

Kumulerede ændringer i netinvesteringer ift. et referencescenarie



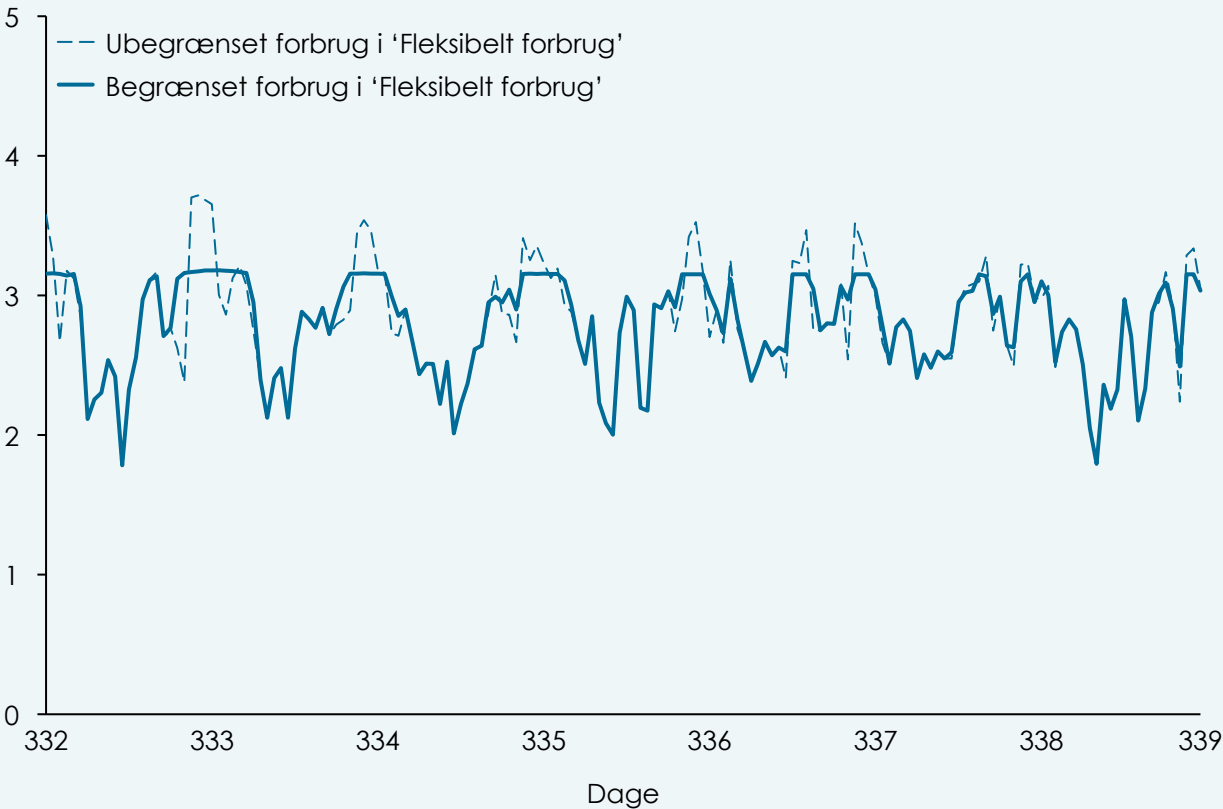
Note: Figuren viser stiliserede udviklinger i de samlede netinvesteringerne over tid for to fleksible scenarier – set i forhold til et referencescenarie (x-aksen).

Illustration af den load shifting, der ligger bag parameteren ‘Reduktion i spidsbelastning’

A5

Illustration af load shifting for husholdningernes samlede forbrug en vinteruge i ‘Fleksibelt forbrug’

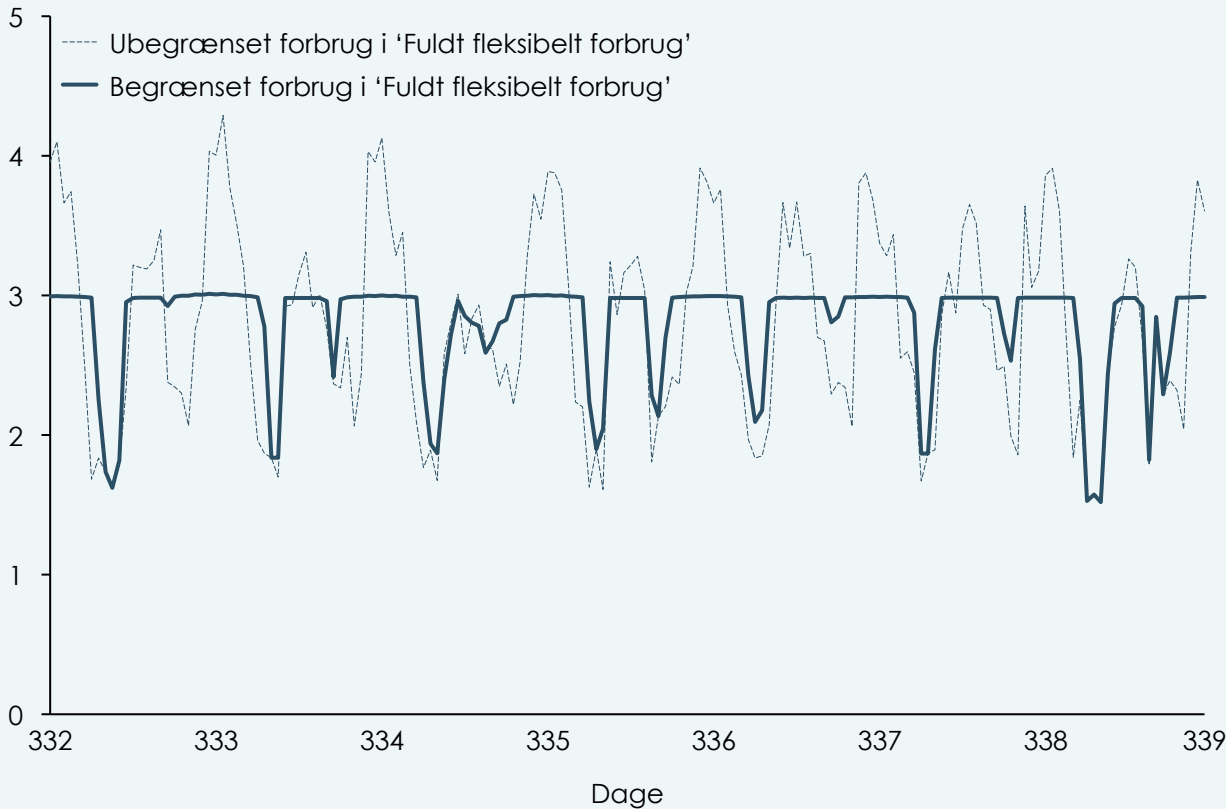
Husholdningernes samlede forbrug i GWh, 2035



Note: Figuren viser, hvordan parameteren ‘Reduktion i spidsbelastning’ begrænser, hvor ‘peaky’ forbruget kan være. Vi gør dette ved at simulere scenariet med endogen fleksibilitet for derefter at udjævne peaks for at opnå den udjævning, som vi antager sker grundet eksplicit fleksibilitet. Den udjævnede profil kører vi igennem modellen igen uden endogen fleksibilitet. På den måde sikrer vi konsistens mellem elmarkseffekter og neteffekter. Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer.

Illustration af load shifting for husholdningernes samlede forbrug en vinteruge i ‘Fuldt fleksibelt forbrug’

Husholdningernes samlede forbrug i GWh, 2035



Note: Figuren viser, hvordan parameteren ‘Reduktion i spidsbelastning’ begrænser, hvor ‘peaky’ forbruget kan være. Vi gør dette ved at simulere scenariet med endogen fleksibilitet for derefter at udjævne peaks for at opnå den udjævning, som vi antager sker grundet eksplicit fleksibilitet. Den udjævnede profil kører vi igennem modellen igen uden endogen fleksibilitet. På den måde sikrer vi konsistens mellem elmarkseffekter og neteffekter. Kilde: Copenhagen Economics elmarkedssimulationer.

Litteraturliste

A6

Artelia (2024), Effekten af biobrændsels klimabelastning på el- og fjernvarmesektorens emissionsfaktorer

Bolius (2024a), Så meget har vi sparet på strømmen siden energikrisen, [link](#)

Bolius (2024b), Elbiler og varmepumper: Står de bag de stigende strømforbrug? [link](#)

Bolius (2024c), Så meget el, vand og varme bruger en gennemsnitsfamilie, [link](#)

Copenhagen Economics (2022), Supporting a cost-effective grid strategy for electrification, [link](#)

COWI (2021), Udviklingen af datacentre og deres indvirkning på energisystemet

Dansk Fjernvarme (2023), Gasforbruget faldt med 23,4 procent i 2022, [link](#)

DNV (2023a), Demand-side flexibility: Quantification of benefits in the EU

DNV (2023b), Uppskattning av flexibilitet som kan möjliggöras inom elsystemet

EA Energi Analyse (2023), Value of Demand Flexibility in the European Power Sector, [link](#)

EIFO (2023), De grønne kanibaler og den californiske andekurve, [link](#)

Elnetselskabet N1 (2024), Netudviklingsplan 2025

EMMA (2025, website), EMMA, [link](#)

Energinet (2019), Små prosumere i fremtidens elnet, [link](#)

Energinet (2022), Forventet udvikling i Energinets eltariffer, [link](#)

Energinet (2023a), Behovsanalyse for eltransmission 2023, [link](#)

Energinet (2023b), Redegørelse for elforsyningssikkerhed 2023, [link](#)

Energinet (2023c), Året der gik 2022 i el- og gassystemerne, [link](#)

Energinet (2024a), Analyseforudsætninger til Energinet 2024, [link](#)

Energinet (2024b), "Dunkelflaute". Hvad er det? Og hvor meget vil vi mærke det i fremtiden?, [link](#)

Energinet (2024c), Faktaark om ændring af Energinets Systemtarif, [link](#)

Energinet (2024d), Forventet udvikling i Energinets eltariffer 2025-2027, [link](#)

Energinet (2025a, website), Energi data service: Consumption per DK36/DK19 Industry Code per Hour, [link](#)

Energinet (2025b, website), Nordisk AFFR-Kapacitetsmarked, [link](#)

Energistyrelsen (2021), Analyse af fremtidsikret eldistributionsnet, [link](#)

Energistyrelsen (2023), Flexibilitet fra PtX-anlæg

Energistyrelsen (2024a), Fremme af flexibilitetsmarked til elnettet, [link](#)

Energistyrelsen (2024b), Analyse af fleksible nettilslutningsvilkår og netprodukter, [link](#)

Energiwatch (2020), Stor forskel i virksomheders elpris: Otte virksomheder topper med elregning på 18 mio. kr. [link](#)

ENTSO-E (2025, website), Transparency Platform, [link](#)

EU (2025, website), Indbyggere og areal, [link](#)

EY (2024), Grids For Speed, [link](#)

Financial Times (2024), Negative European nergy prices hit record level, [link](#)

Flexplatform (2025, website), Vi har løsningen til fremtidens elsystem, [link](#)

Forsyningstilsynet (2024), Andele af den samlede elpris, [link](#)

Green Power Denmark (2018), Er elnettet klar til elbilerne? Analyse af effekt- og investeringsbehov i eldistributionsnettet, [link](#)

Green Power Denmark (2022), TEGRA-modellen – Introduktion, [link](#)

Green Power Denmark (2023a), Elnet til meget mere, [link](#)

Green Power Denmark (2023b), Elpris Outlook 2023: Aldrig mere energikrise?, [link](#)

Green Power Denmark (2023c), Tarifmodel 3.0 snart udbredt i hele landet, [link](#)

Green Power Denmark (2024), Balancering og flexibilitet, [link](#)

HBS (2017), Økonomiske effekter ved at reducere elafgiften, [link](#)

IEA (2024), Electricity Mid-Year Update (2024), [link](#)

IEA (2025a, website), Europe – Electricity, [link](#)

IEA (2025b, website), Energy Efficiency and Demand, [link](#)

Ingeniøren (2023), Elbiler må lade langsommere for at undgå natlig kogespids, [link](#)

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2024), Klimastatus og – fremskrivning 2024, [link](#)

Konkurrence- og Forbrugerstyrelsen (2023), Konkurrencen på markedet for opladning af elbiler, [link](#)

Magnetfeltudvalget (2025, website), Hvem ejer el-anlægget? [link](#)

Norlys (2025, website), Refusion af elafgift, [link](#)

Rådet for Grøn Omstilling (2024), Teknologigennembrud for direkte elektrificering, [link](#)

Radius Elnet A/S (2024), Netudviklingsplan 2025

Radius Elnet (2025, website), Historiske priser, [link](#)

Rambøll (2023), Rambøll: Udbygning af elnettet vil koste trecifret milliardbeløb, [link](#)

Teknologisk Institut (2018), Flexibilitet er nøglen til fremtidens integrerede energisystemer

Copenhagen Economics
Langebrogade 3C
DK-1411 Copenhagen K

www.copenhageneconomics.com