



ENERGINET

REDEGØRELSE FOR ELFORSYNINGSSIKKERHED 2024

INDHOLDSFORTEGNELSE

Hvad er elforsyningssikkerhed?	3
Energinet fastholder et ambitiøst planlægningsmål	4
Flere og nye opmærksomhedspunkter i fremtidens elforsyningssikkerhed	5
Tiltag der understøtter planlægningsmålet	6
Status på elforsyningssikkerheden	7
Effekttilstrækkelighed	8
Elmarked & effekttilstrækkelighed	14
Nettilstrækkelighed	18
Robusthed	22
IT-sikkerhed	26
Ordliste	30
Reference- og bilagsliste	31

REDEGØRELSE FOR ELFORSYNINGSSIKKERHED 2024

Med baggrund i Elforsyningsloven og Systemansvarsbekendtgørelsen udarbejder Energinet hvert år en redegørelse for elforsyningssikkerheden, herunder en anbefaling for et niveau for fremtidens elforsyningssikkerhed. Redegørelsen vurderer elforsyningssikkerheden på lang sigt med en fremskrivningshorisont på 10 år. Nedslagsåret for denne redegørelse er dermed 2034.

Energinet har i lighed med de seneste år adspurgt netvirksomhederne om deres forventning til udviklingen i elforsyningssikkerheden i eldistributionsnettene. Deres forventning er indarbejdet i redegørelsen.

I sammenhæng med årets redegørelse er der udarbejdet tilhørende bilagsrapporter. Bilagsrapporterne indeholder bl.a. afbrudsstatistikken for 2023, en uddybning af metoder og resultater for effekttilstrækkelighed samt en nærmere beskrivelse af netvirksomhedernes forventning.

HVAD ER ELFORSYNINGSSIKKERHED?

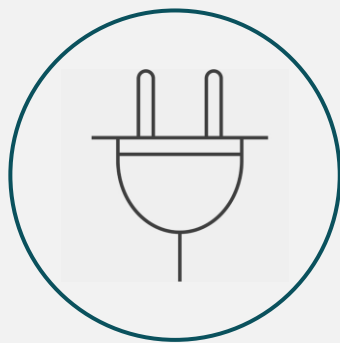
Sikring af en høj elforsyningssikkerhed er et komplekst samspil i hele værdikæden mellem elproducenterne, det fysiske elnet, elmarkedet og elforbrugerne. Elforsyningssikkerheden afhænger af, i hvor høj grad elforbrug og -produktion kan balanceres i både geografi og tid, og om elnettet kan overføre den elektriske energi og er robust over for fejl. Vurdering af den samlede elforsyningssikkerhed kan opdeles i fire kategorier (se herunder), og hver kategori uddybes i redegørelsen.

SYSTEMTILSTRÆKKELIGHED



EFFEKTILSTRÆKKELIGHED

Effekttilstrækkelighed er elsystemets evne til at dække elforbrugernes samlede efterspørgsel på el.



NETTILSTRÆKKELIGHED

Nettilstrækkelighed er elnettets evne til at transportere el fra produktionsstederne til forbrugsstederne.



ROBUSTHED

Robusthed er elsystemets evne til at håndtere driftsforstyrrelser og fejl, uden at det påvirker forsyningen af el til forbrugerne.

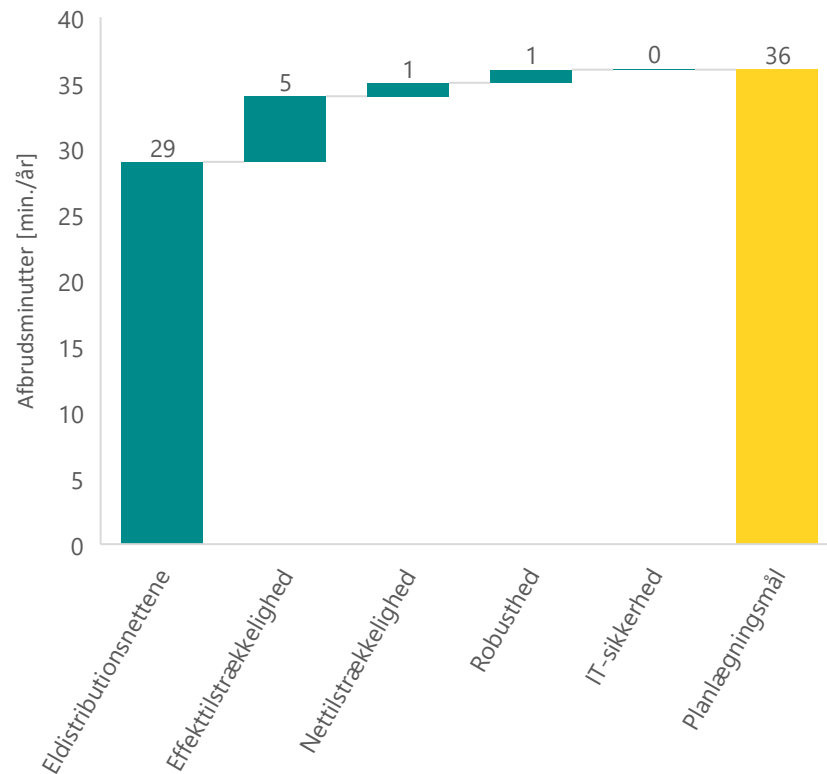


IT-SIKKERHED

IT-sikkerhed er evnen til at opretholde høj opetid på kritiske IT-systemer og modstå cyberangreb.

Elsystemerne i Danmark og vores nabolande er under forandring, og opretholdelsen af en høj elforsyningssikkerhed kræver aktuelt et fornyet fokus på nettilstrækkelighed og sikring af systemsikkerheden samt på længere sigt også nye tiltag ift. effekttilstrækkeligheden.

Anbefalet planlægningsmål i 2034 fordelt på forsyningssikkerhedskategorier



ENERGINET FASTHOLDER ET AMBITIØST PLANLÆGNINGSMÅL

Energinet anbefaler for 2034 et planlægningsmål på 36 afbrudsminutter. Med årets planlægningsmål fastholder Energinet således de seneste års ambitionsniveau for fremtidens elforsyningssikkerhed. Det betyder, at man som dansk elforbruger i 2034 i gennemsnit kan forvente 36 minutter uden el. Det svarer til, at de danske elforbrugere har strøm i stikkontakten 99,993 pct. af tiden.

Planlægningsmålet fordeler sig på samme måde som sidste års anbefaling med 5 afbrudsminutter relateret til manglende effektilstrækkelighed, 1 afbrudsminut relateret til nettilstrækkelighed, 1 afbrudsminut relateret til robusthed og 0 minutter relateret til IT-sikkerhed. Planlægningsmålet for eldistributionsnettene er ligeledes uændret i forhold til sidste år.

Et ambitiøst planlægningsmål kræver en målrettet indsats og nye værktøjer

Danmark har i mange år haft en høj elforsyningssikkerhed og det er stadig tilfældet i dag, dog med en tendens til svag stigning i samlet antal afbrudsminutter (se nøgletal på side 7). Men nye teknologier, flere fluktuerende energikilder, et stigende elforbrug og et stort pres på netudbygningen udfordrer den måde elforsyningssikkerheden hidtil er blevet håndteret på. Derfor er der tale om et ambitiøst planlægningsmål. På kort sigt kræver opretholdelsen af nettilstrækkeligheden og systemsikkerheden store investeringer og en målrettet indsats. På længere sigt kan nye tiltag blive nødvendige for at understøtte effektilstrækkeligheden.

HVAD ER PLANLÆGNINGSMÅLET?

Klima-, energi- og forsyningsministeren fastsætter årligt det fremtidige planlægningsmål på baggrund af anbefaling fra Energinet. Planlægningsmålet sætter retning for tiltag og investeringer i den langsigtede elforsyningssikkerhed. Planlægningsmålet 2034 udtrykker et fremtidigt niveau for det årlige gennemsnitlige antal afbrudsminutter for den danske elforbruger i 2034.

RISIKO FOR SÆRLIGE HÆNDELSER

Risikoen for særlige hændelser er en faktor, som ligger ud over det anbefalede planlægningsmål. To eksempler på særlige hændelser med store afbrud til følge indtraf i 1999 og 2003 og skyldtes henholdsvis orkan og en særlig hændelse (fejlkombination) i det svenske elsystem. Særlige hændelser er hændelser, der ligger ud over det, som elnettet er dimensioneret til. Det er ikke muligt at forudse og tage højde for samtlige mulige kombinationer af hændelser i planlægningen af elsystemet, uden at det vil have store samfundsøkonomiske omkostninger.

FLERE OG NYE OPMÆRKSOMHEDSPUNKTER I ET GRØNT ELSYSTEM

Sikring af systemsikkerheden kræver stor opmærksomhed

Elsystemet skal kunne modstå pludseligt opståede driftsforstyrrelser, fx kortslutninger eller udfald af produktionsanlæg. I et grønt elsystem baseret på sol og vind skal systemstabiliteten sikres på en ny måde sammenlignet med et kraftværksdomineret elsystem. Her og nu kræver det et øget fokus på sikring af systemstabiliteten og et tilstrækkeligt niveau af systembærende egenskaber i elsystemet. Ellers vil risikoen for systemkollaps stige i forbindelse med fejl i systemet.

Energinet forventer, at der på kort sigt skal foretages væsentlige investeringer for at kunne opretholde systemstabiliteten i fremtiden både ved de enkelte produktions- og forbrugsanlæg og i det kollektive elsystem. For at sikre en pålidelig integration af elsystemets nye teknologier og komplekse anlæg skal der udvikles nye kompetencer i Energinet og hos anlægsudviklere. Der er derfor behov for et endnu tættere samarbejde mellem systemoperatører, anlægsudviklere og forskningsmiljøer.

Energiinfrastrukturen oplever udfordringer i forhold til IT-sikkerheden, som en del af det ændrede geopolitiske landskab i Europa og den generelle digitalisering af sektoren. De øgede spændinger kan i værste fald påvirke elforsyningssikkerheden. Selvom fortsat digitalisering af sektoren har en række fordele, medfører den også sårbarheder. Energinet arbejder systematisk og strategisk med at sikre en fortsat stærk IT-sikring og beskyttelse mod cyberangreb. Kompromittering af IT-sikkerheden kan få store konsekvenser for elforsyningssikkerheden, hvorfor Energinet har stort fokus på det allerede i dag. Energinet er således opmærksom på den aktuelle beredskabssituation.

Kraftig udbygning af elnettet er nødvendig

Omstillingen til et grønt energisystem øger behovet for elnet på et tidspunkt, hvor der allerede gennemføres mange reinvesteringer i det eksisterende elnet. Det store re- og nyinvesteringsbehov i elnettet, i kombination med mangel på ressourcer og lange leveringstider på komponenter, kan potentielt udfordre forsyningssikkerheden. Med pressede ressourcer er det

nødvendigt at prioritere de mest forsyningskritiske projekter først.

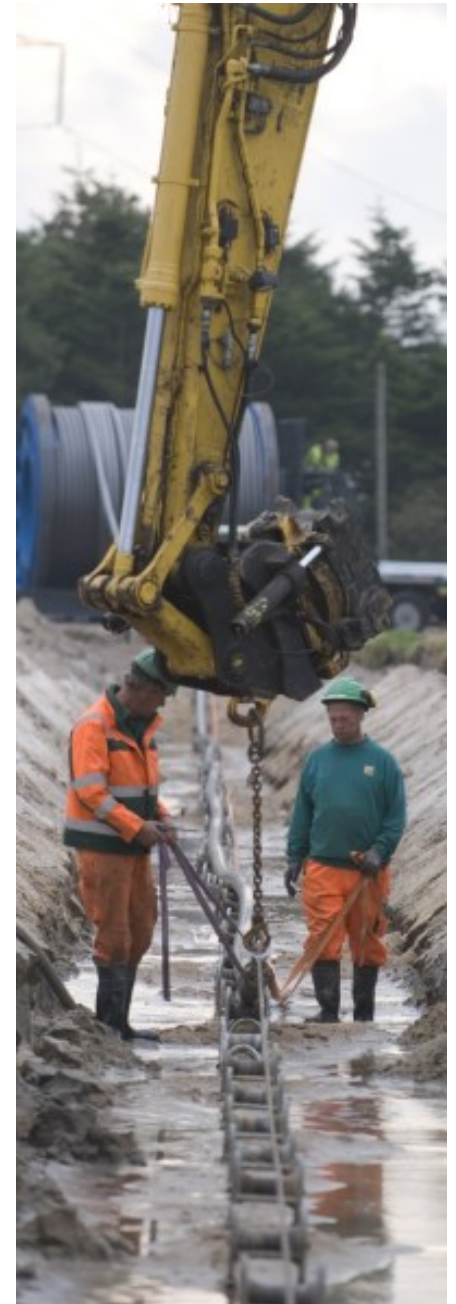
Energinet identificerer løbende behov for udbygninger og tilpasninger i eltransmissionsnettet gennem arbejdet med den langsigtede netstruktur og den langsigtede udviklingsplan (LUP). Opgaven med hurtig udbygning af net og infrastruktur understøttes af arbejdet i regeringens nationale krisestab, NEKST, hvor der er fokus på at øge tempoet i den grønne omstilling.

Behov for regulerbar effekt og balancekraft – størrelsen er usikker

Grundet den faldende regulerbare produktionskapacitet og det stigende elforbrug forventes der generelt i Europa at være en stigende risiko for effektmangel på længere sigt. Samtidig er udviklingen i effekttilstrækkeligheden i Danmark meget følsom over for udviklingen i regulerbar produktionskapacitet og elforbrug i resten af Europa.

Årets beregninger for effekttilstrækkelighed viser en lavere risiko for effektmangel end sidste års analyser, og risikoen for at mangle effekt i Danmark reduceres til et minimum, hvis de omkringliggende europæiske lande sikrer deres egen nationale effekttilstrækkelighed. De absolutte risikovurderinger varierer med antagelserne for udlandet, og effekttilstrækkelighedsudfordringerne skal ses i et grænseoverskridende og europæisk perspektiv, hvor Danmark ligesom de øvrige lande også skal bidrage til en bedre europæisk effekttilstrækkelighed.

Energinet ser en stigning i behovet for balanceringsreserver nu og i de kommende år til at håndtere større og hyppigere ubalancer i elsystemet. I takt med den stigende VE andel er den daglige balancering af elsystemet blevet en udfordring for elforsyningssikkerheden. Balanceringsreserverne kan aktiveres til at afhjælpe den systemmæssige effektmangel, men vil i givet fald ikke også kunne aktiveres i tilfælde af udfald eller ubalancer, hvilket er deres primære formål. Anvendelse af balanceringsreserver til levering af energi i en situation med effekttilstrækkelighed gør således systemet meget sårbart over for udfald og ubalancer.



TILTAG DER UNDERSTØTTER PLANLÆGNINGSMÅLET

ELTRANSMISSIONSNETTET

- ✓ Fortsat højt reinvesteringsniveau for at sikre forsyningssikkerhed (nettilstrækkelighed og robusthed)
- ✓ Nødvendig og accelereret udbygning af eltransmissionsnettet
- ✓ Risikovillighed, dvs. kalkulerede risici og afhjælpende tiltag ved renovering af kritiske komponenter
- ✓ Skærpet fokus på fysisk sikring af anlæg

ROBUSTHED

- ✓ Investering i systembærende enheder.
- ✓ Udvikling og anvendelse af nye kontrol- og beskyttelsesfunktioner på elsystemets produktions- og forbrugsanlæg
- ✓ Udvikling af kompetencer til integration af elsystemets nye komplekse anlæg
- ✓ Tæt samarbejde med systemoperatører, anlægsudviklere og forskningsmiljøet

IT-SIKKERHED

- ✓ Løbende udvikling af præventiv beskyttelse, overvågning, håndtering af afvigelser og styrkelse af beredskabet
- ✓ Energinet danner nyt digitalt driftsfundament til forsyningskritiske systemer med høje sikkerhedsstandarder
- ✓ Fokus på medarbejdernes sikkerhedsbevidsthed, herunder awareness-kampagner
- ✓ Digital driftsplatform der gør det nemmere at modtage digitale løsninger i kontrolrummet

ELDISTRIBUTIONSNETTENE

- ✓ Forstærkning og udbygning af nettet for at håndtere stigende elforbrug og VE-elproduktion
- ✓ Reinvesteringer for at vedligeholde aldrende net
- ✓ Fjernbetjente og -overvågede netstationer for at sikre hurtig fejlretning
- ✓ Asset management og digitalisering mhp. optimering af ressourceindsats
- ✓ Fleksibelt forbrug, fx via tidsdifferentierede tariffer og frivillige afbrydelighedsaftaler

ELMARKED

- ✓ Analyse af forudsætninger og muligheder ved en kapacitetsmekanisme
- ✓ Information til elforbrugere og aktører mhp. at aktivere fleksibelt forbrug og balanceringsressourcer
- ✓ Ny intelligent og dynamisk dimensioneringsmetode i Norden af FRR-reserver

Ovenfor fremhæves nogle af de væsentligste tiltag til at understøtte planlægningsmålet. Effekten af tiltagene viser sig typisk først over tid, og nye og yderligere tiltag kan blive nødvendige. Store investeringer og en målrettet udvikling af nye værktøjer vurderes som nødvendige for at sikre nettilstrækkelighed og systemstabilitet, herunder de aktuelle udfordringer i forhold til IT-sikkerhed. Energinet følger anbefalingen fra Energistyrelsen om en skærpet opmærksomhed på sikkerheden ved fysiske anlæg.

STATUS PÅ ELFORSYNINGSSIKKERHEDEN

De danske elforbrugere har i de sidste ca. 10 år oplevet i gennemsnit ca. 20 afbrudsminutter pr. år, svarende til en elforsyningssikkerhed på 99,994 pct. I 2023 var antallet af afbrudsminutter dog lidt højere og landede på 29,7 minutter, hvilket især skyldes en hændelse i elnettet, som opstod grundet dårlige vejrforhold (stormflod i oktober). Ses der bort fra hændelsen er antallet af afbrudsminutter i 2023 på niveau med antallet for 2022. Såfremt ekstreme vejrforhold bliver hyppigere i fremtiden, vil der være usikkerheder for elnettet forbundet med disse. Vind og sol udgør den største andel af det samlede danske elforbrug og udgjorde i 2023 62 pct. Den stigende andel vedvarende energi kræver større omkostninger til balancering af elnettet, og Energinets omkostninger til systemydelser lå i 2023 lidt under niveauet for 2022 med ca. 2.300 mio. kr. I det seneste år, 2023, har der været 2 beredskabshændelser, men ingen IT-hændelser, skærpet drift eller nøddrift, som har forårsaget egentlige afbrud. Der kan læses mere om beredskabshændelser, skærpet drift og nøddrift i bilag 1 afsnit 1.3.

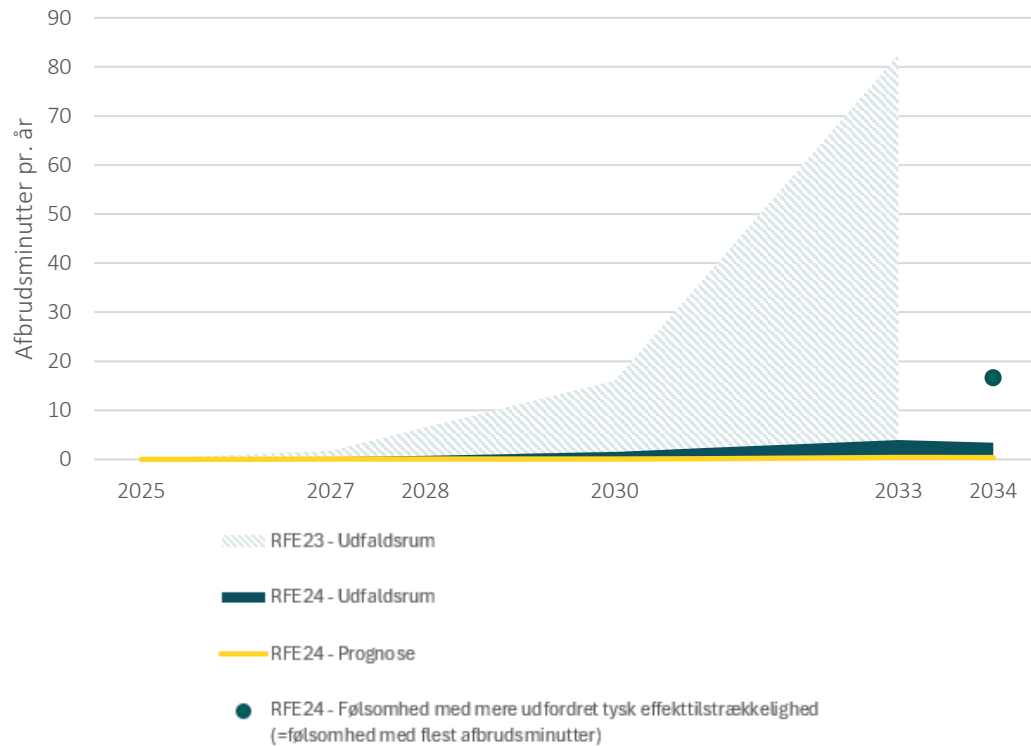
AFBRUDSMINUTTER I HELE ELSYSTEMET Gns. antal afbrudsminutter pr. elforbruger [Minutter]  2023 : 30 2022: 25* 2021: 22	AFBRUD RELATERET TIL ELTRANSMISSIONSNETTET Forbrugsvægtede afbrudsminutter [Minutter]  2023: 1 2022: 2 2021: 0,7	VIND OG SOLS ANDEL AF ÅRETS ELFORBRUG [%]  2023: 63 2022: 60 2021: 47	OMKOSTNINGER TIL SYSTEMYDELSER [Mio. kr.]  2023 : 2.334 2022: 2.741 2021: 1.413
BEREDSKABSHÆNDELSER [Antal hændelser]  2023 : 2 2022: 4 2021: 2	IT-HÆNDELSER Der har forårsaget afbrud [Antal hændelser]  2023: 0 2022: 0 2021: 0	SKÆRPET DRIFT [Antal hændelser]  2023: 0 2022: 0 2021: 0	NØDDRIFT [Antal hændelser]  2023: 0 2022: 0 2021: 0

*Justeret fra 24 minutter i Redegørelsen for Elforsyningssikkerhed 2023. Læs mere i bilag 1.

A full-page background image featuring a young boy in a blue shirt and dark pants running across a grassy field, reaching up towards a black ball suspended in the air. In the background, several high-voltage power line towers and their associated cables stretch across a landscape under a blue sky with scattered white clouds. On the right side of the image, there is a white, semi-transparent geometric overlay consisting of a complex network of interconnected lines forming a series of triangles and polygons, resembling a wireframe or a digital mesh. The overall composition suggests a theme of reaching for goals or the intersection of nature and technology.

EFFEKTILSTRÆKKELIGHED

Afbudsminutter RFE23 vs RFE24



Figuren viser antal afbudsminutter relateret til effekttilstrækkelighed (effektminutter) efter anvendelse af balanceringsreserver, se nærmere herom på side 10 og 13. Det skal understreges at fremskrivninger af effekttilstrækkelighed generelt er forbundet med usikkerhed. Beregninger og resultater er nærmere beskrevet i bilag 2.1 og 2.2. Bemærk, at resultater for mellemliggende år ikke er beregnet. Forskelle mellem redegørelsen 2023 og 2024 uddybes i bilag 2.2. I samme bilag fremgår Energinets følsomhedsanalyser.

TO SCENARIER FOR UDVIKLINGEN I EUROPA

Effekttilstrækkeligheden belyses for to forskellige scenarier for udviklingen i det europæiske energisystem. De danske forudsætninger er ens på tværs af de to scenarier. De to udlandsscenarier er baseret direkte på ENTSO-E's europæiske effekttilstrækkelighedsvurdering ERAA 2023. De betegnes A-central reference og B-følsomhed og de adskiller sig blandt andet ved, at der er ca. 16 GW mindre regulerbar produktionskapacitet i det europæiske elsystem i scenarie B. Redegørelsen læner sig op ad scenarie A.

EFFEKTILSTRÆKKEIGHED – TÆT FORBUNDET MED NABOLANDE

Risikoen for at opleve afbød i det danske elsystem som følge af effektmangel forventes at stige de kommende år. Sammenlignet med sidste års redegørelse beregnes den absolutte risiko dog væsentlig mindre bl.a., fordi risikoen for effektmangel i Danmarks nabolande beregnes mindre. Men tendenserne er de samme for det europæiske elsystem og det danske. Den regulerbare elproduktionskapacitet forventes at falde samtidig med at elforbruget øges.

For Danmark udspænder de to anvendte scenarier et udfaldsrum mellem 0 og 3 afbudsminutter i 2034. Der forventes, på trods af dette års lavere niveau for afbudsminutter, at blive behov for at iværksætte tiltag for at imødegå den stigende risiko. Behovet for tiltag er usikkert og afhænger i høj grad af udviklingen i det samlede europæiske elsystem, da Danmark i situationer med begrænset elproduktion fra vind og sol vil være afhængig af import af strøm fra udlandet.

Dansk effekttilstrækkelighed skal ses i et europæisk perspektiv

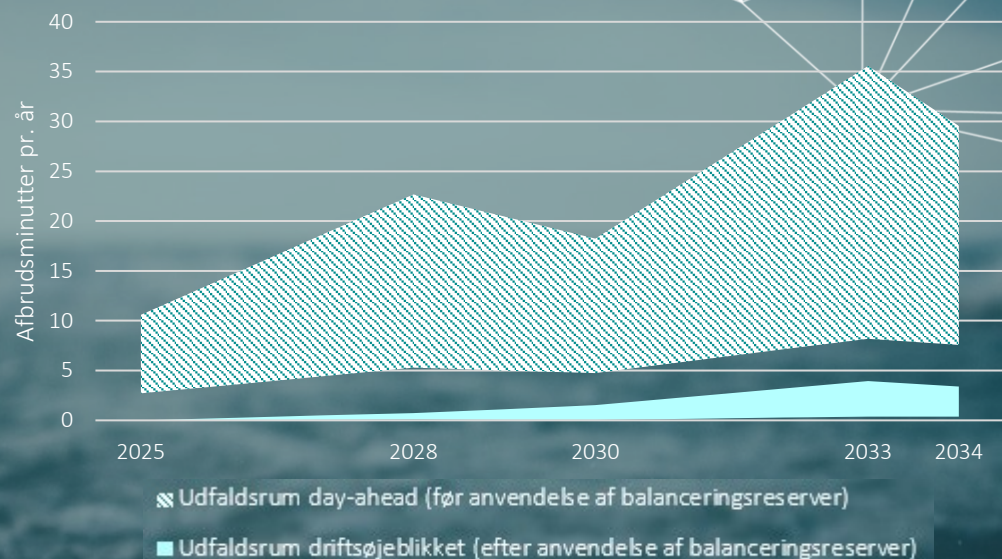
Et af de elementer, der er særlig stor usikkerhed om, og som har stor indflydelse på den danske effekttilstrækkelighed, er udviklingen i regulerbar forbrugs- og produktionskapacitet i både Danmark og specielt Danmarks nabolande.

ENTSO-E's analyser i [European Resource Adequacy Assessment 2023](#) peger på, at der generelt i det europæiske elsystem ikke er incitament til og sikkerhed for tilstrækkelig regulerbar forbrug og produktion til at opretholde effekttilstrækkeligheden.

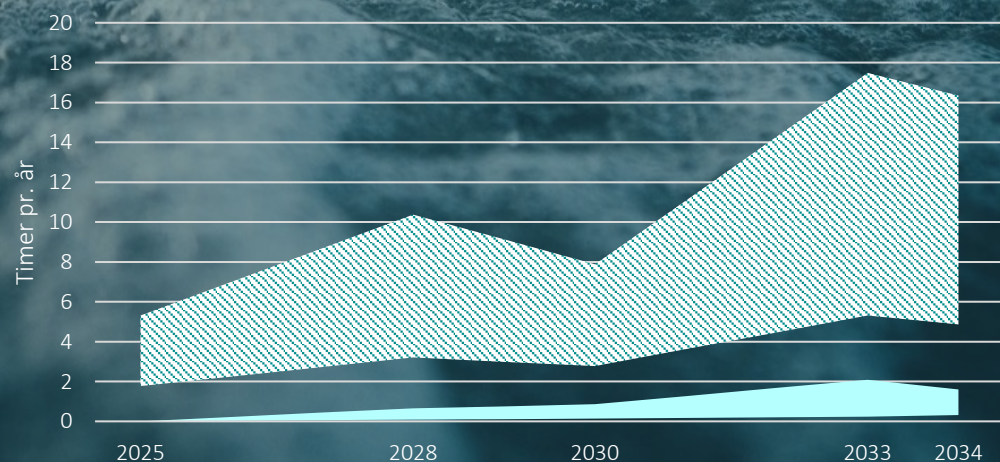
Den danske effekttilstrækkelighed er i meget høj grad afhængig af udviklingen i omkringliggende landes effektsituation. Det understreges af Energinets analyser både i årets og sidste års redegørelse. Forskellen mellem sidste års resultater og dette års resultater skal også findes i, at risikoen for effektmangel i de omkringliggende lande vurderes væsentligt lavere end sidste år.

Effekttilstrækkelighedsudfordringerne er således en fælles europæisk udfordring, som løses bedst i fællesskab.

Effektudfordringer før/efter anvendelse af balanceringsreserver



Timer berørt af effektknaphed før/efter anvendelse af balanceringsreserver



Udfaldsrummene er baseret på scenarierne A og B fra ERAA23, se beskrivelse på side 9. Scenarie A giver generelt den nedre værdi i udfaldsrummene, mens scenarie B giver den øvre værdi. Resultaterne angiver et gennemsnit på tværs af vejrår. Timer berørt af effektknaphed betegnes også LOLE (Loss of Load Expectation).

Dok. 24/00496-27 Offentlig/Public

UDFORDRINGER I DAY-AHEAD MARKEDET OG I DRIFTSØJEBLIKKET

Reserver til balancering af elsystemet anvendes forud for afkobling af elforbrugere

Balanceringsreserver er kapacitet, der indkøbes for at kunne balancere forbrug og produktion i driftsøjeblikket, fx ved pludselige udfald i elsystemet, eller hvis der ikke er så stor produktion fra vind og sol som forventet. Reservernes primære formål er ikke at understøtte effektilstrækkeligheden. Energinet vil dog aktivere disse reserver inden afkobling af elforbrugere i en presset effektilstrækkelighedssituation. Reserverne kan kun anvendes én gang, og hvis de aktiveres for at opretholde effektilstrækkeligheden efterlades systemet mere sårbart, da reserverne ikke efterfølgende kan anvendes til balancering. For at vurdere tilstrækkeligheden af effekt i forhold til den samlede forsyningssikkerhed er det derfor også relevant at vurdere effektilstrækkeligheden i fx day-ahead markedet.

Den øverste figur til venstre viser effektudfordringer både før og efter anvendelse af balanceringsreserver. Fx viser Energinets analyser, at afbudsminutterne i 2034 vil være i intervallet 8-30 minutter uden anvendelse af balanceringsreserverne mod 0-3 minutter efter anvendelse af balanceringsreserver.

Flere timer med høje elpriser

Den nederste figur til venstre viser antallet af timer berørt af effektknaphed ligeledes før og efter anvendelse af balanceringsreserver. Fx viser Energinets analyser, at der i 2034 vil være 5-16 timer i day-ahead markedet med effektknaphed og derved en rå elpris (uden afgifter, tariffer og moms) på 30 DKK/kWh.



Day-ahead markedet

I day-ahead elmarkedet vil det ca. et døgn før driftsøjeblikket blive tydeliggjort, om der forventes tilstrækkelig elproduktion til at dække elforbruget hver time den kommende dag. Hvis det ikke er tilfældet, vil elprisen blive meget høj (fastlagt makspris i dag: 30 DKK/kWh) i disse timer. Effektilstrækkelighed i day-ahead markedet leder ikke nødvendigvis til ufrivillig afkobling af elforbrugere.



Driftsøjeblikket

Frem mod driftsøjeblikket vil der fortsat være en række håndtag og processer, som kan betyde, at elforbrugere ikke oplever afbuds i elforsyningen. Et af håndtagene er de balanceringsreserver, som Energinet indkøber hver time til at håndtere pludselige ubalancer mellem forbrug og produktion. Aktiveres balanceringsreserverne på grund af systemmæssig effektilstrækkelighed, så kan de ikke også aktiveres ved ubalancer, fx pludselige fejlslagne vindprognoser.

DANSK EFFEKTTILSTRÆKKELIGHED I ET INTERNATIONALT PERSPEKTIV

Et stærkt forbundet Europa understøtter effektiv udnyttelse af ressourcer

Et stærkt forbundet europæisk elsystem er en forudsætning for, at vedvarende energiresourcer kan udnyttes bedst muligt på tværs af lande, når de er tilgængelige i både tid og geografi. Tilsvarende muliggør gode udlandsforbindelser, at regulerbar elproduktion i højere grad kan deles mellem flere lande i de perioder, hvor de vedvarende energiresourcer er knappe.

Energinets analyser viser, at udlandsforbindelser generelt er et bærende element for den danske effekttilstrækkelighed via import af strøm, når den danske elproduktion fra sol og vind er lille. I hvor høj grad de danske udlandsforbindelser understøtter effekttilstrækkeligheden i den enkelte time afhænger af situationen i Europa. Er der overskydende energi i vores nabolande og i Europa generelt, bidrager forbindelserne i høj grad til den danske effekttilstrækkelighed, men er effekten knap i det europæiske system, er billedet et andet.

Energinets analyser viser ligeledes, at det danske elsystem ventes at være så godt forbundet til vores nærmeste nabolande i 2034, at nye udlandsforbindelser eller det at fjerne en enkelt forbindelse ikke i sig selv påvirker en gennemsnitsbetragtning af den danske effekttilstrækkelighed betydeligt.

Deling af effektudfordringer på tværs af landegrænser

Ved samtidighed af effektudfordringer i flere lande i day-ahead elmarkedet vil den tilgængelig elproduktion og fleksibilitet blive fordelt mellem de lande, som har behov for import for at dække elforbruget i den enkelte time. Markedsmekanismen betegnes curtailment sharing. Mekanismen betyder bl.a., at ekstra fleksibilitet fra produktion og

forbrug i Danmark i day-ahead elmarkedet vil understøtte den fælles europæiske effekttilstrækkelighed og ikke kun den danske. Tilsvarende vil ekstra ressourcer i Danmarks omkringliggende lande også understøtte den danske effekttilstrækkelighed.

Behov for dansk kapacitet er tæt koblet til europæiske løsninger

Som et relativt lille land i det europæiske elsystem påvirkes dansk effekttilstrækkelighed betydeligt af den forventede udvikling i vores nabolande. Energinets analyser viser, at hvis omkringliggende lande sikrer egen effekttilstrækkelighed, løses udfordringerne i Danmark også, mens hvis det modsatte er tilfældet, er der behov for nationale danske tiltag. Uafhængigt af udlandet falder den danske selvforsyningsgrad og det danske behov for import forventes at stige i de mest ekstreme timer frem mod 2034.

Det er således nødvendigt at betragte behovet for dansk kapacitet i et internationalt perspektiv og i tæt samarbejde med vores nabolande understøtte en fælles omkostningseffektiv sikring af effekttilstrækkeligheden på tværs af landegrænser.

I Danmarks nabolande er der også opmærksomhed på de fremtidige effekttilstrækkelighedsudfordringer. Fx planlægger den tyske regering at etablere et kapacitetsmarked fra 2028 for at sikre effekttilstrækkeligheden. Særligt udviklingen i den tyske effekttilstrækkelighed er væsentlig for den danske effekttilstrækkelighed. Fx vurderes den største værdi i udfaldsrummet for de danske afbrudsminutter i 2034 at være 17 frem for 3, hvis det forventede fremtidige tyske elforbrug øges med 10% i forhold til antagelserne i basisberegningerne.

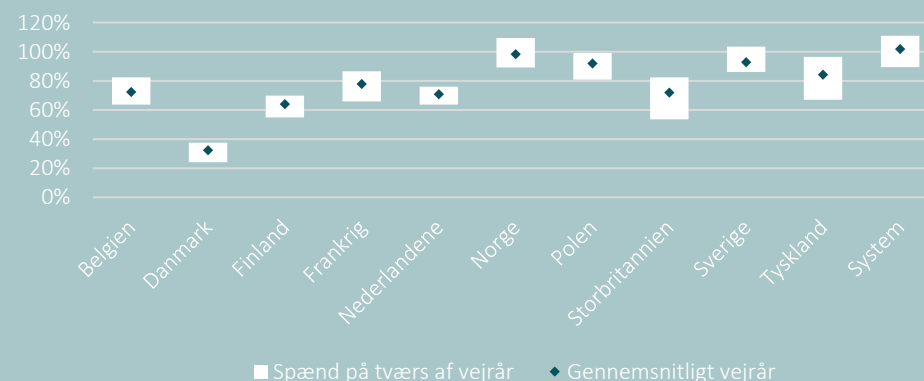
Læs mere om de detaljerede analyser i bilag 2.2.

DEEP-DIVE: Dansk importbehov sammenlignet med omkringliggende lande

Danmark vil i betydeligt omfang være afhængig af import i fremtiden for at kunne dække elforbruget på et hvert tidspunkt året rundt. Det maksimale importbehov estimeres til 7-11 GW i 2034 afhængigt af de anvendte forudsætninger. I 2034 forventes den danske importkapacitet at være ca. 14 GW. Til sammenligning vurderes det maksimale importbehov i 2025 at være ca. 1-3 GW, mens importkapaciteten forventes at være ca. 9 GW. Disse importbehov er inklusiv reserver. I day-ahead markedet vil behovet af den grund være større.

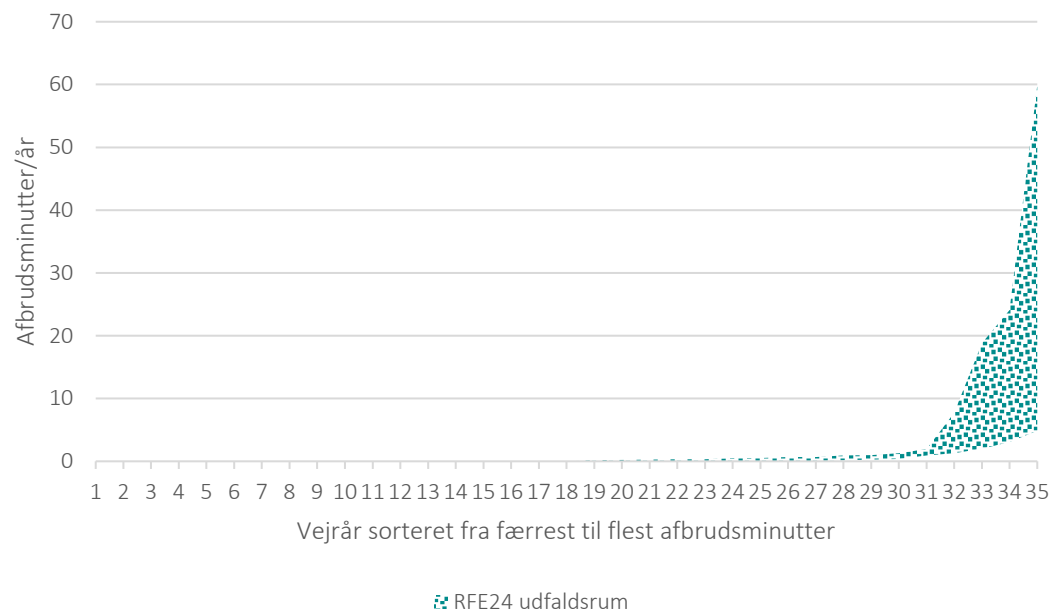
Sammenlignet med omkringliggende lande vil Danmark i 2034 forventeligt have det største importbehov relativt til det indenlandske elforbrug i de mest ekstreme timer i løbet af året - se figuren til højre, der viser hvor stor en andel af forbruget hvert af de enkelte lande kan dække med indenlandsk produktion i de mest knappe timer. Det underbygger, at Danmark i særlig grad forventes eksponeret over for risikoen for effektmangel i omkringliggende lande. Årsagen til det relativt store importbehov er lav regulerbar produktionskapacitet i Danmark sammenlignet med det ikke-fleksible indenlandske elforbrug.

Selvforsyningsgrad i den mest knappe time i 2034



Selvforsyningsgrad inkl. nationale reserver i scenarie B. System dækker alle ti lande set samlet uden hensyntagen til flaskehalse mellem landene.

Afbrudsminutter i Danmark pr. vejrår



HØJERE ELPRISER FORØGER FORBRUGSFLEKSIBILITETEN

Høje elpriser vil alt andet lige tilskynde til, at forbrugere reducerer elforbruget, og at al tilgængelig elproduktion bydes ind i elmarkedet. Dette vil medvirke til at understøtte effekttilstrækkeligheden.

Det nuværende prisloft på 30.000 DKK/MWh i day-ahead elmarkedet vurderes at ligge under værdien af strømmen for en række forbrugere, dvs. under forbrugernes VoLL (Value of Lost Load). Prisloftet afspejler således ikke den faktiske betalingsvillighed for alle forbrugere, og med et højere prisloft må der umiddelbart forventes en større forbrugsfleksibilitet og dermed en bedre understøttelse af effekttilstrækkeligheden. Prisloftet reguleres via EUs elmarkedsregler.

RISIKO TÆT KOBLET TIL VEJRET

Beregningsresultaterne præsenteret på side 9 viser afbrudsminutterne i et gennemsnitligt vejrår. Men risikoen for effektmangel vil i høj grad afhænge af vejret i Danmark og Europa i det enkelte år og de enkelte timer i løbet af året.

Vejrets betydning for effekttilstrækkeligheden

Effekttilstrækkeligheden forventes i stigende grad at blive særligt følsom over for specifikke vejrfænomener, der skaber dårlige vilkår for elproduktion fra vedvarende energikilder som vind og sol. Basisresultaterne i redegørelsen udtrykker en gennemsnitsbetragtning på tværs af 35 forskellige historiske vejrår og dækker derfor en lang række forskellige vejrforhold, såsom perioder med fx forskellige grader af koldt og vindfattigt vejr. I nogle vejrår kan udfordringerne med effekttilstrækkeligheden derfor også blive betydeligt værre end gennemsnitsresultaterne vist her. Omvendt vil der i andre vejrår være færre eller ingen udfordringer med effekttilstrækkeligheden. Den maksimale elmangel i 2034 kan således spænde fra 0-2 GW i day-ahead afhængigt af vejrår.

Energinet's beregninger viser jævnfør figuren til venstre, at afbrudsminutterne kan variere fra 0-60 afbrudsminutter i 2034 afhængigt af vejrår. Yderligere viser resultaterne, at det kun er ca. 1/3 af de anvendte vejrår, som vil medføre afbrudsminutter, mens der i de resterende vejrår ikke beregnes afbrudsminutter i basisberegningerne.

Risiko for dyr strøm i pressede vejr situationer

Et andet væsentlig resultat er, at i vejrårene med størst risiko for effektmangel kan den rå elpris (uden afgifter, tariffer og moms) blive meget høj og lig prisloftet i day-ahead elmarkedet op mod 120 timer i 2034 – det indtræffer i ét af 35 vejrår. I et gennemsnitligt vejrår estimeres 16 timer, hvor den rå elpris rammer prisloftet. I dag er prisloftet ca. 30.000 DKK/MWh i day-ahead-elmarkedet. Til sammenligning var den maksimale rå elpris i Danmark i forbindelse med energikrisen i 2022-2023 ca. 6.500 DKK/MWh.

VIGTIGE HÅNDTAG, HVIS EN FORSYNINGSKRISE OPSTÅR

Elproduktion og elforbrug matches hver dag i elmarkedet. Hvis udbuddet er lavt og efterspørgslen stor, stiger priserne som i andre markeder. Energinets indkøb af reserver sikrer kapacitet til backup og balancering af elsystemet.

Hvis der trods balanceringsreserver, og hvis alle andre muligheder er udtømte, fx særaftaler med nabolande, alligevel er risiko for en forsyningskrise og afkobling af elforbrugere, så igangsættes en procedure for kontrolleret forbrugsafkobling.

Reserver kan kun bruges én gang

Balanceringsreserverne aFRR og mFRR kan anvendes til at løse ubalancen mellem produktion og forbrug. Det betyder, at Energinet i timer med manglende produktion kan aktivere reserver, før der eventuelt igangsættes forbrugsafkoblinger.

Energinets aFRR- og mFRR-reserver indkøbes med det formål, at systemet skal kunne udjævne ubalancer og modstå pludselige udfald af største enhed (såkaldte N-1 hændelser). Reserverne kan anvendes én gang og hvis de aktiveres i situationer med effektknaphed kan de ikke samtidigt anvendes til at balancere systemet, hvis der senere opstår pludselige udfald eller fejl.

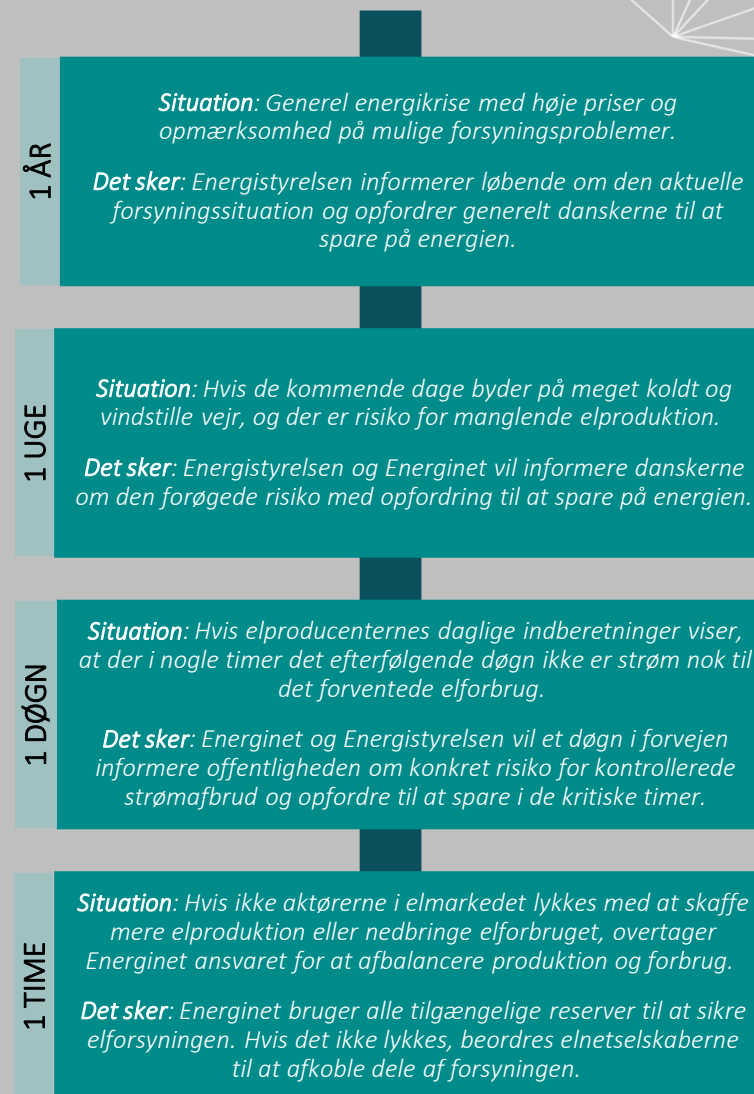
Derfor går man principielt på kompromis med N-1 sikkerheden i systemet, hvis reserver anvendes til at løse effektilstrækkelighedsudfordringer. Hændelser med udfald, fejl eller kortslutninger kan risikere efterfølgende at skulle håndteres ved hjælp af kontrollerede forbrugsafkoblinger, hvis reserverne er udtømt til understøttelse af effektilstrækkeligheden.

SÅDAN FOREGÅR EN KONTROLLERET FORBRUGSAFKOBLING (BROWNOUT)

1. Energinet kontakter de lokale elnetselskaber med besked om, hvor mange procent elforbruget skal begrænses for at undgå ubalance mellem produktion og forbrug.
2. Netselskaberne beslutter, hvilke elforbrugere der skal afkobles i deres område. Alle netselskaber har planer liggende klar til disse situationer.
3. Forbrugerne vil maksimalt stå uden strøm i to timer. Varer strømafbrydelsen længere, bliver forbrugerne koblet på nettet igen, mens netselskabet afbryder andre forbrugere.
4. Ingen mister således strømmen mere end to timer ad gangen. Dette princip kaldes rullende brownout og vil køre, indtil elproduktionen igen kan dække hele elforbruget.



FASERNE FREM MOD EN KONTROLLERET FORBRUGSAFKOBLING



A photograph of two women walking on a grassy path between rows of solar panels. The sky is overcast with grey clouds. A white geometric line pattern, resembling a wireframe or network, is overlaid on the right side of the image. The text 'ELMARKED & EFFEKTILSTRÆKKELIGHED' is written in white, sans-serif capital letters across the middle of the image.

ELMARKED & EFFEKTILSTRÆKKELIGHED

BEHOV FOR NYE OG FLERE RESERVER

Allerede i dag er der udfordringer med balancering af elsystemet og i takt med at en større andel el kommer fra vind og sol, og at elforbruget ventes at stige kraftigt vil der både opstå større ubalancer og større udfald. Samtidig vil nogle af de traditionelle leverandører af systemydelser – termiske kraftværker – driftes i færre og færre timer eller ligefrem lukke. Det bliver derfor de mest konkurrencedygtige kraftværker, der sammen med grønne kilder som vind, sol og forbrugsfleksibilitet, skal balancere systemet i fremtiden.

Omkostningerne til indkøb af systemydelser til balancering forventes derfor også at stige i takt med, at energisystemet baseres på vedvarende energi grundet det voksende behov og det ændrede leverandørbillede. Internationale samarbejder om aktivering og dimensionering af reserver samt dynamisk dimensionering af reserver skal sikre omkostningseffektivitet i fremskaffelsen af balanceringsreserver.

Risikoen for at mangle effekt relaterer sig både til spørgsmålet om at have nok effekt i day-ahead markedet til at dække efterspørgslen på strøm, men også til hvorvidt der er tilstrækkelige balanceringsreserver. Der er en hastigt voksende risiko for, at de tilgængelige ressourcer i særligt balancemarkederne i dag ikke er tilstrækkelige til at opretholde en tilfredsstillende balanceringssevne og effekttilstrækkelighed.

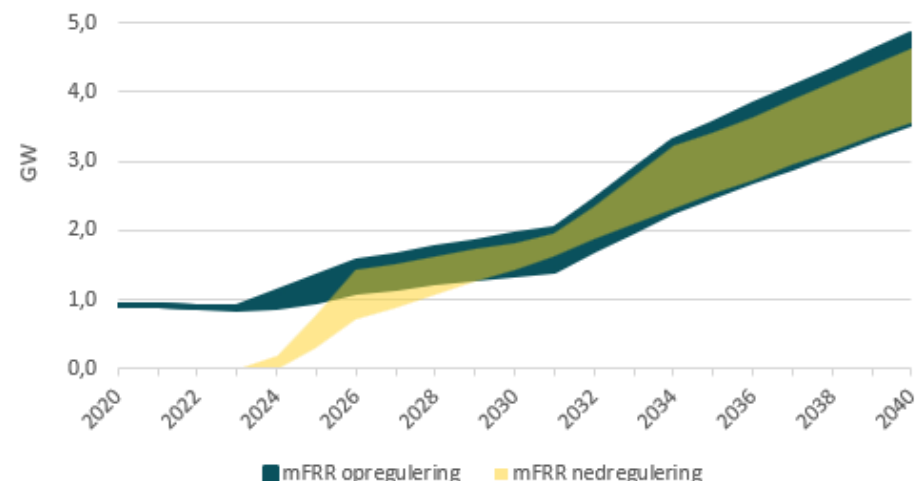
Anvendelse af reserver til at dække et energiunderskud i en situation med effekttilstrækkelighed vil gøre systemet meget sårbart over for udfald og ubalancer, der i sidste ende kan lede til brown-outs og worst case black-outs.

Nye dimensioneringsmetoder til reserveindkøb

Fra begyndelse af 2025 forventer Energinet at anvende nye og mere avancerede dimensioneringsmetoder til indkøb af reserver. Metoden sikrer reserver til at håndtere ubalancer og udfald samtidigt, og optimerer behovet på tværs af landegrænser ved at anvende deling af reserver med nordiske naboområder og udligning af modsatrettede ubalancer (netting). Derudover vil det være muligt at anvende en mere dynamisk planlægning af indkøb med løbende behovsvurderinger og tilpasninger til forventede ubalancer og markedsforhold baseret på prognoser for det kommende driftsdøgn.

De store mængder VE og deraf voksende prognosefejl og ubalancer betyder, at Energinet kommer til at indkøbe flere balanceringsreserver end det nuværende niveau (ca. 1000 MW/h i alt for DK1 og DK2). Indkøbet vil især øges i perioder, hvor der forventes store ubalancer, hvilket formodes at være særligt i vind- og solrige perioder.

Estimeret behov for mFRR reserver i Danmark

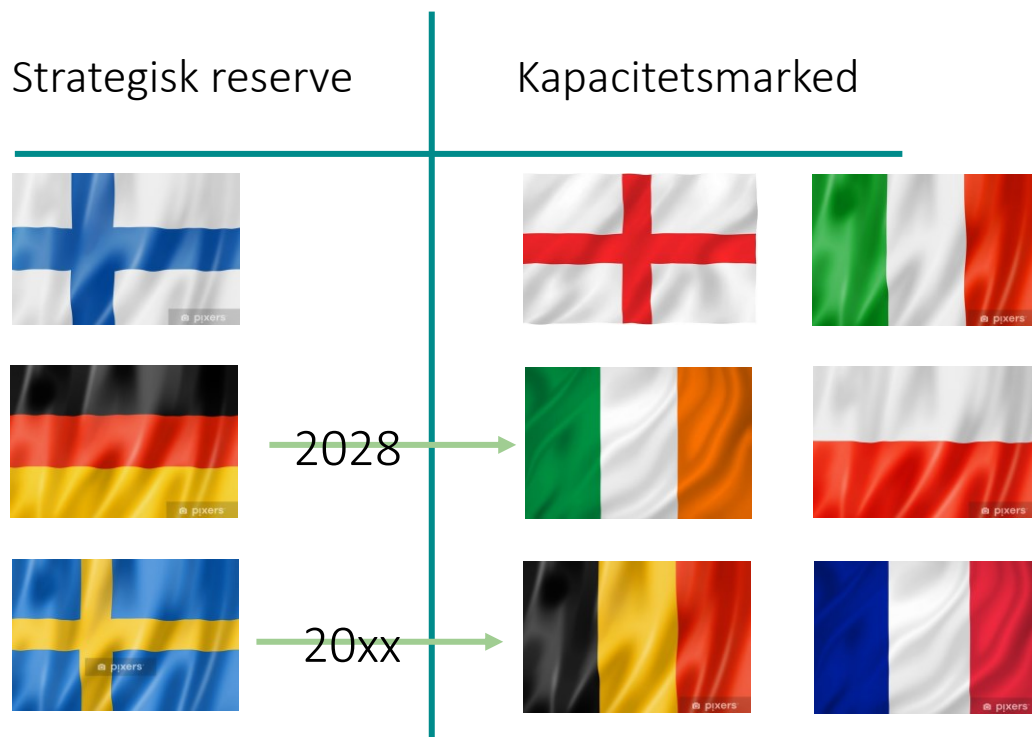


Hvordan påvirker de nye dimensioneringsmetoder elforsyningsikkerheden?

Generelt vil skiftet til en mere intelligent proces i sig selv medføre en forbedret elforsyningsikkerhed, på grund af forbedrede fremskrivninger, optimeret adgang til reserver i naboområder samt flere auktioner – hvilket forventes at resultere i et større udbud af reserver.

Forventeligt øges indkøbet særligt i perioder med høj VE-produktion, hvor udbuddet i disse perioder således vil blive stimuleret. I perioder med lav VE-produktion forventes niveauet at være tilsvarende det nuværende. Dermed må det formodes, at de nye dimensioneringsmetoder kun vil få en mindre stimulerende økonomisk effekt for de vejruafhængige produktionsanlæg og dermed kun en beskeden langsigtet påvirkning på forsyningsikkerheden i situationer med effektknaphed.

LANDE MED KAPACITETSMEKANISME I DAG



KAPACITETSMEKANISME OG PÅLIDELIGHEDSSTANDARD

Danmark skal have en pålidelighedsstandard før en eventuel kapacitetsmekanisme kan statsstøttegodkendes hos EU. En pålidelighedsstandard udtrykkes ved *Loss Of Load Expectation (LOLE)*, der angiver det forventede antal timer på et år med manglende effekttilstrækkelighed. Et lands pålidelighedsstandard bestemmes ved forholdet mellem *Cost Of New Entry (CONE)* og *Value Of Lost Load (VOLL)*. Den beregnede pålidelighedsstandard er et udtryk for det samfundsøkonomisk optimale niveau af effekttilstrækkelighed, hvor den marginale omkostning ved ny kapacitet er lig den marginale omkostning ved ikke-leveret energi.

Energistyrelsen har ansvaret for at beregne en dansk pålidelighedsstandard via bestemmelse af danske værdier for VOLL og CONE. Dansk VOLL er estimeret til 174 DKK/kWh, mens CONE endnu ikke er fastlagt. Foreløbige beregninger fra Energistyrelsen antyder en dansk pålidelighedsstandard på ca. 1-2 timer/år. Omkringliggende lande har en pålidelighedsstandard på 1-8 timer/år.

Bemærk, at pålidelighedsstandarden (timer/år) og det nuværende danske planlægningsmål angivet i afbrudsminutter (min./år) ikke kan sammenlignes og ikke er givet ved et fast forhold. Hvordan potentielt to forskellige mål for effekttilstrækkelighed skal håndteres samtidigt er endnu uafklaret.

EN DANSK KAPACITETSMEKANISME KAN FORTSAT BLIVE RELEVANT

Hvad sker der i de omkringliggende lande

Flere europæiske lande forventer de kommende år udfordringer med at opretholde effekttilstrækkelighed på det ønskede niveau. Flere lande arbejder derfor på at indføre en kapacitetsmekanisme eller ændre eksisterende mekanismer. I dag findes der kapacitetsmarkeder i bl.a. England, Italien, Irland, Polen og Belgien, som vist i figuren. Tyskland, Sverige og Finland har derimod en strategisk reserve. Det forventes dog at Tyskland vil overgå til et kapacitetsmarked i 2028, mens den svenske systemoperatør, SvK, ligeledes har anbefalet at skifte til et kapacitetsmarked.

Behov for regulerbar produktionskapacitet

Behovet for kapacitetsmekanismer begrundes som udgangspunkt med, at der inden for det eksisterende elmarked ikke er tilstrækkeligt økonomisk incitament og profitabilitet til, at der på markedsvilkår foretages tilstrækkelige investeringer, selvom der samfundsmæssigt er en betalingsvillighed. Dette kaldes *The missing money problem*. Med en kapacitetsmekanisme kan der via konkurrencebaserede auktioner udbetales rådighedsbetaling til kapacitet, der har evnen til at levere effekt i mangelsituationer eller til forbrugere, der i sådanne situationer er villige til at reducere forbruget. En kapacitetsmekanisme er statsstøtte og skal derfor godkendes af EU-Kommissionen.

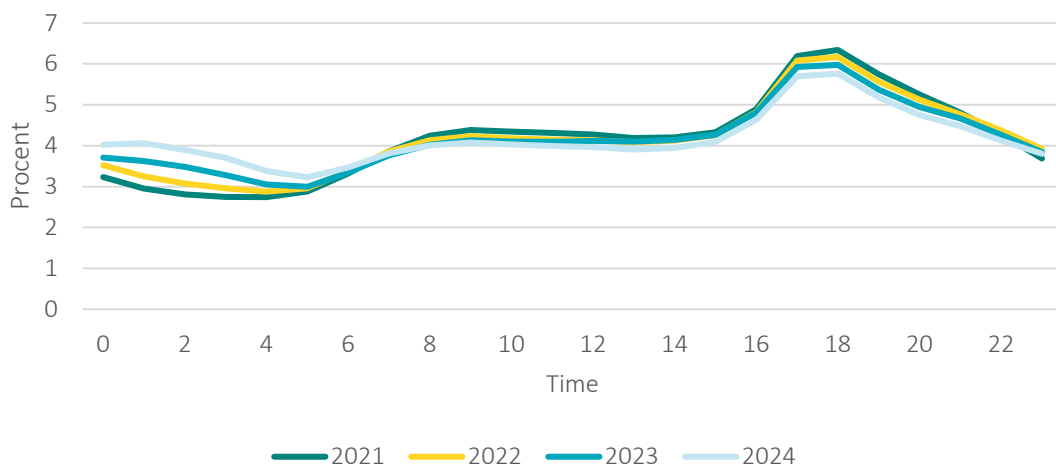
Kapacitetsmekanismer har hidtil været betragtet som midlertidige foranstaltninger, men den seneste reform af det europæiske elmarked fra maj 2024 understøtter, at kapacitetsmekanismer kan være en mere permanent del af elmarkedet.

Indledende analyser

I 2023 igangsatte Energinet sammen med Energistyrelsen en analyse af forudsætningerne og mulighederne for potentielt at etablere en kapacitetsmekanisme i Danmark, herunder fordele og ulemper ved forskellige varianter af kapacitetsmekanismer, under hensyntagen til påvirkning af de øvrige markeder. Det er vigtigt at en eventuel kapacitetsmekanisme samlet set på tværs af markeder sikrer additional kapacitet. Arbejdet er langvarigt og vil fortsætte i både 2025 og 2026, såfremt det besluttet at ansøge om statsstøttegodkendelse.

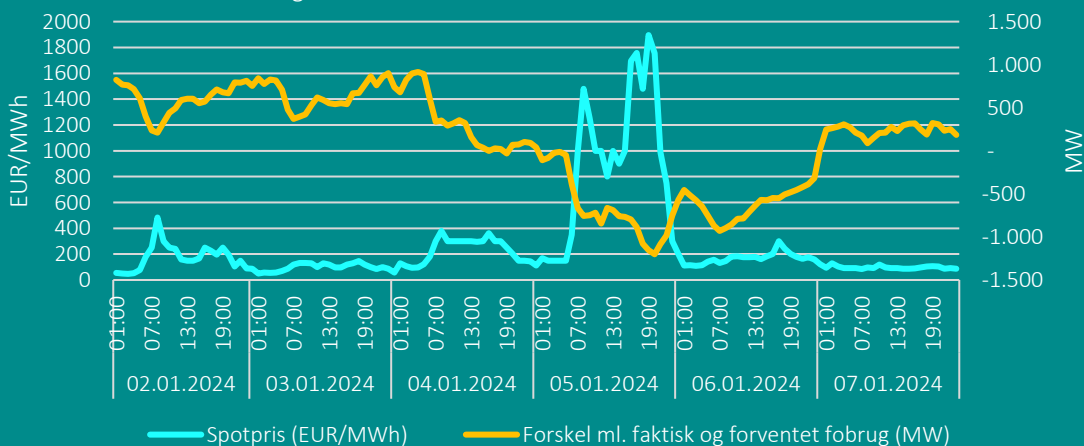
Sideløbende arbejder Energinet for at sikre bedst mulig effekttilstrækkelighed gennem udbygning og forbedring af det eksisterende elmarked, således at et eventuelt statsstøttebehov reduceres mest muligt. Dette dækker bl.a. over øgede reserveindkøb, som kan genere yderligere indtægt gennem markedet og også medvirke til at fleksibilitetspotentialet i fx PtX realiseres. Andre tiltag såsom implementering af aggregatorer sigter på, at forbrugerne skal kunne agere fleksibelt. Herudover forventes implementeringen af flowbased kapacitetsberegning i oktober 2024 også at bidrage til bedre udnyttelse af elnettet og understøtte, at der kan flyttes mere strøm.

Fordeling af privatforbrug over døgnet



CASE FRA FINLAND

Den. 5. januar 2024 opstod en situation i Finland, hvor prisen i en sammenhængende periode på 16 timer lå mellem 800 og 1.700 EUR/MWh. Forbrugsdata viser, at forbruget i dagtimerne i Finland den 5. januar var ca. 0,8 til 1,2 GW mindre end det forventede forbrug, svarende til 5-9 %. Eksemplet viser, at der i tilfælde med meget høje priser kan forventes en forbrugsreaktion, og at reaktionen kan være længerevarende.



FORBRUGSFLEKSIBILITET

Markedsdesignet skal understøtte fleksibilitet

Et væsentligt element i at realisere forbrugsfleksibilitet er, at forbrugerne eksponeres for udsving i elprisen. På den måde tilskyndes en fleksibel adfærd, motiveret gennem økonomiske incitamenter. Energinet har over en årrække arbejdet aktivt på at tilvejebringe de markedsdækkende rammer, der skal understøtte øget fleksibilitet. Dette inkluderer bl.a., at alle forbrugere nu har elmålere, der kan aflæses på timeniveau, ligesom tidsdifferentierede tariffer giver yderligere tilskyndelse til fleksibilitet i forbrug.

Forbrugsfleksibilitet betyder noget for effekttilstrækkeligheden

Omfanget af forbrugsfleksibilitet er et ikke-uvæsentligt element i beregningerne for den fremtidige effekttilstrækkelighed. Følsomhedsberegninger i bilag 2.2 viser, at risikoen for at mangle effekt falder fra 16 til 11 timer berørt af effektmangel, hvis elforbrugere og nye forbrugsanlæg som fx PtX agerer mere fleksibelt end antaget. Dette understøttes af eksemplet fra Finland, hvor forbruget reagerede på høje priser. Der kan læses mere om antagelserne for fleksibilitet i bilag 2.1.

Hertil kommer, at forbrugsfleksibilitet er vigtig for nettilstrækkelighed på distributionsniveau i takt med elektrificeringen af energiforbruget. Derfor samarbejder DSO'er og Energinet om udvikling incitamenter til forskydning af forbrug over døgnet gennem tarifmodeller.

Tegn på øget fleksibilitet

Det er generelt svært at verificere omfanget af forbrugsfleksibilitet. Når bidraget fra forbrugsfleksibilitet skal vurderes, er det relevant både at se på, hvordan forbruget reagerer, når priserne stiger, hvilket kan være udtryk for effektknaphed, men også hvordan forbrugsprofilerne ændrer sig. Dvs. hvornår på døgnet der forbruges strøm.

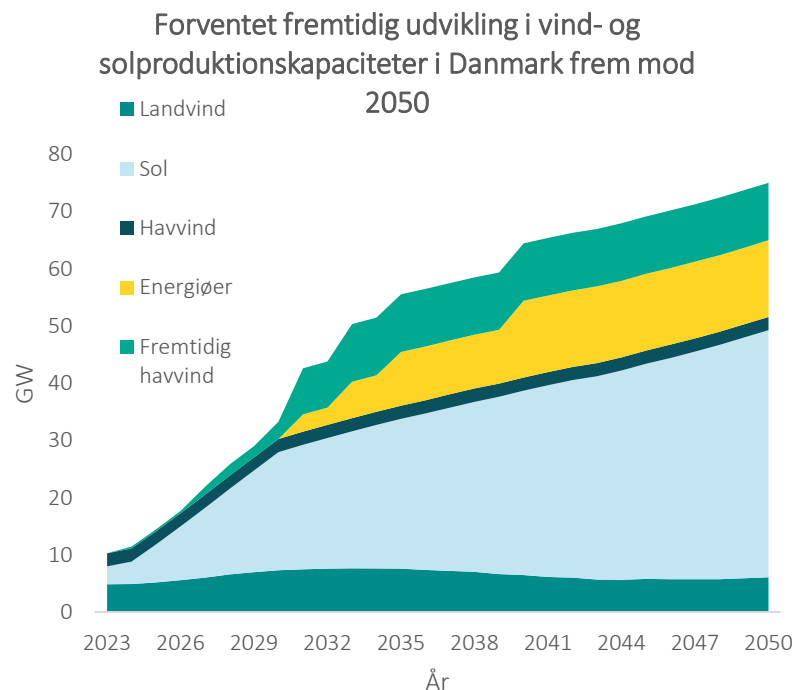
Figuren øverst til venstre viser for de seneste år de danske husholdningers forbrugsprofil over døgnet. Tendensen er at en større del af forbruget sker om natten, mens der ses et relativt lavere forbrug i den traditionelle kogespids. Om dette skyldes elbiler, der lader om natten eller opvaskemaskiner, der sættes til med udskudt start vides ikke. Tallene viser dog en ændring i adfærden, som i sidste ende også kan have betydning for, hvor stort et peak-forbrug der vil være i Danmark og dermed, hvor store effektudfordringer der vil opstå.

Uændret priselasticitet trods lavere elpriser

Opdaterede beregninger af priselasticiteten viser, at elasticiteten i vinteren 2023/2024 var på niveau med (eller marginalt højere) end den forudgående vinter trods et generelt lavere prisniveau. Dette uddybes i bilag 3 om marked og understøtter, at ændringerne i forbrugsadfærden er vedvarende.



NETTILSTRÆKKELIGHED



Den forventede udvikling er baseret på Energistyrelsens analyseforudsætninger til Energinet 2023 (AF23).

BETYDELIGT MERE ENERGI SKAL TRANSPORTERES I ELNETTET INDEN FOR FÅ ÅR

Den kraftige VE-udbygning og elektrificeringen af samfundet har de seneste år accelereret den hastighed, hvormed omstillingen af energisystemerne i Danmark skal gennemføres. Det afspejles fx af den forventede udvikling i elproduktionskapacitet fra vind og sol i Energistyrelsens analyseforudsætninger til Energinet i 2023 (AF23). Se figuren ovenfor.

Energinet forventer at bygge 2.700 km elnet frem mod 2030. Der kan læses mere om dette i Energinets langsigtede udviklingsplan 2024 på Energinets hjemmeside.

HØJT TEMPO PÅ UDBYGNINGER OG REINVESTETERINGER I ELNETTET ER EN NØDVENDIGHED

Infrastruktur i et højt tempo og et forøget pres på leveringstider

Energikrisen og de politiske aftaler de seneste år har fremrykket den forventede udbygning med vind og sol i det danske elsystem. Det betyder, at en væsentligt større mængde grøn energi skal tilsluttes og transporteres i det danske energisystem på kort tid. For at opretholde nettilstrækkeligheden er der behov for, at reinvesteringer og udbygninger samt tilslutninger af ny produktion og forbrug sker i et højt tempo. Energinets strategi *Energi til tiden* uddyber dette.

Det er kompliceret at reinvestere og udbygge et system, som er i drift, samtidig med at forsyningssikkerheden opretholdes. Allerede i dag kan der fx være behov for midlertidige elproduktionsbegrænsninger, fordi der skal arbejdes i nettet. Det store investeringsbehov i netudbygningen er tillige udfordret af mangel på ressourcer, lange leveringstider på komponenter og andre kapacitetsudfordringer på kompetencer og ressourcer. Dertil kommer forlængede ventetider på miljøgodkendelser og byggetilladelser. Samlet set kan det føre til forsinkelser i udbygningen og udfordre forsyningssikkerheden. NEKST-arbejdsgruppen *Hurtigere udbygning af elnettet* arbejder for at understøtte hastigheden i udbygningen ved at identificere udfordringer og finde løsninger hertil bl.a. med henblik på at strømline og afkorte processerne. Det kan dog blive nødvendigt at prioritere i reinvesterings- og udbygningsbehovene i elnettet. Her vil Energinet prioritere forsyningskritiske dele af nettet først og derefter ud fra den fysiske stand og restlevetid af eksisterende infrastruktur samt mulighed for tilslutninger og handel på tværs af udlandsforbindelser.

Når Energinet bygger anlæg, er fysisk sikkerhed også i fokus. Den sikkerhed bygges ind i anlæggene for at kunne sikre el- og naturgasforsyningen i beredskabssituationer. Sikring af stationer omhandler primært fysisk sikring, hvor anlæg er delt op ud fra deres vigtighed for systemet.

Milliardbeløb skal investeres i elnettet de kommende år

Både på transmissions- og distributionsniveau er der de kommende år behov for at investere store milliardbeløb hvert år i at vedligeholde, reinvestere og udbygge det eksisterende elnet til at kunne håndtere fremtidens behov for transport af strøm gennem elsystemet. Det skyldes både den større mængde grøn strøm, men også at der skal reinvesteres i elnettet i takt med, at det ældes. Energinet forventer at investere 35 mia. kr. i eltransmissionsnettet fra 2024 til 2027.

ELTRANSMISSIONSNETTET SKAL VÆRE TILGÆNGELIGT, NÅR DER ER BEHOV FOR DET

Et veludbygget og driftssikkert eltransmissionsnet er afgørende for at nå i mål med den grønne omstilling og samtidig sikre elforsynings sikkerheden. Men det er ikke altid, at alle dele af eltransmissionsnettet er lige vigtige. Nogle dele af eltransmissionsnettet er vigtige for at opsamle vedvarende energiproduktion (VE-produktion), når solen skinner og/eller vinden blæser. Andre dele af eltransmissionsnettet er vigtige for at forsyne elforbrugerne i spidslastperioder. Men uden for spidslasten, eller når VE-anlæg ikke producerer, er disse dele ikke nødvendigvis vigtige på samme måde. Energinet har derfor et skærpet fokus på rådigheden af eltransmissionsnettet. Det vil sige, at de forskellige dele af eltransmissionsnettet skal være tilgængelige, når der er behov for det.

Det er nødvendigt at vedligeholde, reinvestere og udbygge eltransmissionsnettet, både for at sikre elforsynings sikkerheden og for at understøtte den grønne omstilling. Arbejdet med dette kræver, at dele af eltransmissionsnettet udkobles, for at arbejdet kan udføres sikkert for det udførende personale. Det er her fokus på rådigheden af elnettet bliver vigtigt.

Rådigheden af eltransmissionsnettet bliver tænkt ind både i forhold til planlagte og uplanlagte udetider i eltransmissionsnettet. Ved planlagte udetider skal udetiden planlægges på de mest hensigtsmæssige tidspunkter, hvor behovet for de berørte komponenter er mindst. Ved uplanlagte udetider vurderes det, om hurtig genopretning er mulig, såfremt samfundsøkonomien er positiv.

Energinet har særligt fokus på genopretning af eltransmissionsnettet ved uplanlagte udetider. Men også længerevarende kendte udetider bliver planlagt efter tilgængeligheden af eltransmissionsnettet. Ud fra denne fremgangsmåde vil Energinet både kunne opretholde elforsynings sikkerheden, øge aftaget af VE-produktion og reducere omkostningerne for elforbrugerne.

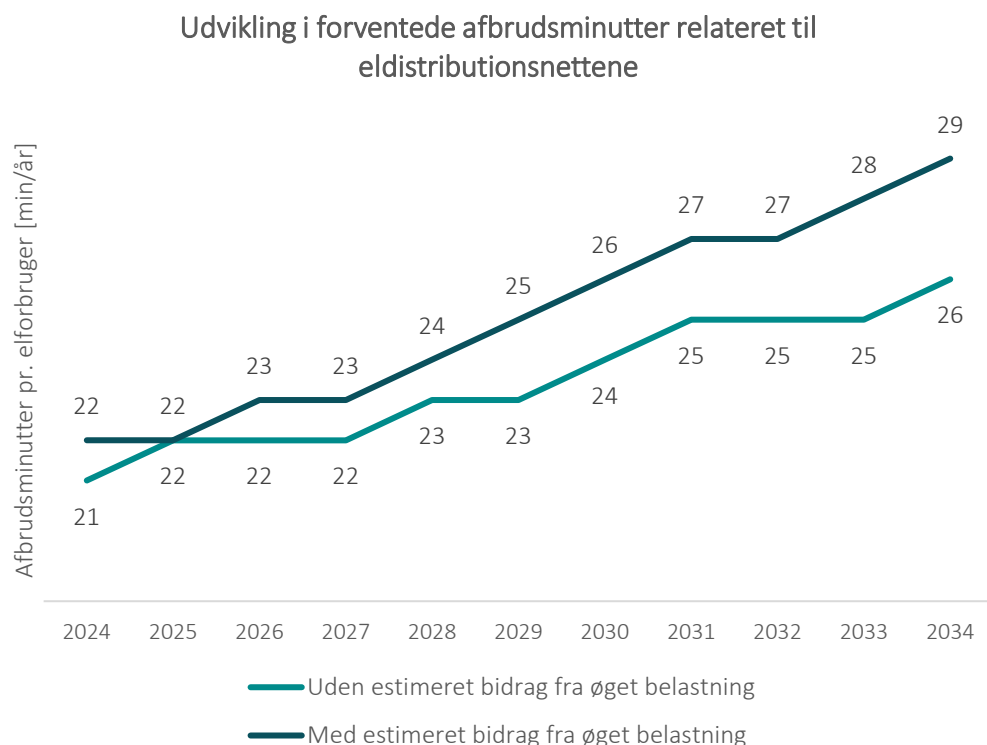


PROJEKT OM RÅDIGHED I ENERGINET

I Energinet er rådighed af eltransmissionsnettet et tværgående fokusområde, som involverer både udbygning, drift og planlægning af elnettet.

Energinet fokuserer på at nedbringe omkostningerne til at opretholde en sikker drift af elsystemet. Dette omfatter blandt andet at reducere nedregulering af vedvarende energiproduktion. Arbejdet i eltransmissionsnettet skal planlægges, så elsystemet påvirkes mindst muligt. Dette vil reducere omkostningerne til at sikre stabil drift. Det skal dog tilføjes, at der altid vil være en risiko for utilsigtede afbrud, når der arbejdes i nettet.

Energinet skal planlægge efter den mindste mulige omkostning for samfundet som helhed. Det betyder, at selvom der er omkostninger ved at øge hastigheden på arbejdet, skal der være fokus på effektivitet, hvilket kan give besparelser i driften af elnettet. Dermed reduceres de samlede omkostninger.



NETVIRKSOMHEDERNES FREMSKRIVNING

Green Power Denmark står på vegne af netvirksomhederne for fremskrivningen af den forventede udvikling i afbrudsminutter på eldistributionsniveau. For nærmere detaljer om metode, forudsætninger, antagelser og resultater vedrørende fremskrivningen henvises til redegørelsens bilag 4.

ALDER OG ØGET ELEKTRIFICERING ØGER RISIKOEN FOR AFBRUD I ELDISTRIBUTIONSNETTENE

Netvirksomhederne forventer en stigning i antallet af afbrudsminutter frem mod 2034. Afbrud på distributionsniveau er generelt karakteriseret ved flere afbrud med lavere konsekvens end afbrud på transmissionsniveau.

Dele af eldistributionsnettet har nået en alder, hvor der forventes flere afbrud på grund af aldersrelaterede fejl. Samtidig vil den øgede elektrificering af danskernes energiforbrug medføre en øget belastning i nettene. Disse forhold og det stigende elforbrug forventes også at øge antallet af afbrudsminutter i eldistributionsnettene.

Der forventes på landsplan 26 afbrudsminutter i 2034 gennemsnitligt pr. elforbruger henført til eldistributionsnettene. Tages det estimerede øgede elforbrug i betragtning, forventes 29 afbrudsminutter gennemsnitligt pr. elforbruger. Begge tal inkluderer et forventet bidrag fra den øgede investeringsaktivitet i eldistributionsnettene. Bemærk at tallene er behæftet med usikkerhed, især i forhold til effekten af øget aktivitetsniveau og øget belastning i eldistributionsnettene.

Netvirksomhederne yder aktiv indsats for at opretholde den høje forsyningssikkerhed

Netvirksomhederne er i gang med at foretage nødvendige investeringer i eldistributionsnettene. Green Power Denmark forventer, at der i gennemsnit skal investeres 7 mia. kr. årligt i eldistributionsnettene frem mod 2030. En uddybning af dette kan findes i udgivelsen *Elnet til meget mere*.

I driften og planlægningen af eldistributionsnettene er sikring af høj leveringssikkerhed et fokusområde. Dette indarbejdes fx ved løbende at optimere processerne i selskaberne for at nedbringe udetid for elkunder ved både planlagte og uplanlagte afbrud i nettene.

Der arbejdes på løsninger, der opererer nettet tættere på kapacitetsgrænsen fremover, hvilket vil understøtte elektrificeringen og et højere elforbrug. Et eksempel herpå er implementering af fjernbetjening og automation i driften af elsystemet for at kunne reagere hurtigt på pludselige ændringer, hvilket kan reducere varigheden ved et afbrud.

Netselskaberne har også stort fokus på at sikre et højt cybersikkerhedsniveau på distributionsniveau. Selskaberne følger de til enhver tid gældende regler for cybersikkerhed og beredskab.



ROBUSTHED

ROBUSTHEDEN UDFORDRES AF UDVIKLINGEN I ELSYSTEMET

Det er afgørende for driften af elsystemet, at systemstabiliteten håndteres både under normaldrift og under hændelser. Dette sikres gennem en række tiltag herunder indkøb af systemydelse, tekniske nettilslutningskrav til elsystemets produktions- og forbrugsanlæg, systembærende enheder i elsystemet og udlandsforbindelser.

Færre kraftværker og øget kompleksitet

Der er en række tendenser i elsystemet, der udvikler sig hurtigt og som udfordrer systemstabiliteten i disse år. Tendenserne udfordrer både evnen til at kontrollere elsystemets frekvens og spænding. Energinet undersøger løbende elsystemets behov, og det er vores forventning, at der skal foretages væsentlige investeringer frem mod 2030.

I dagens elsystem bidrager de klassiske kraftværker til systemstabiliteten via deres naturlige egenskaber. Det gør elsystemets nye grønne anlæg ikke på samme måde, da de tilsluttes gennem såkaldte effektelektroniske konvertere. Det er afgørende, at elsystemets nye grønne anlæg effektivt kommer til at kunne bidrage til at løse fremtidens stabilitetsudfordringer for at Energinet kan sikre omkostningseffektiv systemstabilitet. Dette gøres gennem aktørdrevet udvikling af nye kontrol- og beskyttelsesfunktioner til de grønne anlæg.

Kaskadeudkoblinger og blackouts i værste fald

Håndteres systemstabilitetsproblematikken ikke tilstrækkeligt og rettidigt vil antallet af kritiske og tilmed alvorlige systemhændelser stige betydeligt. Det må forventes, at antallet af utilsigtede anlægsudkoblinger og dermed tab af produktionskapacitet vil stige, hvis de nye konverterbaserede anlæg ikke integreres gennem nye robuste processer, der skal sikre at de nye komplekse anlæg opfører sig som forventet ved hændelser. Lykkes dette ikke, vil det være nødvendigt med en væsentligt reduceret produktions- og handelskapacitet i længere perioder, indtil de komplekse udfordringer er løst – dette tager typisk flere år og vil fordyre den grønne omstilling.

HVAD ER FREKVENSSSTABILITET?

Elsystemets evne til kontinuerligt at sikre en stabil frekvens på omkring 50 Hz. Ved for store udsving i frekvensen fra fejl eller forstyrrelser i elsystemet øges risikoen for kaskadeudkoblinger.

HVAD ER SPÆNDINGSSTABILITET?

Elsystemets evne til kontinuerligt at sikre at spændingen forbliver inden for dens designkriterier på alle geografiske lokationer og til alle tider. Ved store udsving i spændingen risikerer anlæg at afkoble eller anlæg at blive beskadiget.



7 tendenser der påvirker elsystemets stabilitet

Nye produktions- og forbrugsanlæg tilsluttes i mængder, størrelser og med en hastighed uden fortilfælde

Elsystemets operationelle anlægsportefølje ændres fra time til time

Øget ønske om at udnytte elsystemets eksisterende komponenter mest muligt

Færre klassiske kraftværker

Elsystemet i Danmarks nabolande forandres på samme måde som det danske

Gennemgribende reinvestering af det danske elsystem over de kommende 10 år

Nye produktions- og forbrugsanlæg tilsluttes via effektelektronik



EKSEMPLER PÅ KONSEKVENSER AF EN UDFORDRET SYSTEMSTABILITET

PRÆVENTIV NEDREGULERING AF 2 GW VIND I FINLAND GRUNDET STABILITETSUDFORDRINGER

For at sikre systemstabiliteten under en række planlagte reinvesteringsprojekter, er Fingrid, den Finske TSO, nødt til præventivt at begrænse vindproduktion langs den finske vestkyst med 2 GW. Den præventive nedregulering skyldes en meget høj penetration af konverterbaserede produktionsanlæg i området, og Fingrid kan ikke garantere, at det finske elsystem kan drives sikkert, medmindre produktionen fra disse anlæg begrænses. Begrænsningen vil finde sted, indtil elsystemet er forstærket i området, hvilket forventes at være færdiggjort i 2028.

UTILSIGTET UDKOBLING AF VINDANLÆG EFTER SYSTEMFORSTYRRELSER I TEXAS

Den 21. marts 2022 opstod en fejl på en 345 kV ledning i Texas. Fejlen blev umiddelbart rettet, men 765 MW vind fordelt over 10 anlæg udkoblede utilsigtet. Samme dag opstod endnu en fejl, der ledte til en samlet udkobling af 457 MW vind fordelt på 8 anlæg. Alle anlæg var konverter-tilsluttet og uden forventning om at udkoble. Frekvensen faldt i begge tilfælde, og reserver blev aktiveret for at sikre elsystemet. North American Electric Reliability Corporation (NETC) anbefaler, at konverterbaserede anlægs evne til at overleve fejl skal forbedres, og at anlægsintegrationsprocessen, herunder anlægsperformancevalidering, skal udføres efter nye forbedrede metoder inklusiv anvendelsen af mere avancerede simuleringsmodeller.

BEHOV FOR VÆSENTLIGE INVESTERINGER FOR AT SIKRE SYSTEMSTABILITETEN

Energinet har igangsat en række initiativer, som skal understøtte en fortsat høj systemstabilitet i fremtidens elsystem, men det skal understreges, at alle de nødvendige værktøjer endnu ikke er fuldt udviklede. En række tiltag og investeringer vurderes nødvendige for at efterleve det anbefalede planlægningsmål på 1 afbrudsminut relateret til systemstabilitet. Investeringer skal ske flere steder i værdikæden, dels i forhold til de store enkelte produktions- og forbrugsanlæg, og dels i det kollektive elsystem. Boksene nedenfor beskriver nogle af de tiltag, der vil understøtte en fortsat høj systemstabilitet i fremtidens elsystem.



NYE SYSTEMBÆRENDE ENHEDER

Der kan i områder af det danske elsystem blive behov for at investere i yderligere systembærende enheder som fx synkronkompensatorer, STATCOMs eller batterianlæg. Det kræver nærmere analyser at vurdere, om sådanne anlæg er mest omkostningseffektivt placeret i det kollektive elsystem og/eller som en del af aktøreljede produktions- og forbrugsanlæg. En synkronkompensator placeret i eltransmissionssystemet vurderes at koste ca. 400-600 mio. DKK.

Grid-forming teknologien kan også bidrage positivt til opretholdelse af systemstabiliteten i fremtidens elsystem. Vurderinger og implementering af grid-forming teknologi er derfor fokus i et Energinet-drevet projekt.



KONTROL- OG BESKYTTELSESFUNKTIONER

Der kan være behov for at udvikle nye kontrol- og beskyttelsesfunktioner på elsystemets produktions- og forbrugsanlæg.

I relation hertil kan det være nødvendigt at tilpasse nettilslutnings- og driftskravene til nye produktions- og forbrugsanlæg, så de tekniske funktionskrav tager tilstrækkeligt hensyn til fremtidens elsystem.

Endelig er det nødvendigt at skabe rammerne for, at alle lovende teknologier kan udvikles rettidigt, så de kan anvendes som løsningselement i sikringen af stabiliteten i elsystemet.



SAMARBEJDE OG KOMPETENCER

Energinet kan ikke på egen hånd sikre systemstabiliteten rettidigt og omkostningseffektivt. Det kræver et tæt samarbejde med både andre systemoperatører, anlægsudviklere og forskningsmiljøet. Energinet deltager fx i projektet InterOPERA, som vurderes væsentligt for effektiv indpasning af enorme mængder havvind i EU fx via energijører.

Det forventes, at en sikker og pålidelig integration af elsystemets nye komplekse anlæg kræver nye kompetencer og bliver mere tidskrævende både for anlægsudvikler og systemoperatør.

IT-SIKKERHED

IT-SIKKERHED OG DRIFTSSTABILITET

Fokus på kritisk infrastruktur

Danmark og særligt dansk, kritisk infrastruktur står over for nye og omskiftelige udfordringer, ikke blot i forhold til robustheden i elsystemet, men også i forhold til cyberangreb. Den geopolitiske situation i Europa og de konstaterede angreb på kritisk IT-infrastruktur, også i Danmark, kræver en stærk og konstant opmærksomhed på at beskytte den eksisterende infrastruktur. De løbende trusselvurderinger identificerer nye typer af cybertrusler, hvilket kræver både forstærket overvågning og konstant udvikling af beskyttelsen og beredskabet mod cyberangreb.

Styrkelse og udvikling af beredskabet

Energinet arbejder målrettet på at opbygge kapacitet og modstandsdygtighed i vores netværk, samt i vores beredskaber, så vi fortsat sikrer os bedst muligt mod nedbrud i vore IT-systemer forårsaget af cyberangreb. Samtidig udvikler vi konstant vores evne til at genoprette systemerne hurtigt, såfremt en destruktiv aktør skulle få succes med et angreb.

Sikker drift og robusthed

IT-sikkerhed og modstandsdygtighed er ikke kun relateret til cybertruslen. Omstillingen af elsystemet betyder, at forudsigeligheden i driften og styringen af systemstabiliteten bliver mere kompleks i fremtidens elsystem. For at understøtte en sikker drift og styring kræves udvikling og implementering af digitale styringsalgoritmer og -systemer og automatisering af styringen af elsystemet i real-tid med fokus på datakvalitet og -kommunikation. Et stærkt og sikkert IT-netværk er afgørende for, at vi kan opretholde elforsyningen, undgå overbelastninger og sikre stabiliteten. Driftssikkerheden af de digitale systemer skal derfor udvikles til at være på niveau med robustheden i elsystemet fx gennem fuld implementering af redundans og N-1 principper i IT-systemerne. Dette forudsætter bl.a. implementering af overvågning og styring af IT-netværk, IT-infrastruktur og datakommunikation tilsvarende overvågningen og styringen af elsystemet

DE KRITISKE SEKTORERS CYBERSIKKERHEDSCENTER

Energinet arbejder aktivt sammen med SektorCERT, der er en væsentlig del af dansk kritisk infrastrukturens forsvar mod cybertrusler. SektorCERT er med til at opdage og håndtere, når den kritiske infrastruktur udsættes for cyberangreb.

SektorCERT varetager bl.a. monitoreringen af de virksomheder i sektorerne, som er tilsluttet det omfattende sensornetværk. Her monitoreres internettrafikken med henblik på at opdage cyberangreb mod dansk, kritisk infrastruktur.

SektorCERT er en nonprofit forening ejet og finansieret af de danske selskaber inden for kritisk infrastruktur. Der samarbejdes med Europas andre CERT'er og med en række cybersikkerhedsorganisationer, som medvirker til at vedligeholde en stor viden om truslerne mod kritisk infrastruktur.



LØBENDE UDVIKLING OG OPGRADERING AF PLATFORME OG NETVÆRK

Digitale platforme og datakommunikationsnetværk udvikles til at håndtere ændringer i elsystemet og de løbende forandringer i trusselsbilledet for cybersikkerhed.



NY PLATFORM FOR FORSYNINGSKRITISKE IT-SYSTEMER

Etablering af et robust og fremtidssikret fundament for Energinets forsyningskritiske IT-systemer, kaldet OT-plattformen. Dermed tilpasses niveauet af IT-sikkerhed til de løbende ændringer og kan gennemføres i en takt, der matcher den hastige udvikling i elsystemet.

Plattformen opbygges modulært med mulighed for løbende udvikling af platform og applikationer for til stadighed at kunne leve op til kravene i elsystemet i en "Evergreen tilgang" - modsat hidtidig praksis med store opgraderinger med 7-10 års mellemrum.



OPGRADERING AF DATAKOMMUNIKATIONSNETVÆRK

Udskiftning og opgradering af WAN netværk til stationer og generelle krav til:

- Central sikker tidssynkroniseringsservice til stationers kontrol- og beskyttelsesudstyr
- IT-sikkerhed og compliance i form af netværkssegmentering, kryptering, monitorering og adgangsstyring.
- Øget båndbredde for datakommunikation, som understøtter øget digitalisering af avancerede digitale styringssystemer.



NETVÆRK, DATAKOMMUNIKATION OG INFRASTRUKTUROVERVÅGNING

Implementering af centraliseret overvågning og styring af IT-netværk, IT-infrastruktur og datakommunikation tilsvarende overvågning og styring af elsystemet for at understøtte at driftsstabiliteten af digitale systemer kan udvikles til at være på niveau med robustheden i elsystemet

Første trin i understøttelsen af driftsstabiliteten i de forsyningskritiske IT-applikationer og -systemer er gennemført med etablering af 24/7 on-site IT vagtfunktioner i Energinets kontrolcenter kombineret med forstærket overvågning hos vor IT driftspartner.

NYE DIREKTIVER FRA EU SKAL STYRKE SIKKERHEDEN PÅ TVÆRS AF EUROPA

NIS2 er sammen med bl.a. CER-direktivet del af en større lovpakke fra EU, der skal styrke beredskabet og modstandsdygtigheden mod bl.a. cyberangreb og spionage. Direktiverne øger kravene til beskyttelse af samfundsvigtig infrastruktur, og implementeringen i dansk lovgivning omfatter *Lov om styrket beredskab i energisektoren*. Denne særskilte regulering for energisektoren begrundes med et 'højt og markant trusselsniveau mod energisektoren' og behovet for et 'ambitiøst beredskabsniveau'. Opfyldelse af NIS2- og CER-kravene kræver en strategisk og ledelsesforankret rammesætning og implementering af risikostyring. Nedenfor fremhæves centrale krav fra Lov om styrket beredskab i energisektoren:

1

CYBERSIKKERHED

Fokus på at beskytte kritiske systemer mod cyberangreb gennem avancerede sikkerhedsforanstaltninger, kontinuerlig overvågning og hurtig respons på sikkerhedshændelser. Dette inkluderer også krav til leverandører om at opretholde høje sikkerhedsstandarder for at sikre hele forsyningskæden.

2

FYSISK SIKKERHED

Sikkerhedsforanstaltninger omkring kritisk infrastruktur, herunder hegn, overvågning og strenge adgangs-kontrolsystemer, samt udarbejdelse af beredskabsplaner. Derudover sikres regelmæssig vedligeholdelse og opgradering af sikkerhedsudstyr for at imødegå nye trusler.

3

ORGANISATORISK BEREDSKAB

Regelmæssige risiko- og sårbarhedsvurderinger, øvelser for at forberede personale på hændelser, og styrkelse af samarbejdet mellem forskellige aktører i energisektoren for effektiv koordinering og informationsdeling. Dette omfatter også udvikling af klare kommunikations-strategier for at sikre hurtig og effektiv respons under kriser.

IMPLEMENTERING I DANSK RET

NIS2- og CER-direktiverne implementeres i dansk ret gennem to hovedlove fra Ministeriet for samfundssikkerhed og beredskab. Energisektoren er ikke omfattet af de to hovedlove, men får derimod sin egen lov "Lov om styrket beredskab i energisektoren".

Forsinket implementering i dansk ret

Det lovforberedende arbejde i Danmark er forsinket i forhold til direktivernes implementeringsfrist den 18. oktober 2024. Ministeriet for samfundssikkerhed og beredskab forventer, at fremsætte deres to hovedlove i Folketinget i februar 2025. Lovforslagene lægger op til såkaldt minimumsimplementering af direktiverne.

Lov om styrket beredskab i energisektoren er også forsinket. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet forventer dog, at loven træder i kraft den 1. januar 2025. Det forventes desuden, at der bliver udstedt tre bekendtgørelser i medfør af loven, som vil omfatte regler om personalesikkerhed, gebyrer og beredskabskrav.

Implementering i energisektoren og Energinet

Lov om styrket beredskab i energisektoren implementerer NIS2- og CER- direktiverne, samtidig med at den eksisterende beredskabsregulering (BEK 821, 2646 og 2647) moderniseres med henblik på yderligere at højne sikkerheden og robustheden i energisektoren. Implementering af Lov om styrket beredskab i Energinet sker igennem et program, der forankret i Energinets Compliance-udvalg.

ORDLISTE

Afbrudsminutter: Antal minutter pr. år en forbruger eller en gruppe af forbrugere i gennemsnit ikke har adgang til eller forventes ikke at have adgang til elektricitet
Afbrudsminutter dækker kun over ufrivillig mangel på el.

aFRR: Automatic Frequency Restoration Reserves, også kendt som sekundær reserve. Benyttes til balanceudligning.

Blackout: Ukontrolleret afbrydelse af hele – eller dele af – elnettet i et elprisområde

Brownout: Kontrolleret afkobling af elforbrugere, som følge af mangel på tilstrækkelig el.

CONE: Cost Of New Entry, omkostningen ved ny kapacitet. Omkostningen afhænger af typen på de problemer der identificeres og skal løses, da det ikke er alle teknologier, der kan løse alle typer problemer.

Day-ahead markedet: Elleverandører og producenter handler i day-ahead markedet for at dække produktion og forbrug for det følgende døgn.

Effektminutter: Afbrudsminutter relateret til manglende effekttilstrækkelighed. Se *Afbrudsminutter*.

Effekttilstrækkelighed: Sandsynlighed for, at der er effekt nok til rådighed i et elprisområde under hensyntagen til elproduktion, eksterne elforbindelser og fleksibelt elforbrug.

ENTSO-E: European Network of Transmissions System Operators for Electricity. Sammenslutning af europæiske TSO'er.

ERAA: European Resource Adequacy Assessment. Vurdering af den fremadrettede effekt-tilstrækkelighed på tværs Europa udarbejdet af ENTSO-E. Et link til rapporten findes i litteraturlisten.

Flowbased kapacitetsberegning: En ny og dynamisk metode til beregning af kapacitet mellem budzoner i Norden, der forventes at have en væsentlig samfundsøkonomisk betydning, idet nettet bedre kan udnyttes. Hermed kan der flyttes større mængder strøm, hvilket i sidste ende også bidrager til effekttilstrækkeligheden.

Importafhængighed: Importafhængighed dækker over hvor meget et land afhænger af import i den værste time af året. Et land kan sagtens være nettoeksportør af energi på årlig basis, men have en meget stor importafhængighed i de værste timer.

Vejrår: Et vejrår bruges til at beskrive en samling af sammenhængende vejrforhold i løbet af et år, såsom solindstråling, vind, temperatur samt regn- og snefald. Energinet bruger 35 historiske vejrår fra 1982 til 2016 til at vurdere den fremtidige effekttilstrækkelighed.

Kapacitetsmarked: En mekanisme hvor der gennem kompetitive auktioner udbetales kapacitetsbetaling til anlæg, ud fra deres tekniske evne til at levere effekt i en ved effektutilstrækkelighed. Anlæg der opnår kapacitetsbetaling er forpligtede til at producere i situationer med effektmangel, men kan ellers deltage frit i alle markeder. Forbrugsreduktion kan også opnå kapacitetsbetaling.

Kapacitetsmekanisme: Understøttelse gennem målrettede kapacitetsbetalinger til at sikre tilstrækkelig kapacitet til at dække uforudsete hændelser eller for at sikre effektivitetstrækkeligheden. Dette kan fx være en strategisk reserve eller et kapacitetsmarked.

LOLE: Loss of Load Expectation. Den forventede hyppighed af situationer, hvor produktionskapaciteten til rådighed i et område, inklusive muligheden for import, er mindre end elforbruget i området.

mFRR: Manual Frequency Restoration Reserves, også kendt som tertiær reserve. Benyttes til balanceudligning.

PtX: Power-to-X. Samlet betegnelse for forædlingsprocesser, hvor elektricitet omdannes til anden energibærer, fx brint, syntetiske flydende brændstoffer eller ammoniak.

Regulerkraft: Regulerkraft anvendes til manuelt at opretholde balancen (og dermed frekvensen) i det samlede elsystem. På regulerkraftmarkedet kan aktører indgive bud på op- og nedregulering i driftstimen. mFRR skal indmeldes i dette marked, og regulerkraft er derfor aktivering af indmeldte bud for mFRR.

Reserver: Generel betegnelse for de systemydelse, i form af energiaktivering og kapacitet, som Energinet indkøber til at opretholde en stabil og sikker drift af elsystemet.

Selvforsyningsgrad: Dette dækker over hvor meget et land kan forsyne af sit eget forbrug i den værste time af året med indenlandsk produktion. Et land kan sagtens være nettoeksportør af energi på årlig basis, men have en meget lav selvforsyningsgrad i denne sammenhæng.

Strategisk reserve: En mekanisme, hvor et eller flere produktionsanlæg holdes udenfor markedet, og kan aktiveres til at levere produktion, såfremt der ikke kan skaffes tilstrækkelig produktion gennem day-ahead og intraday-markederne og de tilgængelige reserver ikke kan dække et effektunderskud.

VOLL: Values Of Lost Load, værdien af ikke-leveret energi. Begrebet kan overordnet beskrives som værdien af den tabte samfundsøkonomiske aktivitet ved et strømafbud og defineres i dansk og europæisk lovgivning som et overslag for den maksimale elpris, som kunder er villige til at betale for at undgå strømafbud.

REFERENCE- OG BILAGSLISTE

Effekttilstrækkelighed

- ENTSO-E: '[European Resource Adequacy Assessment 2022 Edition](#)', 2023
- Klimarådet: '[Sikker elforsyning med sol og vind](#)', 2023
- Svenska kraftnät: '[Svenska kraftnät föreslår att en kapacitetsmekanism införs för ökad försörjningstrygghet](#)', 2023
- German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action: '[Secure supply of electricity ensured until the end of the decade](#)', 2023
- Energinet: 'Redegørelse for elforsyningssikkerhed 2023 – baggrundsrapport', bilag 2 og bilag 3.

Elmarked

- Energistyrelsen: 'Et dansk estimat for Value of Lost Load', 2023: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/El/hovedrapport_voll_i_dk_marts23.pdf
- Energinet: 'Outlook for ancillary services 2023-2024': <https://energinet.dk/om-publikationer/publikationer/outlook-for-ancillary-services-2023-2040/>

Nettilstrækkelighed

- Energinet: 'Energi til tiden', 2022
- Power Denmark: 'Elnet til meget mere', 2023
- Energinet: 'Energinets langsigtede udviklingsplan 2024', 2024
- Energistyrelsen: 'Analyseforudsætninger til Energinet 2023', 2023
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet: [NEKST-arbejdsgruppe Hurtigere udbygning af elnettet\(kefm.dk\)](#)

Robusthed

- Energinet: 'Anvendelse af grid forming technology i det danske elsystem', 2023
- Energinet: 'Kortslutningskatalog', 2023

IT-Sikkerhed

- Center for Cybersikkerhed: 'CFCS udgiver Cybertruslen mod Danmark 2023' 2023
- Center for Cybersikkerhed: 'Ny trusselsvurdering: Cybertruslen mod energisektoren 2023', 2023

Bilag

- Bilag 1 'Afbrudsstatistik'
- Bilag 2.1 'Metodenotat – Energinets effekttilstrækkelighedsberegninger'
- Bilag 2.2 'Resultater for effekttilstrækkelighed'
- Bilag 3 'Marked'
- Bilag 4 'Elforsyningssikkerheden i eldistributionsnettene'