

# Redegørelse for elforsyningssikkerhed 2016

# Indhold

1	Elforsyningsikkerhed.....	9
1.1	Energinet.dk's ansvar for elforsyningsikkerhed .....	9
1.2	Forsyningsikkerhed i europæisk kontekst.....	10
1.3	Sikring af forsyningsikkerhed handler om risikovurderinger .....	10
2.	Historisk elforsyningsikkerhed .....	12
2.1	Afbrudsstatistik .....	12
2.2	Hændelser i elsystemet 2015 .....	13
3.	Fremadrettet risikovurdering.....	19
3.1	Markedsudvikling .....	19
3.2	Effekttilstrækkelighed .....	22
3.3	Nettilstrækkelighed .....	28
3.4	Systemsikkerhed.....	31
3.5	Revisionsplanlægning.....	34
3.6	Driftssamarbejde på tværs af grænser.....	37
3.7	Informationsikkerhed.....	38

# Elforsyningsikkerhed – status og fremadrettede tiltag

Den danske elforsyningsikkerhed er blandt de bedste i Europa. De danske elforbrugere har i mange år haft en meget høj sikkerhed for levering af el. Fremadrettet skal forsyningsikkerheden fastholdes på et højt niveau samtidig med, at den grønne omstilling gennemføres.

Energinet.dk har i Strategiplan 2014 fastlagt en målsætning for elforsyningsikkerheden. Målet er at bevare det høje niveau af forsyningsikkerhed, og at forsyningsikkerheden i det danske elsystem fortsat skal være i den europæiske top. Ambitionen er udtryk for, at et højt forsyningsikkerhedsniveau har stor økonomisk værdi for samfundet. En pålidelig elforsyning er et væsentligt fundament for samfundet og har stor økonomisk værdi.

For at sikre en fortsat høj forsyningsikkerhed er der brug for nye virkemidler. Fx fleksibilitet i elforbrug, tættere samarbejde i hele værdikæden og mere samarbejde på tværs af landegrænser. Derudover er der i de kommende år et stigende behov for reinvesteringer i den eksisterende elinfrastruktur for at sikre, at infrastrukturen understøtter den høje forsyningsikkerhed. Det gælder både distributions- og transmissionsnet, som begge har nogle år på bagen.

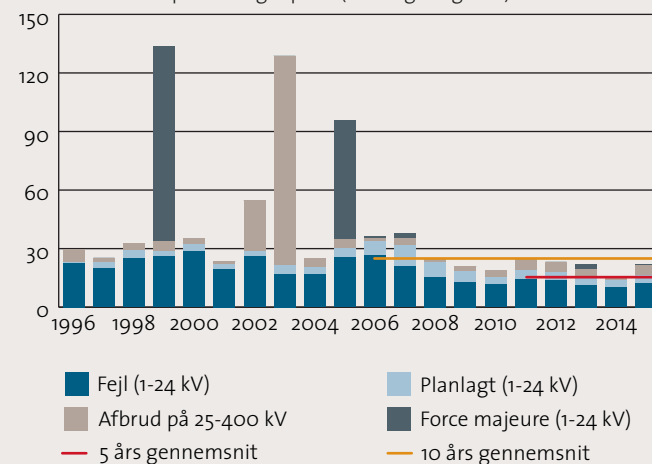
## Afbrudsstatistik

Elforsyningsikkerheden var igen i 2015 på et højt niveau med 22 afbrudsminutter pr. forbruger. Afbrudsstatistikken indikerer, at det høje niveau af elforsyningsikkerhed ikke er udfordret.

## Hændelser

I 2015 har der ikke været afbrudt forbrugere for at sikre stabili-

Afbrudsminutter pr. forbruger pr. år (forbrugsvægtede)



Afbrudsstatistik for Danmark, 1996-2015.

teten i det samlede elsystem, og der har kun været et lavt antal hændelser med betydning for elforsyningsikkerheden.

Selv om den danske elforsyning er under omstilling, og elsystemet effektiviseres, er der ikke tegn på, at antallet af nær-vedhændelser stiger.

Herudover har der ikke været timer, hvor der ikke kunne dannes priskryds i spotmarkedet, og der har kun været få situationer,

Kriterier	Skala 0	Skala 1	Skala 2	Skala 3
Hændelser på elementer i transmissionsnettet	2013: 12 2014: 5 <b>2015: 11</b>	2013: 2 2014: 10 <b>2015: 8</b>		
Overtrædelse af spændingsstandarder	2014: 40 <b>2015: 0</b>	2014: 3 <b>2015: 0</b>		
Tab af IT-værktøjer		2014: 4 <b>2015: 1</b>		

Tabel 1. Oversigt over indberettede hændelser til Incident Classification Scale-statistikken (ICS) for Danmark i 2013-2015.

hvor Energinet.dk's kontrolcenter har erklæret skærpet drift og ingen med erklæring af nøddrift.

I den europæiske hændelsesstatistik er der i 2015 indberettet færre hændelser (se tabel 1). Mest bemærkelsesværdigt for 2015 er, at der ingen hændelser var, som førte til overtrædelse af spændingsstandarderne. Det skyldes, at Energinet.dk i 2015 satte større fokus på spændingsregulering i kontrolcenterets vagtfunktion. Yderligere har forskellige markedsforhold (fysiske flows på forbindelserne) og idriftsættelse af Skagerrak4 medvirket til reduktionen.

Kommende initiativer for registrering af hændelser:

- Fra og med 2016 inkluderes N-1 hændelser i Incident Classification Scale-rapporteringen, så det bliver muligt at følge udviklingen i, hvor ofte den driftsmæssige situation er presset.
- Der arbejdes fortsat med forbedring af hændelsesregistreringen. Både i forhold til den europæiske indberetning og øvrige hændelser.

### Systemikkerhed

Indkøb af reserver og systembærende egenskaber giver handlemuligheder for Energinet.dk's kontrolrum i forhold til at håndtere fejl. I 2015 faldt udgifterne til systemydelse Der er i 2015 samlet købt systemydelse for DKK 592 mio. mod DKK 735 mio. i 2014. Faldet skyldes primært, at omkostningerne til automatiske reserver er faldet i Østdanmark som følge af fælles indkøb med Sverige og indkøb af automatiske reserver fra Norge til Vestdanmark.

Omkostningerne til indkøb af systembærende egenskaber fra aktørerne faldt i 2015, som følge af idriftsættelse af Skagerrak4-forbindelsen, synkronkompensatorerne i Fraugde og Herslev.

Ændringerne i elsystemet medfører et øget behov for at undersøge en langsigtet løsning til at sikre tilstedeværelsen af systembærende egenskaber. I 2015 er behovet for systembærende egenskaber analyseret for Vestdanmark. Analyserne viser, at der frem til og med 2018 er behov for én driftsklar enhed i sommerperioden i normalsituationer, såfremt øvrige netkomponenter er i drift. Efter idriftsættelse af COBRA-forbindelsen forventes der ikke at blive behov for driftsklare enheder i normalsituationer, såfremt øvrige netkomponenter er i drift.

Kommende initiativer på systembærende egenskaber:

- **Ny behovsanalyse for Østdanmark i 2017:** I 2016 er der igangsat en ny analyse af behovet for systembærende egenskaber for Østdanmark. Dette arbejde forventes færdiggjort i foråret 2017.
- **Aktivering af egne netkomponenter:** Flere aktører har påpeget, at der er behov for at se på, hvordan Energinet.dk aktiverer egne netkomponenter i forhold til markedsaktørernes anlæg. Dette arbejde er igangsat i forlængelse af Markedsmodel 2.0-projektet fra efteråret 2015.

På omkostningssiden forventes det ikke, at der kommer forøgede omkostninger til tilvejebringelse af systembærende egenskaber.

I løbet af 2015-2016 har Energinet.dk vurderet risiciene for systemikkerheden for udvalgte cases. Analyserne tager udgangs-

Beregning 2017-2025		
Østdanmark	EUE (MWh/år)	Effektminutter (min/år)
2017	98	4
2018	177	7
2019	86	3
2020	138	5
2025	431	15

Tabel 2: Resultater af effektilstrækkelighedsvurderingen i Østdanmark frem til 2025. Bemærk at beregningerne er foretaget med historiske revisionsdata, og at risikoen for årene 2017-2018 derfor vurderes at stige ifht. værdierne i denne tabel.

punkt i de mest kritiske situationer, som herefter sandsynlighedsvurderes. Analyserne viser, at nogle af de risikable situationer kan adresseres med allerede planlagte tiltag. Energinet.dk vurderer derfor, at der ikke er behov for yderligere i tiltag.

- **Vurdering af systemsikkerhedsrisiko:** Fremadrettet skal risikovurderings metoden anvendes på flere cases. Den skal endvidere indgå i vurderinger af kommende tiltag, så værdien af bidrag til systemsikkerhedsrisikoen kan inkluderes. Første konkrete projekt, som metoden anvendes i, er analyser af en ny forbindelse mellem Øst- og Vestdanmark.

### Effektilstrækkelighed

Der har i 2015 ikke været tilfælde, som har indikeret mangel på effekt, hverken ved afbrud af forbrugere eller utilstrækkelig kapacitet på markedet.

De fremadrettede risikovurderinger viser, at risikoen for afbrud af forbrugere er forskellig for de to landsdele. For Vestdanmark er risikoen for at mangle effekt meget lav for perioden 2017-2025. Energinet.dk vurderer, at risikoen for at mangle effekt i Østdanmark i de kommende år vil overstige Energinet.dk's målsætning om højst fem effektminutters manglende forsyning pr. forbruger. Energinet.dk forventer, at målsætningen igen kan overholdes i 2020, når Kriegers Flak-forbindelsen efter planen er sat i drift. Hvis Kriegers Flak forsinkes, stiger risikoen. I 2025 forventes målsætningen igen at blive udfordret.

Mange net- og transmissionsanlæg står over for udskiftning eller vedligehold de kommende år. Det betyder flere revisioner

end tidligere, hvilket igen øger risikoen for afbrud af forbrugere grundet reduceret effektilstrækkelighed. Ud fra det historiske omfang af vedligeholdelse er risikovurderingen for Sjælland syv effektminutter i 2018. Men da omfanget af vedligeholdelse, som nævnt, vil stige markant de kommende år, er disse vurderinger ikke fuldt dækkende. Baseres vurderingerne i stedet på forventninger til udetid fra langtidsrevisionsplanen stiger vurderingen til 30 effektminutter. Forskellen mellem 7 og 30 effektminutter svarer til en forventning om, at forbrugeren kan risikere at få leveret 99,987% af den ønskede energi set i forhold til 99,990%.

Et mere repræsentativt billede af behovet for vedligeholdelse fås først, når 1-års revisionsplanen er udarbejdet. Der er dog allerede igangsat undersøgelser af, hvilke initiativer, der reducerer risikoen i de pressede perioder, så de rette værktøjer kommer på plads.

Kommende initiativer inden for effektilstrækkelighed:

- **Revisionsplanlægning:** Et vigtigt værktøj til at adressere den anstrengte effektsituationen er en høj grad af koordinering i revisionsplanlægningen. På helt kort sigt arbejder Energinet.dk derfor målrettet mod at planlægge driften af elsystemet, så risici for afbrud reduceres mest muligt. Dette arbejde omfatter blandt andet detaljeret revisionsplanlægning – herunder flytning af revisioner på både transmissions- og produktionsanlæg. Koordinering og prioritering sker på baggrund af elsystemets karakteristika, information fra aktører og driftsaftaler på tværs af grænser. Fremadrettet kommer der yderligere fokus på koordineringen og prioriteringen med



udgangspunkt i samfundsøkonomiske vurderinger og rammer fra de kommende netregler.

- **Strategisk reserve:** Energinet.dk arbejder fortsat på at få tilladelse til at indkøbe strategiske reserver i Østdanmark for perioden 2017-2018.. Tilladelsen til at indkøbe en strategisk reserve afhænger af Europa-Kommissionens anbefalinger til indførelse af kapacitetsmekanismer, som forventes at komme i slutningen af 2016, så det sikres, at indkøbet er i tråd med EU's statsstøtteregler.
- **Elektrisk forbindelse mellem Øst- og Vestdanmark:** På længere sigt kan effektilstrækkeligheden i Østdanmark forbedres med en elektrisk forbindelse mellem de to landsdele. Der er igangsat et modningsprojekt, der har til formål at vurdere, hvorvidt en ny forbindelse er den bedste samfundsøkonomiske løsning til at sikre effektbalancen på Sjælland eller, om der er andre og mere effektive løsninger.
- **Elektrisk forbindelse mellem Østdanmark og Polen:** Der er igangsat et samarbejde med den polske TSO med henblik på at undersøge mulighederne for at binde Østdanmark sammen med Polen, og dermed bidrage til effektilstrækkeligheden på lang sigt.

Der kan komme meromkostninger til opretholdelse af effektilstrækkeligheden i forbindelse med de initiativer, der er iværksat for at løse effektsituationen. Disse meromkostninger dækker dels over en potentiel betaling for en strategisk reserve, men dels også over potentielle meromkostninger i forhold til ændringer i revisionstidspunkter. Omkostningerne til disse forventes for Energinet.dk at udgøre ca. 50-100 mio. kr. årligt frem til 2018.

De potentielle forbindelser fra Sjælland til Vestdanmark samt fra Østdanmark til Polen er stadig ved at blive modnet. Særligt afhængigheden mellem de to forbindelser er vigtigt for vurderingen. Det er derfor endnu ikke muligt at fastlægge, om det er hensigtsmæssige investeringer, herunder omkostningerne forbundet hermed.

I regi af ENTSO-E er der i 2015 nedsat en arbejdsgruppe, der har til formål at udvikle en ny markedsbaseret og probabilistisk metode til at vurdere effektilstrækkeligheden ens på tværs af grænser. Fremadrettet vil der fortsat være stort fokus på tværnationalt samarbejde om effektilstrækkelighedsvurderinger.

Kommende initiativer inden for effektilstrækkelighed i internationalt samarbejde:

- **Udvikling af metoder til effektilstrækkelighedsvurderinger:** I regi af ENTSO-E kommer de første effektilstrækkelighedsvurderinger i midten af 2016.
- **Fælles nordisk analyse af effektilstrækkelighed:** I regi af det nordiske samarbejde har de 4 nordiske TSO'er besluttet at udarbejde fælles effektilstrækkelighedsvurderinger for 2016-2017. Vurderinger skal sætte fokus på udfordringer for de nordiske lande, samt øge fokus på mere effektive tværgående løsningsmuligheder.

Markedsudviklingen er en central del af sikring af effektilstrækkeligheden, og i øjeblikket er der to centrale områder inden for markedsudvikling, som Energinet.dk har fokus på: Udvikling af europæiske netregler og udvikling af den fremtidige markedsmodel. Udviklingen af den fremtidige markedsmodel

tager især udgangspunkt i konklusionerne fra Markedsmodel 2.0-projektet.

Kommende initiativer til forbedring markedsvilkårene for sikring af effekttilstrækkelighed:

- **Sikring af fleksibilitet:** I forlængelse af Markedsmodel 2.0-projektet er det igangsat en række initiativer for at forbedre tilstedeværelsen af fleksibilitet i markedet. Dette omfatter blandt andet tilpasning af effektubalanceafregning, tilpasning af specialreguleringregler og fremme af fleksibilitet på forbrugssiden.
- **Hæve prisloft i day-ahead-markedet:** Energinet.dk arbejder for at hæve prisloftet fra € 3.000 pr. MWh til et niveau, der i højere grad afspejler forbrugernes reelle værdi af strøm. Danmark kan ikke isoleret hæve prisloftet, det skal foretages i fællesskab med landene i det priskoblede område.

For markedstiltagene gælder, at de er afhængige af ændring af eksisterende aftaler på internationale markeder, kommende netregler og tilpasning af den danske elforsyningslov.

### Nettilstrækkelighed

Det samlede antal fejl i transmissionsnettet er i 2015 på samme lave niveau som tidligere år. Der har i 2015 været 8 hændelser på HVDC-anlæg (jævnstrøm) tilknyttet udlandsforbindelser, der har givet anledning til ekstra opmærksomhed i driften af det samlede elsystem. Ingen af de 8 hændelser førte til afbrud af forbrugere.

Kommende initiativer inden for nettilstrækkelighed:

- **Statistik for fejl og hændelser på EU-niveau:** Energinet.dk har fortsat fokus på at sikre et øget nordisk og europæisk samarbejde om udvikling af statistikker for fejl og hændelser. Viden fra statistikkerne anvendes til et forbedret drifts- og planlægningssamarbejde over grænserne, en bedre Asset Management og i arbejdet med planlægning i forhold til forsynings-sikkerheden.
- **Reinvesteringer:** Energinet.dk står over for et stort omfang af reinvesteringer. Der er derfor igangsat et omfattende arbejde, der skal strukturere reinvesteringer i det eksisterende transmissionsnet. Planlægningen af reinvesteringer tager hensyn til komponenternes tilstand, og hvor kritiske komponenterne er for det samlede elsystem.
- **Belastningsprognoser:** Energinet.dk udvikler en ny metode til at udarbejde belastningsprognoser, der tager højde for Finansministeriets prognoser for økonomisk vækst og Danmarks Statistiks prognose for udvikling i befolkningstallet i de enkelte kommuner. Således indarbejdes det i belastningsprognosen, at elforbruget i et geografisk område afhænger af den demografiske forskydning fra yderområder til vækstcentre.

Ud over de revisioner af nettet, som er planlagt de kommende år, forventes der ikke yderligere omkostninger i nettet for opret-holdelse af forsynings-sikkerheden.

### Informationssikkerhed

Høj elforsynings-sikkerhed kræver høj IT- og informationssikkerhed. På den ene side kan moderne informationsteknologi ikke

undværes i den daglige drift af el- og gassystemerne. På den anden side øger anvendelsen af IT også elsystemets sårbarhed. I 2015 blev modenheten i Energinet.dk vurderet til at være over middel.

Kommende initiativer inden for informationssikkerhed:

- **Modenhed for IT-sikkerhed:** Energinet.dk måler IT-sikkerheden med afsæt i IT-sikkerhedsstandard ISO 27001. Energinet.dk arbejder på at nå målsætningen om, at modenheten skal op på 3,5 inden udgangen af 2016. For at hæve modenheten arbejder Energinet.dk med informationssikkerhed på alle niveauer og på at skabe overblik over de trusler, der kan påvirke driften af el- og gassystemet.
- **Informationsteknologier:** På længere sigt arbejder Energinet.dk på at sikre, at de moderne informationsteknologier bliver anvendt og indregnet som en integreret del af el- og gassystemets design. Det betyder, at robusthed og sikkerhed tænkes ind i såvel dataudveksling, datalagring og databehandling som i processer, systemer og komponenter.

#### **Internationalt samarbejde**

Danmark er ikke alene om udfordringerne med at sikre forsynings sikkerheden i takt med, at energisystemet ændres. Derfor er det positivt, at det fælles europæiske arbejde med at udforme fælles regler for markederne og driften af energisystemerne nu tager form.

I løbet af 2015 er flere af de markeds mæssige netregler godkendt eller sendt i komitologiproces.

Kommende arbejde med udvikling af fælles europæiske netregler:

- **Fælleseuropæiske netregler og guidelines:** Energinet.dk deltager fortsat aktivt i udformningen af netregler og guidelines og engagerer sig i andre europæiske samarbejdsfora på energiområdet.

I 2015 blev det besluttet af de fire nordiske TSO'er at etablere et fælles kontor i København. Kontoret formaliserer de norske, svenske, finske og danske transmissionsselskabers driftssamarbejde. Kontoret er i tråd med kommende EU-regulativer, der fordrer etableringen af såkaldte Regional Security Cooperation Initiatives (RSCI) eller regionale sikkerhedssamarbejder på transmissionsområdet.

Kommende arbejde med udvikling af fælles nordisk koordinering:

- **Nordisk kontor for regionalt samarbejde i 2017:** Etablering af det nordiske kontor for regionalt samarbejde i København er en væsentlig styrkelse af den nordiske koordinering. Kontoret skal varetage opgaver inden for koordinering af kapacitetsberegninger, afbrydelsesplanlægning og systemsikkerhedsanalyser. Kontoret forventes at blive åbnet i slutningen af 2017.



# 1. Elforsyningssikkerhed

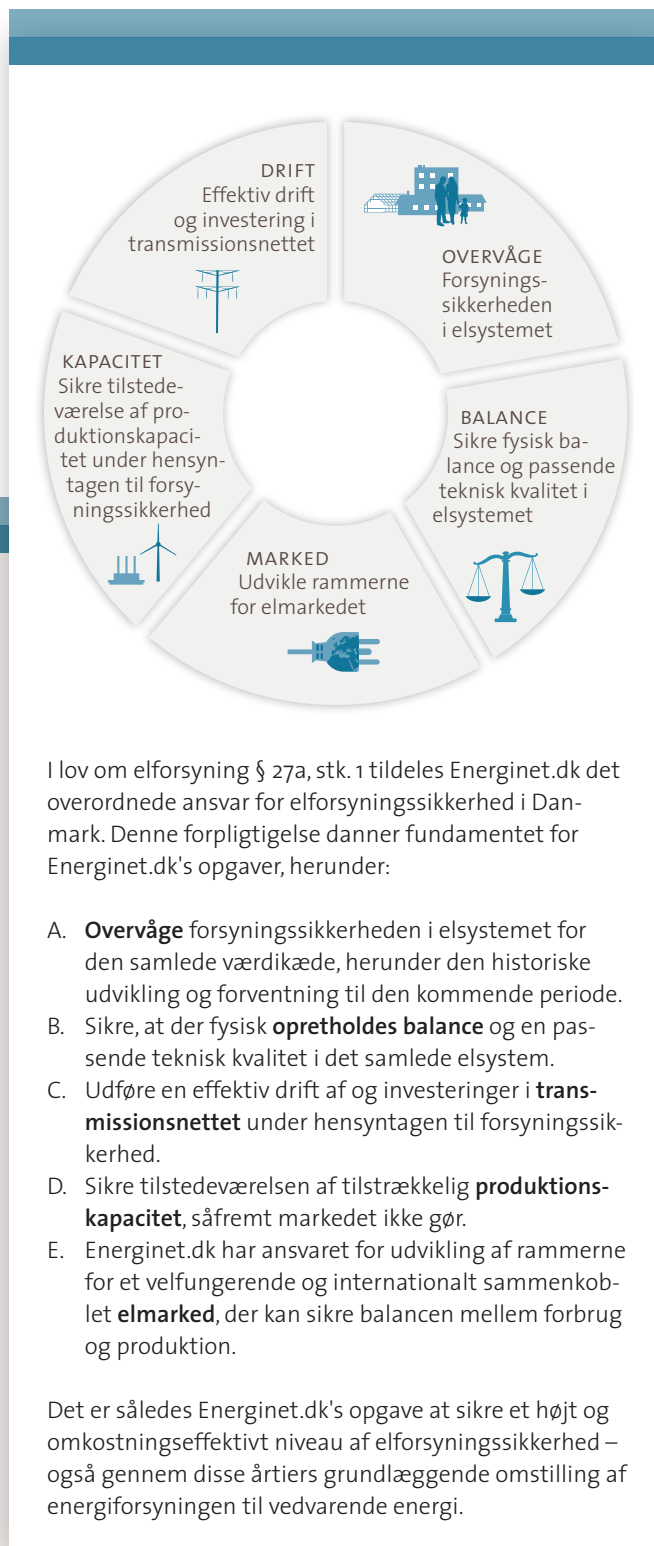
Energinet.dk er Danmarks systemansvarlige virksomhed og bygger på lov om Energinet.dk og Lov om elforsyning. Energinet.dk ejer og driver det overordnede el- og naturgasnet i Danmark og har ansvaret for forsyningssikkerheden for el og gas. Gennem internationale, markedsbaserede løsninger og samarbejde på tværs af energisektorens værdikæde stræber vi efter at opnå balance i et bæredygtigt energisystem med stigende mængder vedvarende energi.

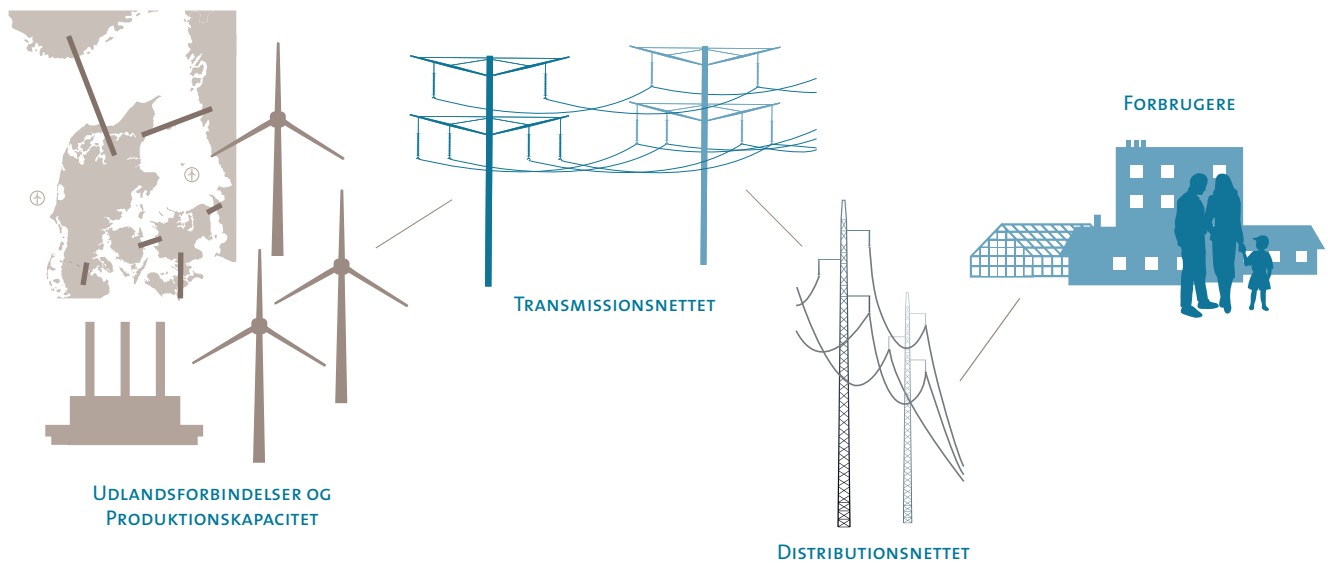
## 1.1 Energinet.dk's ansvar

I lov om elforsyning er der forskellige bestemmelser, der handler om elforsyningssikkerhed, og forskellige myndigheder er tillagt opgaver og kompetencer i relation hertil.

Det er en forudsætning for at opnå et højt og omkostningseffektivt niveau af elforsyningssikkerhed, at planlægning og driften af elsystemet udføres sammen med aktørerne i elsystemet. Herunder også udenlandske samarbejdspartnere. En af de vigtige samarbejdspartnere er netselskaberne, som ejer og driver distributionsnettet. De har ansvaret for at udbygge og drive den lokale netinfrastruktur og dermed sikre leveringen helt ud til forbrugerne.

Produktions- og handelsselskaberne har som markedsaktører, som udgangspunkt, mulighed for at beslutte niveauet af produktionskapacitet, forbrugsfleksibilitet og lagring. De kommercielle aktører har ikke direkte ansvar for elforsyningssikkerheden, og de er ikke forpligtede til at levere strøm til markedet under normal drift.





Figur 2. Et traditionelt elsystem fra produktion til forbruger.

## 1.2 Forsyningsikkerhed i europæisk kontekst

Den europæiske energipolitik er præget af Europa-Kommissionens generaldirektorat for konkurrence, og deraf har der især været fokus på liberalisering af energimarkedene. I tråd med ambitionerne om et fælles liberaliseret europæisk marked er det ambitionen, at elmarkedet skal spille en central rolle i opretholdelsen af en høj forsyningsikkerhed – og på længere sigt sikre, at forbrugerne individuelt kan tage stilling til, hvor højt forsyningsikkerhedsniveauet skal være.

Det er dog en langstrakt proces at få elmarkedet til at spille en så central rolle i opretholdelsen af forsyningsikkerheden. Erfaringen de senere år har vist, at der fortsat er hindringer for udviklingen af et velfungerende indre marked for energi. Der er fortsat et nationalt fokus i de enkelte medlemslande, som påvirker funktionaliteten af det indre marked og dermed markedets evne til alene at sikre tilstrækkelig produktionskapacitet og infrastruktur.

Næste trin i den videre europæisering af energipolitikken er den foreslåede Energiunion, som har fokus på forsyningsikkerhed, bæredygtighed og konkurrence. På baggrund af fokusområderne vil Europa-Kommissionen gennemføre to væsentlige lovgivningsinitiativer allerede i 2016. Et forslag til ny regulering af elforsyningsikkerhed og et andet til regulering af elmarkedet. Disse to initiativer skal sikre, at det indre marked for energi udvikles, så det lever op til målsætningerne om at sikre forbrugerne billig strøm samtidig med, at den stadigt større mængde

vedvarende energi skal integreres, uden at det går ud over forsyningsikkerheden.

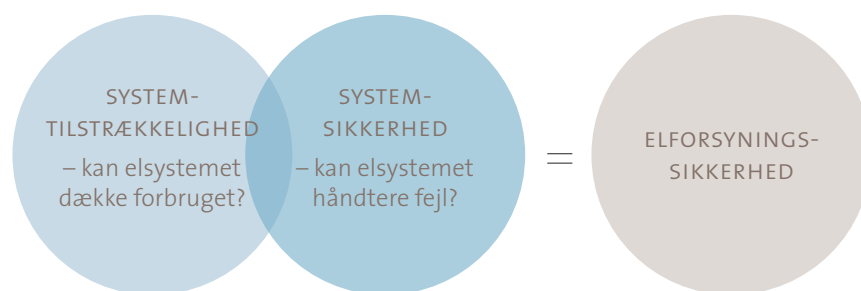
Et europæisk elmarked kan dog ikke alene sikre tilstrækkelige investeringer i infrastruktur og værktøjer til sikring af balancen i elsystemet og herunder den tekniske kvalitet. Det betyder, at andre områder også er en del af den europæiske energipolitik – herunder drift og netudbygning. Det gælder eksempelvis fælles regler via:

- Netregler (fælles europæiske regler om elmarkeder, systemdrift og nettilslutning).
- De tiårige netudviklingsplaner (TYNDP) forbedres med henblik på at sikre, at netudbygning sker, hvor det er mest omkostningseffektivt.
- Regionalt driftssamarbejde i Regional Security Cooperation Initiatives (RSCIs).

Med liberaliseringen af elmarkedet og en elforsyning, der i stadig stigende grad baserer sig på vedvarende og mere decentral elproduktion, bevæger elsystemet sig mod et mere sammenhængende system, hvor landene bliver mere gensidigt afhængigt af hinanden. Forsyningsikkerhed er derfor allerede i dag et fælles europæisk anliggende.

## 1.3 Sikring af forsyningsikkerhed handler om risikovurderinger

Manglende leverancer til forbrugeren kan skyldes mange forskellige hændelser. I praksis er det derfor ikke muligt at have en forsyningsikkerhed på 100 pct. Det vil kræve uendelig meget



Figur 3. Illustration af systemsikkerhed og systemtilstrækkelighed, som i praksis er to delvist overlappende begreber.

backup af både produktion og infrastruktur og dermed være uendelig dyrt. Overordnet forstås elforsyningsikkerhed som

*“sandsynligheden for, at der er el til rådighed for forbrugerne, når den efterspørges”<sup>1</sup>*

Det er dermed ikke antal og størrelse af fx kraftværker, vindmøller og elledninger, der i sig selv afgør niveauet af elforsyningsikkerhed. Det er et komplekst samspil i tid og sted mellem elsystemets elementer, elmarkedet og forbrugeren, der betyder noget. Det afgørende er, om der er strøm, når forbrugeren efterspørger den.

### 1.3.1 Vurdering af risici

Risikovurderinger for elsystemet opdeles i to kategorier, systemtilstrækkelighed og systemsikkerhed.

**Vurdering af systemtilstrækkelighed** er at vurdere, om:

- Der er tilstrækkelig energi til at dække forbruget (energi).
- Der er tilstrækkelig infrastruktur til at få transporteret strømmen fra produktionsenhed til forbruger (infrastruktur).

**Vurdering af systemsikkerhed** er at vurdere, om det er muligt at:

- Opretholde en konstant balance mellem produktion og forbrug, så den tekniske kvalitet sikres, og at systemkollaps undgås (stabilitet).

- Elsystemets evne til at håndtere pludselige driftsforstyrrelser forårsaget af fx elektriske kortslutninger, et pludseligt udfald af et kraftværk eller en transmissionsforbindelse, uden at det påvirker elforsyningen eller medfører strømafbud (pludselige hændelser).

### 1.3.2 Identificere og iværksætte mitigerings tiltag

Når risiciene for forsyningsikkerheden er identificeret, vurderes det, hvorvidt det er hensigtsmæssigt at iværksætte mitigerende tiltag for at imødegå den pågældende risiko. Et tiltag kan eksempelvis være at erstatte en transformer, som har stor risiko for at havare eller at indkøbe en strategisk reserve.

En omkostningseffektiv elforsyningsikkerhed handler ideelt set om at vurdere, hvorvidt der skal iværksættes mitigerende tiltag, eller om man skal tage risikoen for afbrud. Det handler om at vurdere tiltag i forhold til hinanden ved at vægte risikoreduktion i forhold til omkostninger.

I praksis er det ikke muligt at sætte sandsynlighed på alle risici, og man kan være nødt til at definere nogle statiske minimumskrav for at gøre en sandsynlighedsbaseret risikotilgang operativ.

Mange risici vil være omkostningstunge at løse nationalt. En høj og omkostningseffektiv elforsyningsikkerhed i Danmark er derfor også en vurdering af muligheder igennem et tæt internationalt samarbejde.

1. I tråd med Energistyrelsens rapport "Elforsyningsikkerhed i Danmark" fra juli 2015.

# 2. Historisk elforsyningsikkerhed

Den danske elforsyningsikkerhed er blandt de bedste i Europa. De danske elforbrugere har således i mange år haft en meget høj sikkerhed for levering af el. I takt med at den grønne omstilling gennemføres, skal elforsyningsikkerheden fortsat holdes på et højt niveau.

Elforsyningsikkerheden har også i 2015 været på et meget højt niveau med et lavt antal afbrudsminutter pr. forbruger. I 2015 har der fortsat været et meget lavt antal hændelser i elsystemet med betydning for elforsyningsikkerheden.

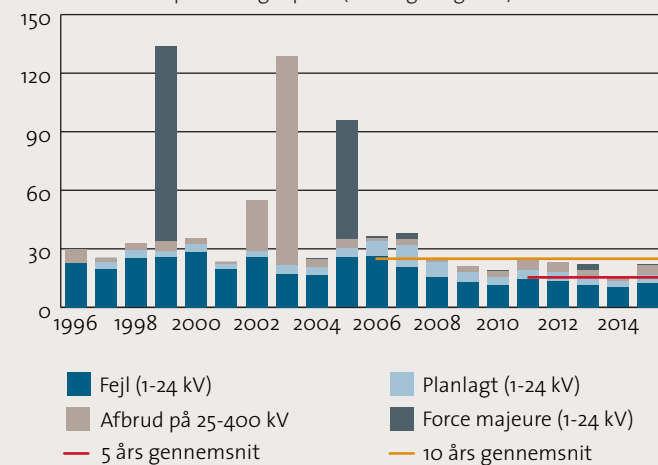
## 2.1 Afbrudsstatistik

En historisk afbrudsstatistik for fejl og afbrud i det danske elforsyningsnet er blevet ført siden 1967. Registreringen sker gennem Elselskabernes Fejl- og Afbrudsstatistik (ELFAS) og håndteres af Dansk Energi Forskning og Udvikling (DEFU).

De enkelte netselskaber indmelder driftsforstyrrelser på distributionsniveau, og Energinet.dk indmelder tilsvarende driftsforstyrrelser på transmissionsniveau. ELFAS giver et omfattende grundlag til opgørelse af den danske elforsyningsikkerhed i historisk perspektiv.

Afbrudsstatistik opgøres ikke på enkeltkundeniveau. Når alle forbrugere inden 2020 har fået udrullet digitale elmålere, og de er indkørt i den centrale DataHub, vil det blive muligt at opgøre afbrud for den enkelte forbruger.

Afbrudsminutter pr. forbruger pr. år (forbrugsvægtede)



Figur 4. Afbrudsstatistik for Danmark, 1996-2015<sup>2</sup>.

I 2015 var antallet af afbrudsminutter stadig meget lavt. Der var godt 22 minutters afbrud, hvilket svarer til niveauet for 2013. Tallet er lidt højere end i 2014, som havde et historisk lavt niveau på godt 15 afbrudsminutter.

<sup>2</sup> "Afbrud på 25-400 kV" inkluderer afbrud forårsaget af driftsforstyrrelser uden for 1-24 kV-statistikområdet, herunder 25-99 kV-distributionsnettet og transmissionsnettet over 100 kV, men også afbrud forårsaget af fejl i kundeinstallationer og nabo-områder er inkluderet. Kilde: Dansk Energi

Figur 4 illustrerer den gennemsnitlige varighed af afbrydelser i elforsyningen i minutter pr. forbruger pr. år (forbrugsvægtet) i Danmark<sup>3</sup>. Søjlerne i figuren er opdelt i spændingsniveauerne 1-24 kV og 25-400 kV. For distributionsniveauet 1-24 kV, hvor langt de fleste afbrud forekommer, er afbruddene også opdelt efter årsagen. Mange forbrugere vil i løbet af et år opleve et afbrud varende fra få minutter til flere timer, mens endnu flere slet ingen afbrud vil opleve.

Den mørkegrå del af søjlerne (øverst) dækker både afbrud i distributionsnettet mellem 25 kV og 99 kV og afbrud i Energinet.dk's transmissionsnet (132 kV, 150 kV, 220 kV og 400 kV). Effektmangel har historisk ikke været årsag til afbrud af forbrugere i Danmark og indgår derfor ikke i figuren.

Bortset fra enkeltstående hændelser, som en relæfejl i 2002 og en fejl i det svenske net i 2003, er det generelle billede, at langt størstedelen af afbrudsminutterne skyldes fejl i distributionsnettet.

Store fejl på transmissionsniveau er sjældne, men rammer til gengæld mange forbrugere. Det var tilfældet i 2002 og 2003.

<sup>3</sup> Helt præcist viser Figur 4, den gennemsnitlige varighed af historiske forbrugsafkoblinger for 1-24 kV-leveringspunkter pr. år. Ved et 1-24 kV-leveringspunkt forstås netstationer med transformation fra 10/20 kV til 0,4 kV eller tilslutningspunkter til højspændingskunder (med egen 10/20 kV til 0,4 kV transformerstation). På grund af det høje antal af disse leveringspunkter – og omtrent samme energiforbrug under hvert – kan det antages, at afbrudsvarighed er vægtet i forhold til forbrug. Datasættet repræsenterer med andre ord alle hændelser i højspændingsnettet i Danmark, det vil sige, alle net over 1 kV. Figuren medregner ikke fejl i lavspændingsnettet (0,4 kV), hvilket vurderes at øge den samlede afbrudstid med ca. 10 pct.

(Min/år)	5 år	10 år	15 år	20 år
Distribution < 25 kV	17,0	21,0	26,3	31,6
Transmission og distribution >= 25 kV	4,6	3,6	12,0	10,0
Total	21,6	24,7	38,3	41,6

Tabel 3. Gennemsnitlige afbrudsminutter set over de seneste 5, 10, 15 og 20 år.

Det gennemsnitlige afbrudsniveau bør derfor ses over en længere årrække.

Force majeure-hændelserne i 2013 skyldes stormene Allan og Bodil. Grundet de senere års omfattende kabellægning af distributionsnettet er konsekvensen for forbrugerne langt mindre end ved stormen i 1999.

I Danmark ligger afbrud på distributionsniveau forholdsvis konstant omkring 20-30 minutter pr. gennemsnitsforbruger pr. år. Disse afbrud har dog haft en let nedadgående tendens på grund af kabellægningen af distributionsnettet.

## 2.2 Hændelser i elsystemet 2015

Hændelser med betydning for elforsyningsikkerhed sker på både markeds-, system- og komponentniveau.

## Solformørkelse marts 2015

Op til solformørkelsen 20. marts 2015 blev der foretaget en grundig forberedelse over hele Europa. Solformørkelsen medførte en kraftig nedgang i produktionen fra solceller i Europa, svarende til 7 gange Danmarks elforbrug. Det medførte, at der under solformørkelsen var behov for at starte et kraftværk på størrelse med de største danske kraftværker hvert minut og ligeledes slukke et hvert minut, når solformørkelsen aftog for at opretholde et stabilt elsystem.

Et stort forarbejde og tæt samarbejde fra de europæiske transmissionsselskaber betød, at elnettet var meget stabilt gennem hele solformørkelsen. Erfaringen fra solformørkelsen er, at med den rette planlægning og tæt internationalt driftssamarbejde kan situationer som denne håndteres.

### 2.2.1 Effekttilstrækkelighed – markedet

Som det har været tilfældet historisk, var der i 2015 ingen hændelser relateret til manglende effekttilstrækkelighed i det danske elsystem. Således var der ingen markedsrelaterede mangelsituationer i 2015, som førte til manglende priskryds.

Ved manglende priskryds er prisen i day-ahead-markedet lig prisloftet på 3.000 euro pr. MWh. Sidst spotpriserne ramte prisloftet var den 7. juni 2013 i Vestdanmark – dog uden at føre til afbrud af forbrugere.

### 2.2.2 Brug af brownout

Der har ikke været behov for kontrolleret afkobling af forbrugere (såkaldt brownout) i 2015 for at håndtere pressede driftssituationer.

### 2.2.3 Systemsikkerhed – driftsstatus

Den daglige drift af elsystemet skal sikre, at elproduktion og elforbrug balancerer på ethvert tidspunkt. Gennem aktiv og løbende opdatering af prognoser og driftsplaner frem mod den

enkelte driftstime kan ubalancer minimeres, før de opstår i selve driftsøjeblikket.

Det bidrager til, at Energinet.dk's kontrolcenter løbende får indsigt i, hvilke ressourcer der er til stede. Sammen med nedskrevne procedurer anvendes informationen til at styrke systemsikkerheden, da systemkritiske situationer bedre kan forebygges og håndteres hurtigere.

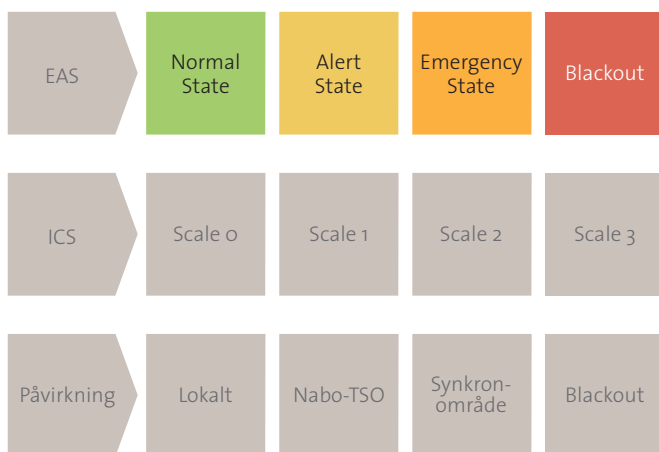
I normaldrift er driften af elsystemet karakteriseret ved at følge de almindelige driftsbetingelser, herunder at elsystemet kan klare et udfald af den største enhed (N-1 princippet<sup>4</sup>). I langt det meste af tiden opereres elsystemet i normaldrift.

Hvis hændelser i elsystemet betyder, at normaldriften trues, og der er risiko for usikker drift, overgår driftssituationen til skærpet drift. I skærpet drift kan markedet suspenderes, og Energinet.dk kan tage alle håndtag i brug for at sikre elforsyningen. Driftssituationen er af og til skærpet, mens suspendering af markedet sker meget sjældent. I 2015 er der registreret skærpet drift tre gange. En gang i forbindelse med:

- Solformørkelse i marts 2015
- IT-hændelse i december 2015

Ved ustabil drift og samtidige lokale/regionale afbrydelser ændres driftssituationen til nøddrift. I nøddrift tilkalder Energi-

<sup>4</sup> N-1 princippet betyder, at elsystemet skal kunne håndtere enhver driftsforstyrrelse og inden for 15 minutter være klart til at håndtere enhver ny driftsforstyrrelse, uden at nogen af fejlene medfører ukontrollable udkoblinger i nettet, som risikerer at påvirke nabo-områderne negativt.



Figur 5. Illustration af sammenhængen mellem The European Awareness System (EAS) og Incidents Classification Scale (ICS).

Kriterier	Skala 0	Skala 1	Skala 2	Skala 3
Hændelser på elementer i transmissionsnettet	2013: 12 2014: 5 <b>2015: 11</b>	2013: 2 2014: 10 <b>2015: 8</b>		
Overtrædelse af spændingsstandarder	2014: 40 <b>2015: 0</b>	2014: 3 <b>2015: 0</b>		
Tab af IT-værktøjer		2014: 4 <b>2015: 1</b>		

Tabel 4. Oversigt over indberettede hændelser til ICS-statistikken for Danmark i 2013, 2014 og 2015.

net.dk ekstra mandskab for bemanding af krisestab, og der skal gøres klar til at håndtere længerevarende driftsforstyrrelser. Det er yderst sjældent, der meldes nøddrift, og der har ikke været meldt nøddrift i 2015.

## 2.2.4 Systemsikkerhed – europæisk indberetning

Det europæiske elsystem er tæt forbundet, og driftsforstyrrelser i ét land kan påvirke nabolande eller i værste fald hele Europa. Derfor samarbejder de europæiske TSO'er for at sikre et fælles elsystem i sikker drift.

ENTSO-E har udviklet to værktøjer for at styrke det fælles europæiske driftsarbejde. Disse betegnes henholdsvis:

- The European Awareness System (EAS)
- Incidents Classification Scale (ICS).

EAS er et fælles europæisk realtidssystem, der leverer online information til hver enkelt TSO om driftsstatus for elsystemet i hvert område. Billedligt talt giver EAS løbende et signal i grønt, gult eller rødt om driftsstatus i de enkelte områder. Systemet giver blandt andet information om flow på udlandsforbindelser og kritiske hændelser i nabolande, som kan påvirke driften af eget system.

EAS har dannet baggrund for metodologien i indberetningsmetoden ICS. ICS sigter mod at give overblik over hændelser i det europæiske elsystem gennem én fælles indberetningstode. ICS-statistikken omfatter alene hændelser på 220 kV-ni-

veau eller derover. Metodologien og indberetningsomfanget er under løbende udvikling.

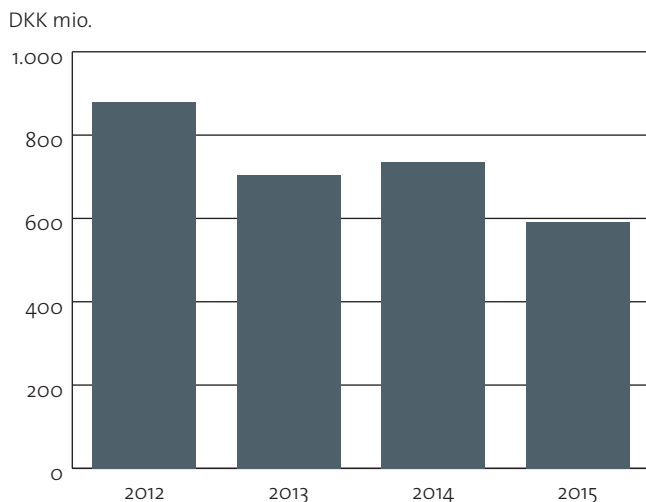
Hændelserne klassificeres i indberetningen på en skala fra 0-3, hvor 3 er de alvorligste hændelser:

- **Skala 0** Lokale afvigelser med lav påvirkning af driftssikkerheden.
- **Skala 1** Alvorligere hændelser og hændelser, der påvirker mere end én TSO.
- **Skala 2** Omfattende hændelser i et større område (synkronområde, ansvarsområde, nabo-TSO'er).
- **Skala 3** Større hændelser, der ender i blackout.

Den danske indberetning til ICS-statistikken startede i 2013. I 2013 blev der alene rapporteret på fejl på HVDC-anlæg. HVDC-fejl indgik i 2013-rapporteringen som skala-0-hændelser. Fra og med 2014 indgår HVDC-fejl som skala-1-hændelser.

Mest bemærkelsesværdigt for 2015 er, at der ingen hændelser var, som følge af overtrædelse af spændingsstandarderne. Det skyldes, at Energinet.dk i 2015 etablerede en ny TSO-vagtsfunktion med fokus på netop spændingsregulering. Yderligere har forskellige markedsforhold (fx stor import via Skagerrak) og tekniske forhold (fx idriftsættelse af Skagerrak 4) medvirket til reduktionen i spændingsoverskridelser.

I 2015 blev der registreret 7 større hændelser med IT-værktøjer, der påvirkede kontrolcentret. Én af disse er registreret som en skala-1-hændelse i ICS-statistikken. Tab af IT-værktøjer registreres udelukkende for skala 1 og skala 2 i ICS-statistikken.



Figur 6. Omkostninger til systemydelser for el i 2012-2015. Omkostningerne dækker både reserver og systembærende egenskaber.

Antallet af HVDC-hændelser endte i 2015 på 8 mod 10 året forinden. Hændelserne i 2015 fordelte sig med 5 på Konti-Skan, 2 på Kontek og én på Skagerrak.

Det er planen at inkludere hændelser, hvor N-1 kriteriet ikke overholdes i ICS-statistikken fra og med 2016.

## 2.2.5 Systemydelser

Systemydelser er de produktions- og forbrugsreduktionsressourcer, som står til rådighed i driftstimen, og som aktiveres automatisk eller på anmodning fra den systemansvarlige aktør. Formålet med deres brug er at opretholde balancen i elmarkedet og den overordnede stabilitet i elsystemet.

Der er i 2015 samlet købt systemydelser for DKK 592 mio. mod DKK 735 mio. i 2014. Faldet skyldes primært, at omkostningerne til automatiske reserver er faldet i Østdanmark, som følge af fælles indkøb med Sverige og indkøb af automatiske reserver fra Norge til Vestdanmark.

Ud over reserver indkøbes der også systembærende egenskaber. Systembærende egenskaber kan leveres af netkomponenter, synkronkompensatorer og kraftværker. Dele af behovet er fremskaffes ved at aktive termiske kraftværker. Energinet.dk indkøber anlæg, der kan levere systembærende egenskaber på månedsbasis gennem udbud eller ved beordringer, når udbud ikke er muligt. Fra sommeren 2015 er der også lavet et indkøb for sommermånederne maj-august, hvor der indkøbes på ugebasis. Proceduren skal skabe transparens om behov og omkost-

### Omkostninger til indkøb af systembærende egenskaber

Mio. kr.	2013	2014	2015
Markedskontrakter	104	164	171
Beordringer	57	54	6
Omkostninger til indkøb af systembærende egenskaber i alt	161	218	177

Tabel 5. Omkostninger til indkøb af systembærende egenskaber hos aktørerne.

ninger ved aktivering. Månedssindkøbet foretages, hvor Energinet.dk vurderer, at der ikke er et tilstrækkeligt antal kraftværker eller andre systembærende enheder på nettet.

Beordringer anvendes, som et redskab til at fremskaffe systembærende egenskaber i driftssituationer med fx havari på kraftværker eller dele af transmissionsnettet. Som opfølgning på Markedsmodel 2.0 er der igangsat projekt med involvering af markedsaktørerne om mere transparens på kort og lang sigt for behov og klare prissignaler til sikring af samfundsøkonomisk fremskaffelse.

De samlede omkostninger til indkøb af systembærende egenskaber faldt med ca. 40 mio. kr. fra 2014 til 2015. Faldet skyldes blandt andet et mindre behov for indkøb af systembærende egenskaber i Vestdanmark efter idriftsættelsen af Skagerrak 4 samt idriftsættelsen af synkronkompensatoren i Fraugde på Fyn i 2014. Behovet for indkøb af systembærende egenskaber i



## Systembærende egenskaber

Ved systembærende egenskaber forstås de ydelser, der er nødvendige for at opretholde en sikker og stabil drift af elsystemet, og som ikke tilvejebringes i reservemarkerne for elektrisk energi:

- **Frekvensstabilitet:** Opretholdelse af stabil frekvens ud over hvad balanceringen i de aktive effektmarkeder formår. Til frekvensstabilitet knytter sig inert, frekvensreserver og mere dynamiske reserver.
- **Spændingsstabilitet:** Opretholdelse af stabil spænding med mindst mulig transport af reaktiv effekt og maksimering af den aktive effekttransport. Til spændingsstabilitet knytter sig Mvar-reserver og spændingskvalitet.
- **Kortslutningseffekt:** Opretholdelse af et passende kortslutningseffektniveau som muliggør drift af elsystemet, så både de klassiske jævnstrømsforbindelser (HVDC) og anvendte relæbeskyttelser kan fungere korrekt.

Systembærende egenskaber leveres blandt andet af termiske anlæg i drift og synkronkompensatorer, og kan ikke transporteres langt. En systembærende enhed i Nordjylland kan eksempelvis levere 'stærke' systembærende egenskaber i Nordjylland, men 'svagere' egenskaber i Sønderjylland.

Østdanmark er blevet mindre med idriftsættelsen af synkronkompensatoren i Herslev på Sjælland i 2014.

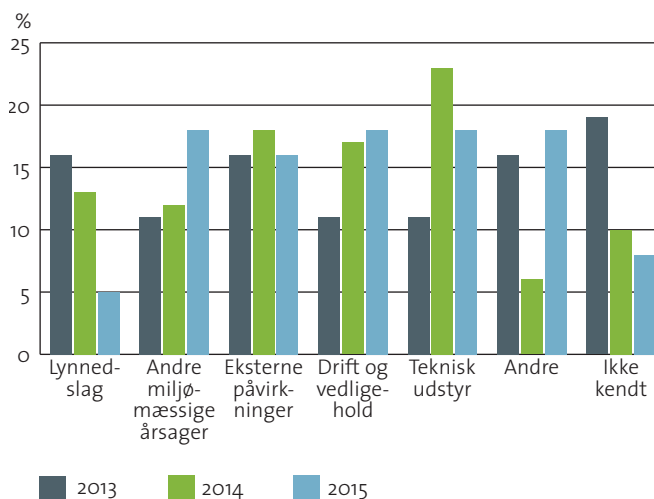
Lave spotpriser i 2015 har medført et grundlæggende opadgående pres på omkostningerne til at købe aktive kraftværker i drift. Energinet.dk har i 2015 for første gang indkøbt driftsklare værker på markedskontrakter.

Omfanget af beordringer af kraftværker i 2015 udgør en begrænset andel af de samlede omkostninger til fremskaffelse af systembærende egenskaber.

### Ønsker om afvikling af værker og aflyste revisionsansøgninger

Der udarbejdes årligt en maskinrevisionsplan, hvor revisioner på centrale kraftværker fremgår. Maskinrevisionsplanen koordineres mellem kraftværker, nabo-TSO'er og Energinet.dk. Når maskinrevisionsplanen er godkendt af Energinet.dk, kan Energinet.dk ikke afvige herfra uden at kompensere kraftværket. I 2015 har Energinet.dk ikke aflyst revisioner planlagt i maskinrevisionsplanen.

Der har i 2015 ikke været nogen sager med ansøgning om mølposelægning, ændret startvarsel eller dekommissionering af



Figur 7. Illustration af den procentvise fordeling af fejl i vekselsstrømsnettet (HVAC), Kilde: DISTAC, Nordic and Baltic grid disturbance statistics 2014.

termiske værker, hvor Energinet.dk har vurderet, at der var en ændring for forsyningssikkerheden.

## 2.2.6 Fejl i nettet

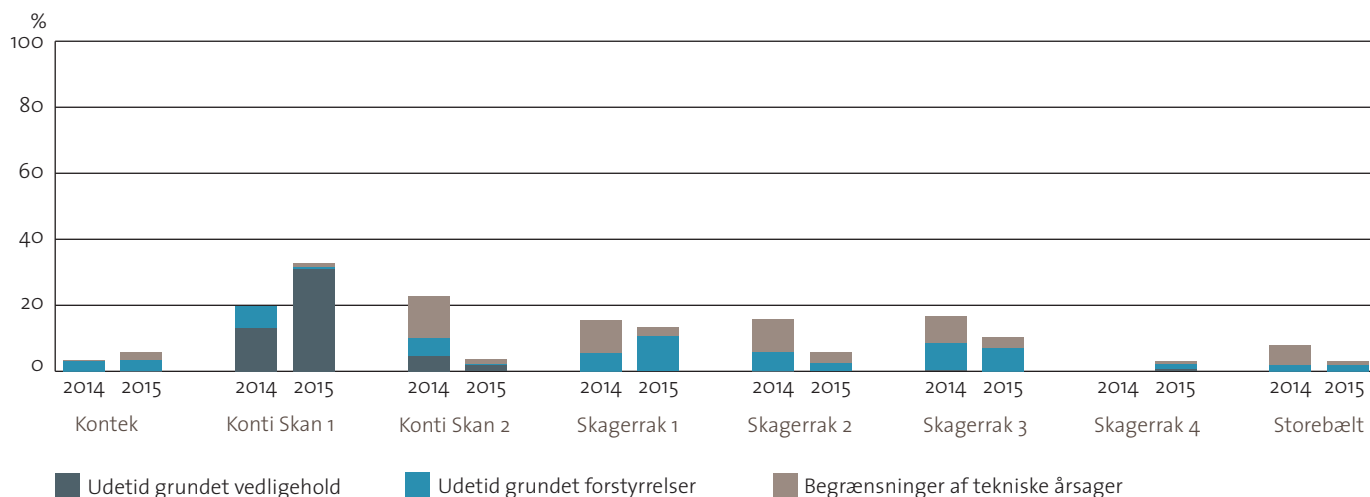
Viden om fejlratener i nettet m.v. anvendes til at vurdere og planlægge den fremadrettede systemsikkerhed samt i arbejdet med Asset Management. Fejl på enkeltkomponenter eller alarmsystemer leder sjældent til manglende levering af energi hos forbrugere.

Der udarbejdes årligt en rapport om de forstyrrelser og fejl, der har været i nettet over 100 kV for hhv. jævnstrøm og vekselsstrøm. Analyserne og statistikkerne udgives i regi af ENTSO-E og udarbejdes af den nordiske og baltiske gruppe DISTAC (Nordic Disturbance Statistic). Formålet med DISTAC er at få en ensartet metode til at klassificere og beregne antallet af forstyrrelser og fejl i hele Norden og Baltikum. Det giver mulighed for at dele viden på tværs af grænser og drage nytte af andre landes erfaringer.

### Rapportering for vekselsstrømsnettet (HVAC)

Statistikken for HVAC-nettet, "Nordic and Baltic Grid Disturbance Statistics" er en teknisk hændelsesrapportering, der giver indblik i fejlfrekvenser, årsager, komponenter med mange fejl og leveringssikkerhed.

I 2014 var der 77 fejl i det danske net på spændingsniveau over 100 kV, til sammenligning var der 63 fejl 2013. Antallet af fejl opgjort på årsbasis har de seneste par år været stigende, dog



Figur 8. Oversigt over udetid/begrænsninger i pct. af teknisk kapacitet for hver HVDC-forbindelse til eller i Danmark i 2014 fordelt på årsager. Kilde: DISTAC, Nordic and Baltic HVDC utilisation and unavailability statistics 2014.

uden at øge det gennemsnitlige antal fejl over de seneste 10 år væsentligt. 10 års gennemsnittet er fra 2013 til 2014 steget med én enkelt fejl til 64.

I 2015 forventes ca. 79<sup>5</sup> fejl i det danske net på spændingsniveau over 100 kV.

#### Rapportering for jævnstrømsnettet (HVDC)

For Danmarks vedkommende omfatter jævnstrømsnettet en række udlandsforbindelser og Storebæltsforbindelsen. Statistikken fra DISTAC, "Nordic and Baltic HVDC Utilisation and Unavailability Statistics", indeholder informationer om, hvordan de nordiske HVDC-forbindelser påvirkes af begrænsninger i nettet af tekniske årsager eller af fejl og vedligehold.

I 2014 var der i Norden 64 fejl på HVDC-forbindelser, hvoraf 24 var på forbindelser til eller fra Danmark. De tre største hændelser i Norden indtraf på Konti-Skan 1, Konti-Skan 2 og Estlink 1. Den længste hændelse indtraf på Konti-Skan 1 på grund af en kabelfejl. Kablet var ude fra 11. november og året ud.

I 2015 forventes tallet at blive ca. 24<sup>5</sup> fejl på forbindelser til/fra Danmark.

I sammenligningen af de nordiske jævnstrømsforbindelser har Kontek og Storebælt nogle af de laveste udetider. Skagerrakforbindelserne placerer sig lidt over midten, og Konti-Skan forbin-

delse placerer sig på en tredje og fjerde plads på listen over forbindelser med højest udetid i 2014.

### 2.2.7 Beredskabshændelser

I elsystemet indtræffer der jævnligt hændelser. De fleste af disse håndteres af den normale vagtstruktur og bliver derfor ikke betragtet som beredskabshændelser. Beredskabshændelser er sjældne, men kan få store konsekvenser for forsyningsikkerheden.

Beredskabshændelser er ofte komplekse og kræver, at flere funktioner og selskaber samarbejder. Beredskabshændelser kræver ofte samarbejde med aktører uden for sektoren: fx politi, brandvæsen og beredskab.

Når beredskabet har været aktiveret, skal hændelsen indberettes til Energistyrelsen med beskrivelse af både hændelsesforløb og opfølgningsskridt. Af årsrapporterne om beredskab fremgår de hændelser, hvor det er vurderet, at væsentlige dele af beredskabet har været aktiveret.

Hændelser, som har betydning i beredskabssammenhæng i 2015:

- Brand/smeltning i nødstrømsrummet i Erritsø i august 2015.
- Snestorm i november 2015.
- IT-hændelse i december 2015.

Ingen af hændelserne førte til afbrud af forsyning hos forbrugere.

<sup>5</sup> Data for 2015 er endnu ikke konsistentstjekket med de øvrige TSO'er i DISTAC-samarbejdet.

# 3. Fremadrettet risikovurdering

Risikovurderinger for elsystemet opdeles i to kategorier, systemtilstrækkelighed og systemsikkerhed.

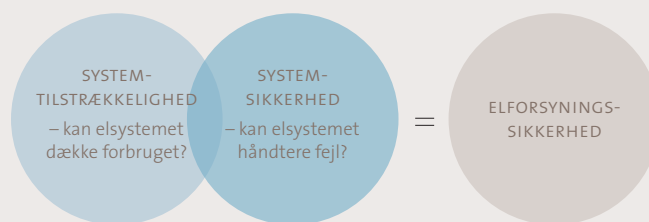
Vurdering af systemtilstrækkelighed er en vurdering af elsystemets evne til at dække forbrugernes samlede efterspørgsel og kan underopdeles i effekttilstrækkelighed og nettilstrækkelighed. Effekttilstrækkelighed er systemets evne til at producere tilstrækkelig elektricitet til forbrugerne på de tidspunkter, hvor der er behov for den. Nettilstrækkelighed er transmissions- og distributionssystemets evne til at transportere tilstrækkelig elektricitet fra der, hvor den produceres, til der, hvor den efterspørges.

Vurdering af systemsikkerhed er en vurdering af elsystemets evne til at håndtere pludselige driftsforstyrrelser forårsaget af fx elektriske kortslutninger, et pludseligt udfald af et kraftværk eller en transmissionsforbindelse, uden at det påvirker elforsyningen eller medfører strømafbud.

I den fremadrettede risikovurdering lægges der vægt på:

- Markedsudvikling
- Effekttilstrækkelighed
- Nettilstrækkelighed
- Systemsikkerhed
- Den daglige drift
- Informationsikkerhed

Risikovurderingen anvendes til at vurdere, om der skal iværksættes mitigeringsforanstaltninger for at overholde Energinet.dk's målsætning på samlet 50 effektminutter<sup>5</sup>.



Figur 9. Illustration af systemsikkerhed og systemtilstrækkelighed, som i praksis er to delvist overlappende begreber.

## 3.1 Markedsudvikling

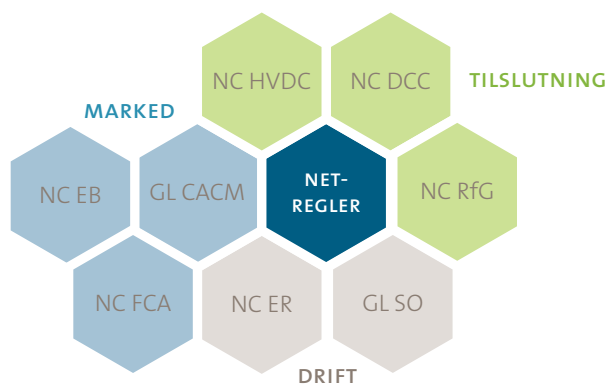
Den nuværende markedsmodel har siden liberaliseringen af elmarkedet medvirket til at optimere anvendelsen af eksisterende produktionsanlæg og medvirket til at sikre balance mellem forbrug og produktion. Med markedsmodellen er produktions- og handelsleddet lagt ud til markedsaktører, der som udgangspunkt beslutter niveauet af produktionskapacitet, forbrugsfleksibilitet og lagring. De kommercielle aktører har ikke direkte ansvar for elforsyningsikkerheden, og de er ikke forpligtede til at levere strøm til markedet under normal drift. Energinet.dk har ansvaret for udvikling af rammerne for et velfungerende og internationalt sammenkøbt elmarked, der kan sikre balance mellem forbrug og produktion.

<sup>5</sup> Effektminutter udtrykker mængden af ikke-leveret energi i forhold til, hvor meget strøm der gennemsnitligt bruges pr. minut i hhv. Øst- og Vestdanmark. Det betyder, at effektminutter er forbrugsvægtede afbudsminutter, som beregnes ved at dividere ikke-leveret energi med det gennemsnitlige timeforbrug.

## Hvad er en netregel?

"Netregel" er det danske ord, der bruges for de europæiske regler, der regulerer og understøtter udviklingen af et vel-fungerende indre marked for elektricitet.

Netregler vedtages som EU-lovgivning i form af enten "Network Codes" (NC) eller "Guidelines" (GL), der har direkte virkning i Danmark. Netregler udvikles i samspil mellem ACER (Agency for the Cooperation of Energy Regulators) og ENTSO-E. Netregler omfatter både markeds-, drifts- og tilslutningsvilkår. Guidelines definerer ofte en ramme ud fra hvilken, der efterfølgende skal laves mere detaljerede fælles regelsæt.



Figur 10. Illustration af netregler og deres indbyrdes sammenhæng.

De tilslutningsmæssige netregler udgøres af:

- Nettilslutning for **forbrugsanlæg** (NC DCC): Tilslutningsbetingelser for forbrugsanlæg. Netreglen forventes at blive godkendt i efteråret 2016.
- Nettilslutning af **elproducerende anlæg** (NC RfG): Tilslut-

ningsbetingelser for produktionsanlæg. Netreglen forventes at blive godkendt i efteråret 2016.

- Tilslutning og drift af **jævnstrømsforbindelser** (NC HVDC): Tilslutningsbetingelser for HVDC-forbindelser. Netreglen forventes at blive godkendt i efteråret 2016.

De driftsmæssige netregler udgøres af:

- **Drift af elsystemet (GL SO)**: Regler og rammer for driften af elsystemet. Guidelinen er vedtaget i Cross Boarder Committee den 4. maj. Den forventes at træde i kraft i slutningen af 2016.
- Håndtering af **krisituationer** (NC ER): Håndtering af krisituationer og genetablering af forsyningen. Netreglen er under evaluering og forventes at skulle godkendes i løbet af efteråret 2016.

De markeds-mæssige netregler udgøres af:

- **Kapacitetsallokering** (GL CACM): Håndtering af flaskehalse på grænseoverskridende kapacitet med regler for kapacitetsberegning, regler for day-ahead- markedet, regler for Intraday-markedet. Forordningen CACM trådte i kraft den 14. august 2015.
- **Forward kapacitetsallokering** (NC FCA): Definerer reglerne for køb af transmissionsrettigheder – det vil sige retigheden til at benytte kapacitet på en overføringsforbindelse i en given periode. FCA forventes at træde i kraft i løbet af sommeren 2016.
- Regler for **balancering** (GL EB): Regler for opbygning af et fælleseuropæisk marked for håndteringen af ubalancer efter, at day-ahead- og intraday-markederne er lukket. Behandlingen af netreglen i komitologiproces forventes at begynde i sommeren 2016.

Følg arbejdet med netregler på [//networkcodes.entsoe.eu/](http://networkcodes.entsoe.eu/)

Det forventes på længere sigt, at markedsmodellen udvikles i en retning, hvor den enkelte forbruger fastsætter sin maksimale betalingsvillighed direkte i markedet. Derfor forventer Energinet.dk på sigt, at forbrugerne i højere grad bidrager til aktivt at reducere forbruget, når der indtræffer situationer med mangel på effekt. På kort sigt kan andre løsninger komme i spil, fx strategiske reserver, for at opnå et ønsket effekttilstrækkelighedsniveau.

I øjeblikket er der to centrale områder inden for markedsudvikling:

- Udvikling af europæiske netregler for elmarkedet. Netreglerne bidrager til forsynings sikkerheden ved at harmonisere markedsreglerne og dermed mulighederne for bedre at udnytte både produktions- og transmissionskapacitet på tværs af grænser.
- Udvikling af den fremtidige markedsmodel med udgangspunkt i energy-only-markedet, hvor klare prissignaler skal sikre tilstrækkelig kapacitet, som konkluderet i Markedsmodel 2.0-projektet.

## Markedsmodel 2.0

I forbindelse med Markedsmodel 2.0.-projektet fra 2015 blev der identificeret tre centrale problemstillinger for det fremtidige elmarked, som alle bidrager til at opretholde en høj elforsynings-sikkerhed:

- **Kapacitet:** Hvis det nuværende elmarked fastholdes, øges risikoen for, at der ikke etableres effekt på markedsvilkår til at kunne opretholde Energinet.dk's målsætning.
- **Fleksibilitet:** Vind og vejr ændrer elsystemet. Elmarkedet mangler incitament til fortsat udvikling, hvor producenter og forbrugere bidrager med fleksibilitet. Fx at bruge mere strøm, når den er billig, og mindre, når den er dyr.
- **Kritiske egenskaber:** Hvem skal levere, når kraftværkerne ikke kører? En række af de egenskaber, der er kritiske for at kunne drive et elsystem, leveres i dag af kraftværkerne. Men kraftværkerne kører i færre og færre timer.

Disse tre udfordringer har alle betydning for forsynings-sikkerheden, det vil sige, i hvilken grad markedet i sig selv er i stand til at sikre tilstedeværelse af fleksibilitet og de rette egenskaber for opretholdelse af både systemsikkerheden og effekttilstrækkeligheden. Som initiativer blev der identificeret tre udviklingsbehov:

- **Kapacitet:** Der er brug for nye mekanismer for at kunne opretholde Energinet.dk's målsætning for forsynings-sikkerhed. Det bør primært være ud fra klare prissignaler i en energy-only-markedstilgang.
- **Fleksibilitet:** Der er brug for mere fleksibilitet hos forbrugerne og incitament til yderligere fleksibilitet hos producenter og forbrugere. Derfor skal markedsregler tilpasses, ligesom der er brug for nye forretningsmodeller på markedet.

- **Kritiske egenskaber:** Der er behov for at undersøge, hvad fremtidige behov er, om der kan designes nye måder for at fremskaffe og afregne for de kritiske egenskaber.

For kapacitetsudfordringen arbejdes der videre med at hæve prisloftet i day-ahead-, Intraday-, og regulerkraftsmarkederne via det europæiske markedssamarbejde. Herudover arbejdes der videre med markedsmulighederne for fremskaffelse af ekstra kapacitet via en strategisk reserve. (Dette er nærmere beskrevet i afsnit 3.2.5).

Udfordringen med sikring af incitament til fleksibilitet i markedet adresseres i første omgang med:

- Revision af krav om balance før driftsdøgn.
- Mulighed for tilpasning af effektbalanceafregning, specialregulering og sikring af bud i forhold til reservekrav.
- Fremme fleksibilitet på forbrugssiden, blandt andet gennem etablering af en aggregatormodel.
- Rammer for integration af nye teknologier.

For markedstiltagene gælder, at de er afhængige af ændring af eksisterende aftaler på internationale markeder, kommende netregler og tilpasning af den danske elforsyningslov.

Udfordringen med kritiske egenskaber er opdelt i tre faser: Behovsafdækning, fremskaffelsesmuligheder og implementering. Indtil videre er arbejdet med behovsafdækning i gang, og der arbejdes med analyse af mulige tilvejebringelsesformer og juridiske muligheder (afsnit 3.4.1).

## FSI-modellen

FSI-modellen er Energinet.dk's nuværende værktøj til at belyse forventede fremtidige effekttilstrækkelighedssituationer. Modellen er stokastisk og anvender Monte Carlo-simuleringer.

På timebasis simulerer modellen hændelser i elsystemet, som kan føre til mangel på effekt. For hvert år, der analyseres, laves et antal gennemregninger (typisk 300) for at repræsentere mulige kombinationer af hændelser. Modellens resultater beskriver dermed et gennemsnit på tværs af alle gennemregningerne for et enkelt år.

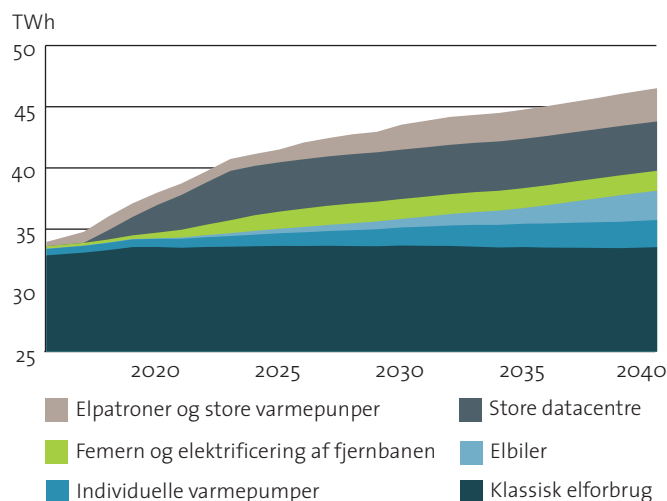
FSI-modellen bygger på historiske timeserier for forbrug og fluktuerende produktion (vind og sol). Produktion fra termiske anlæg og import via udlandsforbindelser er stokastiske. Det stokastiske element repræsenteres med sandsynligheder for havari eller revision. Derfor vil termiske produktionsanlæg og udlandsforbindelser ikke kunne levere energi til at dække forbruget et antal timer i hver gennemregning. Hvilke timer bestemmes tilfældigt, og i de timer, hvor store produktionsanlæg og/eller udlandsforbindelser falder ud, skal forbruget dækkes af den fluktuerende produktion fra vind og sol eller resterende termiske anlæg og udlandsforbindelser.

Modellen estimerer risikoen for afbrydelser i det danske system grundet effektmangel. Da modellen er på timebasis indgår variationer inden for den enkelte driftstime ikke.

## 3.2 Effekttilstrækkelighed

Effekttilstrækkelighed udtrykker systemets evne til at producere tilstrækkelig elektricitet til at dække forbruget på ethvert tidspunkt. Effekttilstrækkelighed er tæt koblet til elmarkedet. Der kan opstå mangel på effekt, hvis der er risiko for, at der ikke kan produceres tilstrækkelig elektricitet til at dække det ønskede forbrug.

Det er Energinet.dk's målsætning, at risikoen for effektmangel ikke må være større end i dag. Dette svarer til en målsætning om, at maksimalt 5 effektminutter for en gennemsnitsforbrug i et gennemsnitsår må være forårsaget af manglende effekt i det danske system.



Figur 11. Forventet udvikling i det danske bruttoelforbrug.  
Kilde: Energinet.dk's analyseforudsætninger 2016.

De fremtidige risikovurderinger foretages med Energinet.dk's FSI-model. Modellen estimerer risikoen for effektmangel i det danske elsystem. Resultaterne opgøres separat for Øst- og Vestdanmark.

### 3.2.1 Inputdata

Risikovurderingen er primært baseret på Energinet.dk's analyseforudsætninger<sup>6</sup>. Specifikt er det forventningerne til udviklingen i forbrug, produktionskapaciteter og udlandskapaciteter. Et andet væsentligt input er rådighederne for produktions- og udvekslingskapaciteter, som estimeres ud fra historiske data.

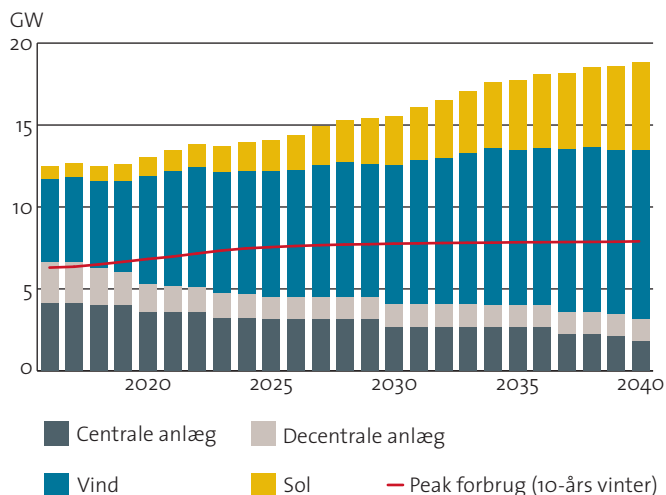
#### Elforbrug

Elforbruget forventes at stige i de kommende år. Hovedsageligt forventes en stigning i forbruget fra nye typer forbrug som datacentre, varmepumper m.v. Den største del af elforbruget vil fortsat være det klassiske elforbrug. Det maksimale elforbrug i timen forventes ligeledes at stige betydeligt. Dermed skal produktions- og udvekslingskapaciteten dække en større efterspørgsel i timer med meget højt elforbrug.

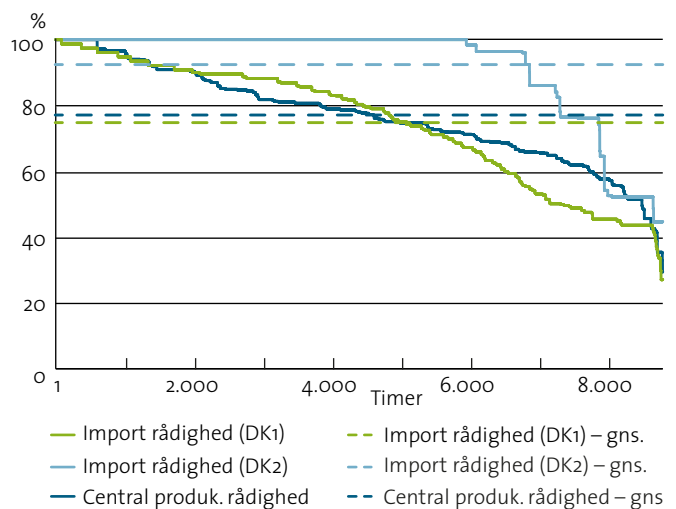
#### Produktionskapacitet

Produktionskapacitetens sammensætning forventes at følge udviklingstendenserne, som er set over de seneste år. Det betyder, at den termiske kapacitet reduceres yderligere, mens vind- og solkapaciteterne fortsat øges.

<sup>6</sup> Energinet.dk's analyseforudsætninger: <http://energinet.dk/DA/EI/Udvikling-af-elsystemet/Analyseforudsætninger/Sider/default.aspx>.



Figur 12. Forventet udvikling i den danske produktionskapacitet, samt det forventede maksimale timeforbrug i en 10-års vinter. Kilde: Energinet.dk's analyseforudsætninger 2016.



Figur 13. Varighedskurve for 2015 med importrådighed henholdsvis i Vestdanmark (DK1) og Østdanmark (DK2), samt rådigheden for centrale kraftværker. Kilde: Markedsdata, Energinet.dk og UMM'er for centrale værker, Nord Pool Spot.

### Udvekslingskapacitet

Den danske udvekslingskapacitet forventes at stige i de kommende år. Dels med den kommende forbindelse via Kriegers Flak-havmøllepark, som forventes idriftsat ultimo 2018. Dels med COBRACable, en 700 MW forbindelse fra Vestdanmark til Holland, som forventes idriftsat i løbet af 2019. Derudover er der planer om en udbygning til England – Viking Link. Viking Link er en 1.400 MW elforbindelse, som forventes idriftsat i slutningen af 2022. Ydermere forventes kapaciteten mellem Vestdanmark og Tyskland at blive øget af to omgange i henholdsvis 2020 og 2022.

### Rådighed på produktions- og udvekslingskapaciteter

Rådighederne for produktions- og udvekslingskapaciteter er estimeret ud fra historiske data.

Elproduktionen fra vind og sol har ingen havari- og revisions-sandsynligheder, da produktionen følger estimerede timeprofiler. Af data fra 2015 ses:

- **De centrale værker** havde i 2015 en gennemsnitlig rådighed på ca. 80 pct.
- **Importkapaciteterne** i 2015 er meget forskellige for Vest- og Østdanmark. I Østdanmark var importkapaciteten på sit maksimum i ca. 5.500 af årets timer. Gennemsnitligt var kapaciteten ca. 96 pct. af den maksimale kapacitet. For Vestdanmark

7 Områderne NO<sub>2</sub> (Skagerrakforbindelsens tilkoblede område) og SE<sub>4</sub> (Øresundsforbindelsens tilknyttede område) modelleres endogen i FSI-modellen, mens resterende naboer områder er pålagt eksogene sandsynligheder for ikke at kunne levere tilstrækkelig effekt.

### Estimeret udetid

Decentrale værker	Ca. 23 %. Sammensat af ca. 53 dages revision pr. år og havarisandsynlighed på ca. 8 %
Centrale værker	Ca. 19 %. Sammensat af ca. 40 dages revision pr. år samt værksspecifik havarisandsynlighed
Udlandsforbindelser	5 % for AC-forbindelser, 8 % for DC-forbindelser. Derudover risiko for utilstrækkelig effekt i naboer områderne <sup>7</sup> .

Tabel 6. Estimerede udetider for produktions- og udvekslingskapaciteter.

var importrådigheden betydeligt lavere og i gennemsnit ca. 77 pct. af den maksimale kapacitet<sup>8</sup>.

### 3.2.2 Effekttilstrækkelighedsanalyser

Analyserne af effekttilstrækkelighed i Danmark frem til 2025 viser, at risikoen for afbrud af de vstdanske forbrugere fortsat er lav. Alle analyserne resulterer i en risiko på mindre end 1 effektminut for Vestdanmark i gennemsnit pr. år.

8 Dataene fra 2015 er kun udtryk for et enkelt års observationer, hvor dataene i Tabel 6 er set over en længere årrække.

I Østdanmark er situationen anderledes presset frem mod 2025. Resultaterne vises derfor udelukkende for Østdanmark. Det gælder både basis- og følsomhedsanalyser.

De første beregninger (Tabel 7) er udført med udgangspunkt i historiske værdier for revisioner (Tabel 6). Det betyder, at risikoen for effektunderskud stiger, hvis der forventes flere revisioner i et givent år end den gennemsnitlige historiske udetid.

Resultaterne for 2018 viser, at risikoen for effektmangel overstiger Energinet.dk's 5-minuttersmålsætning. Den anstrengte

Østdanmark 2017-2025				
	EUE (MWh/år)	Effekt- minutter (min/år)	LOLE (timer/år)	LOLP (%)
2017	98	4	0,26	0,00%
2018	177	7	0,5	0,01%
2019	86	3	0,21	0,00%
2020	138	5	0,32	0,00%
2025	431	15	0,84	0,01%

Tabel 7. Resultater af effektilstrækkelighedsvurderingen i Østdanmark frem til 2025 baseret på det historiske omfang af vedligeholdelse. Beregningen for 2020 anvendes som basis for yderligere følsomhedsanalyser.

## Mål for effektilstrækkelighed

- **EUE (Expected Unserved Energy)** angiver ikke-leveret energi pr. år i simuleringerne med inkludering af risiko for blackout. Det vil sige det samlede energiforbrug, som ikke kan dækkes af produktion.
- **Effektminutter** er forbrugsvægtede afbrudsminutter, som er bestemt ved ikke-leveret energi divideret med det gennemsnitlige timeforbrug for hhv. Øst- og Vestdanmark i det simulerede år.
- **LOLE (Loss Of Load Expectation)** angiver antallet af timer med effektunderskud.
- **LOLP (Loss Of Load Probability)** angiver sandsynligheden for effektunderskud i en given time. (LOLE=8760 x LOLP).

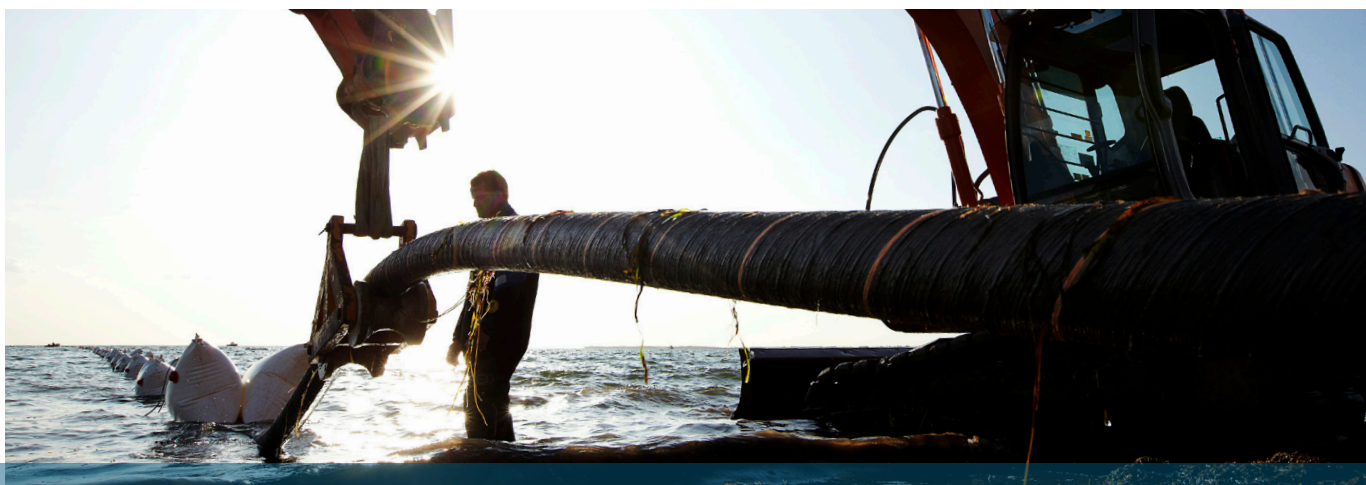
effektbalance skyldes blandt andet forventninger om faldende termisk produktionskapacitet. Effektilstrækkeligheden forbedres i 2019 med idriftsættelse af udlandsforbindelsen via Kriegers Flak til Tyskland. Frem mod 2025 forventes effektilstrækkeligheden igen at blive presset.

Det forventede antal timer med effektunderskud er lavt. Der er således tale om sjældne hændelser, som kan føre til afbrud af forsyningen hos forbrugerne. Det betyder, at forudsætningerne ikke skal ændres meget, før risikoen øges.

I basisberegningen af resultaterne i Tabel 7 anvendes de gennemsnitlige rådigheder for produktion og udvekslingskapacitet. Der er dog allerede nu kendskab til en del af de revisioner, som skal udføres i 2018. Eksempelvis skal 400 kV-Øresundskablerne udskiftes, og der er kraftværker, som skal levetidsforlænges eller ombygges til biomasse. Når de forventede revisionsperioder for termiske værker og udlandsforbindelser anvendes som forudsætning, forøges risikoen for at mangle effekt.

Grundet den forøgede risiko i 2018 har Energinet.dk skærpet fokus på revisionsplanlægning. Derudover overvejes andre mulige mitigerings tiltag for at afhjælpe den pressede effektsituation i Østdanmark. Effektsituationen i perioden 2016-2018 vurderes at være mere presset end vurderingerne foretaget i 2015 grundet manglende indkøb af en strategisk reserve.





Revisioner – 2018				
	EUE (MWh/ år)	Effekt- minutter (min/år)	LOLE (timer /år)	LOLP (%)
Østdanmark				
Historiske revisioner	177	7	0,5	0,01%
Med kendte revisioner og strategisk reserve	256	10	0,54	0,01%
Med kendte revisioner	853	32	1,59	0,02%

Tabel 8. Resultater af effekttilstrækkelighedsvurderingen i Østdanmark for 2018 med forskellige antagelser i forhold til antal og placering af revisioner. Bemærk, at de to beregninger med kendte revisioner antager, at øvrige revisioner ikke placeres, hvor Øresundskablerne er ude til revision. Disse beregninger inkluderer endvidere et tillæg i effektunderskud grundet driftsmæssige begrænsninger, når Øresundskablerne er ude.

### 3.2.3 Følsomheder på effekttilstrækkelighed

Følsomhedsanalyserne illustrerer, hvordan ændringer i inputdata påvirker risikovurderingen. Følsomhedsanalyserne er gennemført for Østdanmark i 2020. Variationerne i inputparametrene er illustrative eksempler og er således ikke udtryk for Energinet.dk's vurdering af inputparametrenes usikkerhed.

#### Effektmangel i nabolande

Ved mangel af effekt i nabolande vil importmulighederne til Danmark reduceres.

Følsomhed naboområder - 2020				
	EUE (MWh/ år)	Effekt- minutter (min/år)	LOLE (timer /år)	LOLP (%)
Østdanmark				
Basis 2020	138	5	0,32	0,00%
Ssh. for effektmangel i naboområder fordoblet	400	15	0,83	0,01%
Ssh. for effektmangel i naboområder halveret	81	3	0,18	0,00%

Tabel 9. Resultater for følsomheder for 2020 af effektmangel i nabolande.

Følsomhedsanalysen viser, at Østdanmark er afhængig af effekt rådigheden i eksempelvis Sverige. Ved en fordobling af effekt manglen i nabo-områder tredobles effektminutterne.

#### Rådighed på udlandsforbindelser

Rådigheden på transmissionsforbindelserne har direkte effekt på importmulighederne - ingen kabel ingen energi.

Følsomhedsanalyserne viser, at en fordobling af havarisandsynligheden på udlandsforbindelserne inklusive Storebælt øger risikoen til godt 30 effektminutter. Resultatet viser, at i år med ekstra mange eller langvarige havarier på udlandsforbindelser er risikoen for afbrud særligt forhøjet. Modsat vil risikoen også mindskes i år med større rådighed.



#### Følsomhed udlandsforbindelser - 2020

	EUE (MWh /år)	Effekt- minutter (min/år)	LOLE (timer /år)	LOLP (%)
Østdanmark				
Basis 2020	138	5	0,32	0,02%
Udlandsforbindelsers havarisandsynlighed fordoblet	839	31	1,95	0,01%
Udlandsforbindelsers havarisandsynlighed halveret	79	3	0,15	0,00%

Tabel 10. Resultater for følsomheder for 2020 med forskellige følsomheder for havarisandsynligheder for udlandsforbindelser og termiske kraftværker.

#### Rådighed på termiske kraftværker – decentrale og centrale

Følsomheden undersøger konsekvensen af lavere decentral produktionskapacitet og lavere rådighed på den centrale kapacitet. Begge parametre påvirker den kapacitet, som er til rådighed i den enkelte driftstime.

Der er i grundforudsætningerne indregnet et fald i den centrale kapacitet grundet grundbeløbets ophør i 2018. Følsomheden vurderer en yderligere sænkning af den samlede kapacitet til rådighed over året.

Effekttilstrækkelighedsniveauet påvirkes også af rådigheden på de termiske værker. Den valgte følsomhed analyserer en øget

#### Følsomhed kraftværker – 2020

	EUE (MWh /år)	Effekt- minutter (min/år)	LOLE (timer /år)	LOLP (%)
Østdanmark				
Basis 2020	138	5	0,32	0,02%
Decentral produktions- kapacitet i hhv. DK1 og DK2 25 % reduceret	253	9	0,5	0,01%
Decentral produktions- kapacitet i hhv. DK1 og DK2 40 % reduceret	330	12	0,7	0,01%
Havarisandsynligheder for alle termiske værker i DK fordoblet	453	17	1,05	0,01%

Tabel 11. FSI-resultater for 2020 med følsomheder for effekten af bortfald af grundbeløbet i 2020.

sandsynlighed for, at de centrale værker ikke er til rådighed i den enkelte driftstime.

En reduktion på 25 pct. af den decentrale kapacitet øger antallet af effektminutter med godt 4, hvor en reduktion på 40 pct. øger med 7. En fordobling af havarisandsynligheden på de centrale værker øger effektminutterne med knap 12.

Når den decentrale kapacitet reduceres med 40 pct., svarer det til en samlet reduktion på knap 200 MW i Østdanmark. Når havarisandsandsynligheden for de centrale værker fordobles,

#### Følsomhed på atomkraft i Sverige - 2020

	EUE (MWh /år)	Effekt- minutter (min/år)	LOLE (timer /år)	LOLP (%)
Østdanmark				
Basis 2020	138	5	0,32	0,02%
Reduktion på 1.000 MW i SE4	311	11	0,7	0,01%
Ssh. for effektmangel i SE3 fordoblet	242	9	0,5	0,01%

Tabel 12. FSI-resultater for 2020 med forskellige følsomheder for atomkraft i Sverige.

svarer det til gennemsnitligt 200 MW mindre over året. I nogle timer reduceres kapaciteten dog med mere end 200 MW, når eksempelvis en kraftværksblok falder ud.

Sammenlignes resultaterne af disse to følsomheder ses, at systemet er mere følsomt overfor få store udfald end for flere mindre på trods af, at den gennemsnitlige sænkning af kapacitet er det samme. Dette viser endvidere, at der er stor værdi i den probabilistiske tilgang, da den traditionelle deterministiske tilgang resulterer i samme risiko for de to følsomheder.

#### Atomkraft i Sverige

Svenske atomkraftværker er økonomisk pressede, hvorfor det overvejes at lukke flere svenske reaktorer. Af modetekniske årsager undersøges nedlukningerne ved, at:

#### Følsomhed på Kriegers Flak - 2020

	EUE (MWh /år)	Effekt- minutter (min/år)	LOLE (timer /år)	LOLP (%)
Østdanmark				
Basis 2020	138	5	0,32	0,02%
Kriegers Flak udlansfor- bindelsen forsinket til efter 2020	498	18	1,2	0,01%

Tabel 13. FSI-resultater for 2020 med følsomhed for Kriegers Flak i 2020.

- Fjerne ca. 1.000 MW termisk kapacitet i SE4.
- Fordoble sandsynligheden for effektmangel i SE3

Resultaterne viser, at Østdanmarks er afhængig af det svenske system. Risikoen for effektunderskud stiger til ca. det dobbelte, hvis effektsituationen i Sverige forværres.

#### Kriegers Flak

Den sidste følsomhed analyserer, hvilken betydning den nye udlansforbindelse fra Sjælland via Kriegers Flak til Tyskland har for effektilstrækkeligheden.

Uden Kriegers Flak-forbindelsen tredobles risikoen for manglende effekt.

### 3.2.4 Fælles nordiske og europæiske effektilstrækkelighedsvurderinger

Metoden er baseret på probabilistiske principper. Men i stedet for en regnearksbasert metodologi, som FSI-modellen, anvendes elmarkedsmodellen BID. BID-modellen simulerer elsystemet time for time og tager hensyn til udveksling mellem områder og produktion pr. kraftværksenhed. På denne måde har BID-modellen flere nabo-områder endogent i modellen sammenlignet med FSI-modellen.

Metoden er mere velegnet til at evaluere, hvorledes udvekslingsforbindelser bidrager til effektilstrækkeligheden, og hvordan udvekslingsforbindelser tilføjer andre typer af risici. BID-modellen er endvidere velegnet til at analysere hydrologiske forhold og kan derfor lave analyser af, hvordan vådår og tørår påvirker effektilstrækkeligheden. Da metoden endnu ikke omfatter havarisandsynligheder for AC-forbindelser (eksempelvis Øresundskablerne fra Sjælland til Sverige) anvendes den ikke til beregning af effektilstrækkelighedsrisici for Danmark endnu.

### 3.2.5 Strategisk reserve i Østdanmark

Som led i arbejdet med at sikre effektilstrækkeligheden i Østdanmark har Energinet.dk ønsket at lave en strategisk reserve i Østdanmark i perioden 2016-2018, som skulle bidrage til forsyningen i særligt kritiske situationer. I december 2015 valgte Energinet.dk dog at annullere udbuddet. Annulleringen kom som konsekvens af, at Energinet.dk ikke forventede at kunne realisere udbuddet, da Europa-Kommissionen umiddelbart anså

reserven som værende i strid med EU-reglerne om statsstøtte. Energinet.dk vurderer fortsat, at der er brug for at bygge bro fra det nuværende system til den fremtidige europæiske løsning, og at en strategisk reserve er et hensigtsmæssigt værktøj.

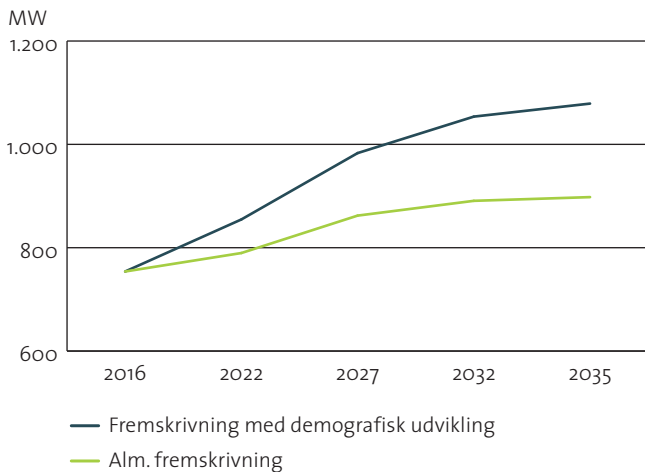
Som konsekvens heraf arbejder Energinet.dk videre med at få etableret en strategisk reserve i Østdanmark. Udarbejdelse af indkøbsperiode og model for en strategisk reserve afventer Europa-Kommissionens arbejde med sektorundersøgelsen af den økonomiske støtte, som EU-medlemsstater yder til elproducenter- og forbrugere for at garantere forsyningsikkerheden.

Planen er, at Europa-Kommissionen vil offentliggøre en endelig rapport om sektorundersøgelsen senere på året. Rapporten vil med udgangspunkt i de indsamlede oplysninger fra sektorundersøgelsen vurdere, hvorvidt kapacitetsmekanismerne opfylder EU's statsstøtteregler. Vurderingen kommer til at danne grundlag for det videre arbejde med ansøgning om en strategisk reserve for Østdanmark i perioden frem til idriftsættelse af Kriegers Flak-forbindelsen til Tyskland.

## 3.3 Nettilstrækkelighed

Nettilstrækkelighed er transmissions- og distributionssystemets evne til at transportere tilstrækkelig elektricitet fra der, hvor den produceres, til der, hvor den efterspørges.

Den efterspurgte effekt skal kunne leveres, både i normale driftssituationer med intakt net, under revision, samt i situationer, hvor der er fejl og afbrud i nettet. Udfald i transmissions-



Figur 14. Belastningsprognoser for København med og uden demografisk forskydning. Maksimalbelastningen måles i MW, og det er denne belastning, som nettet skal være dimensioneret til, uanset at belastningen er mindre resten af året.

nettet kan påvirke mange forbrugere og aktører. Transmissionsnettet i Danmark er derfor opbygget med redundans gennem ringstrukturer, så forsyningen til alle stationer kan opretholdes ved udfald af enhver enkelt forbindelse.

### 3.3.1 Forventede om- og udbygninger af transmissionsnettet

Energinet.dk udarbejder hvert andet år en 20-årig netudviklingsplan, der beskriver de forventede om- og udbygninger i det danske transmissionsnet. Netudviklingsplanen anvendes i den løbende detailplanlægning af om- og udbygninger i transmissionsnettet.

Både den langsigtede planlægning og detailplanlægningen er baseret på fastlagte internationale planlægningskriterier. Kriterierne skal sikre tilstrækkeligt net, så:

- Forsynings sikkerheden opretholdes.
- Ny VE-produktionskapacitet kan indpasses.
- Markedsfunktionen, de beredskabsmæssige forhold og eventuelle ministerielle pålæg kan understøttes.

Tilstrækkelig og sikker elinfrastruktur handler ikke blot om rettidig planlægning af nyt net, men også om en rettidig og omkostningseffektiv vedligeholdelse af den eksisterende elinfrastruktur.

Belastningsprognosen for maksimalt elforbrug definerer den belastning, som nettet skal kunne levere effekt til. Belastningsprognosen anvendes sammen med prognoser for produktion

Energinet.dk's primærkomponenter har en forventet levetid på ca. 40 år. Med en anlægsportefølje på ca. 250 stationer, 4.800 km luftledning og 2.100 km sø- og landkabel betyder det, at der i gennemsnit skal reinvesteres i over 6 stationer om året samt ca. 52 km kabel og 120 km luftledning pr. år.

og kapacitet på udlandsforbindelser til at sikre en tilstrækkelig, rettidig og omkostningseffektiv planlægning.

#### Prognoser for maksimal elbelastning

Traditionelt set har prognoser for belastningsændringer været fordelt jævnt ud over landet i forhold til, hvordan den historiske udvikling har været. De nye prognoser for udviklingen i elforbruget tager i stedet udgangspunkt i finansministeriets prognoser for økonomisk vækst og Danmarks Statistiks prognose for udvikling i befolkningstallet i de enkelte kommuner. Dermed inkluderes, hvordan den demografiske forskydning fra yderområder til vækstcentre vil påvirke den geografiske fordeling af elforbruget.

I disse år står eltransmissionsnettet i og omkring København over for udvidelser og store reinvesteringer. For at vurdere, hvilke udvidelser og reinvesteringer, der er behov, skal der udarbej-

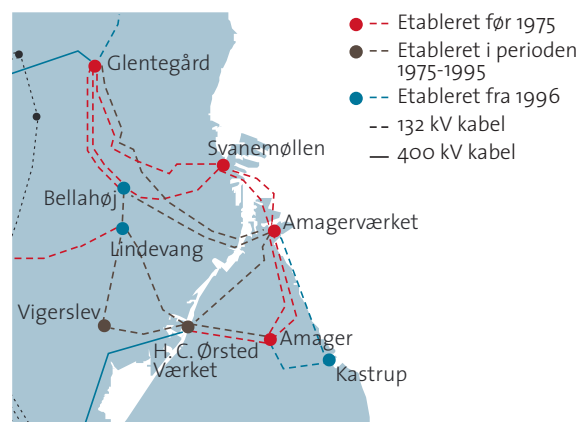
## Eltransmissionsnettet i København – reinvesteringsprojekt

Der er behov for betydelige reinvesteringer i transmissionsnettet i København i de kommende år. Energinet.dk har derfor igangsat et projekt, der skal fastlægge en reinvesteringsplan for nettes udvikling på lang sigt. Planen skal sikre den billigst mulige løsning, så restlevetiden i de eksisterende anlæg udnyttes bedst muligt og tager de mest presserende reinvesteringer først. I projektet er der samtidig fokus på at minimere gener for beboere og trafikanter.

Eltransmissionsnettet i København er etableret løbende fra 1950 til 2000:

- Den samlede længde af 132 kV-kabelnettet i København er knap 130 km.
- Heraf er godt 60 km etableret før 1975, så det i dag er mellem 40 og 60 år gammelt.
- Resten er stort set etableret i perioden 1975-1995 og er i dag mellem 20 og 40 år gammelt.
- Kun én km er etableret efter 1995 og under 20 år gammelt.

Alene på grund af denne aldersfordeling forventer Energinet.dk, at der bliver behov for løbende at reinvestere i



Figur 15. Aldersfordeling af kabler og 132 kV-koblingsanlæg.

nye kabler og koblingsanlæg. Nogle af de ældste 132 kV-kabler er i dårlig stand, og det kan derfor blive nødvendigt at etablere erstatningsanlæg for dem inden for få år.

Stigning i elforbruget i København, kombineret med at flere termiske kraftværker nedlægges, kræver samtidig, at der overvejes en ny forsyningsstruktur til København og omegn.

des belastningsprognoser. Prognoserne skal tage højde for den forventede vækst i elforbruget i og omkring København.

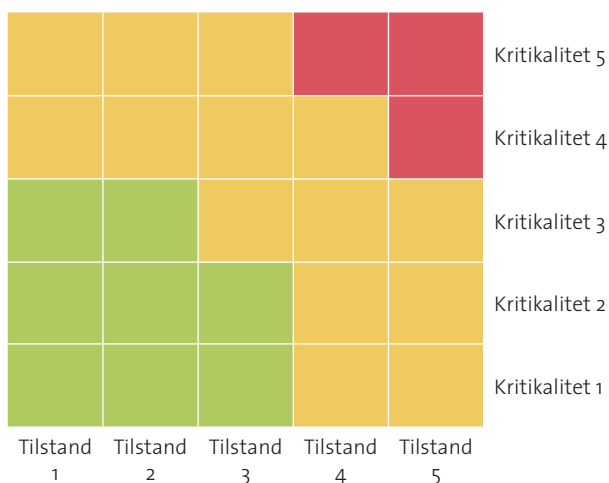
Når der på grund af den demografiske forskydning er ekstra belastningsstigninger i nogle dele af landet, er der andre dele af landet, hvor belastningerne stiger mindre eller måske endda aftager. Det betyder, at det er muligt at undlade eller reducere netforstærkninger i andre områder og dermed sikre om- og reinvesteringer i nettet ud fra en mere retvisende belastningsprognose.

### 3.3.2 Reinvesteringer i transmissionsnettet

Energinet.dk står over for et stort omfang af reinvesteringer, fordi man i Danmark udbyggede elnettet massivt i perioden fra 1960'erne frem til 1990'erne. Derfor har Energinet.dk igangsat et omfattende arbejde, der skal strukturere reinvesteringer i det eksisterende transmissionsnet ved hjælp af Asset Management-tilgangen. Arbejdet omfatter:

- En reinvesteringsstrategi med tilhørende strategiske tiltag for at bidrage til løfterne om høj forsyningsikkerhed og effektiv omstilling,
- Definition af reinvesteringsprincipper for at definere fælles rammer og beslutningsgrundlag for håndtering og indstilling af reinvesteringsprojekter,
- Introducere aktiviteten udvidet tilstandsanalyse for at lave en helhedsbetragtning og kvalificering af reinvesteringsbehovet på en hel station eller en hel strækning samt analysere potentialet for levetidsforlængelse,
- En reinvesteringsrapport inklusive en reinvesteringsplan.

Reinvesteringsplanen tager udgangspunkt i helbredsmatricen og bruger komponenternes tilstandstal og kritikalitetstal til at prioritere mellem reinvesteringsprojekterne. Hermed sikres en risiko- og tilstandsbaseret tilgang i arbejdet med reinvesteringer. Energinet.dk vil kvartalsvis udfærdige en reinvesteringsrapport. Reinvesteringsplanen i rapporten er et vigtigt udgangspunkt for at koordinere og kombinere reinvesteringsprojekter med



Figur 16. Illustration af helbredsmatrice, som anvendes til at vurdere alle aktiver ud fra både tilstand (fx funktionsdygtighed) og kritikalitet (hvor vigtig er komponenten for forsyningsikkerheden og funktionalitet i det samlede net).

andre projekter i Energinet.dk. Koordineringen bidrager til at optimere den planlagte udetid i nettet samt til at identificere synergi i projekterne. Reinvesteringsplanen fungerer også som et værktøj til at advisere Energinet.dk's Indkøbsafdeling om nærtstående reinvesteringer.

### 3.4 Systemsikkerhed

Systemsikkerhed er elsystemets evne til at håndtere pludselige driftsforstyrrelser. Systemet skal være robust og kunne klare udfald af kraftværker og udlandsforbindelser, uden at det samlede system kommer ud af balance eller bryder sammen (black-out). Systemsikkerhed handler om dynamikken i systemet, lige når fejlen sker og i sekunderne derefter.

Systemsikkerhed er i høj grad et internationalt spørgsmål. Det vestlige Danmark indgår i det synkronområde, som dækker det kontinentale Europa. Det østlige Danmark indgår i det nordiske synkronområde. Der er detaljerede internationale regler og aftaler, som sikrer systemsikkerheden i de synkrone områder og mellem synkronområder. Ligesom det er vigtigt, at lokale forstyrrelser ikke spredt sig til hele Danmark, så er det også vigtigt, at problemer i ét land ikke spredt sig til hele synkronområdet.

#### 3.4.1 Reserver og systembærende egenskaber

Systemydelse er den brede betegnelse for ydelser, som bidrager til at sikre elnettets funktionalitet. Systemydelser består af både reserver og systembærende egenskaber. Reserver er produktionskapacitet, der kan aktiveres, hvis behovet opstår.

Behovet for indkøbet af anlæg, der kan levere systembærende egenskaber, bliver fastsat ud fra forskellige parametre. Den grundlæggende behovsparameter er opfyldelse af N-1 princippet. I forlængelse heraf skal enhver momentan ubalance fra en driftsforstyrrelse ikke føre til overskridelse af bestemte grænser. Energinet.dk's interne driftsinstrukser indeholder andre krav, som fx sætter grænser for størrelsen på spændingsspring i forbindelse med ind- og udkobling af netkomponenter.

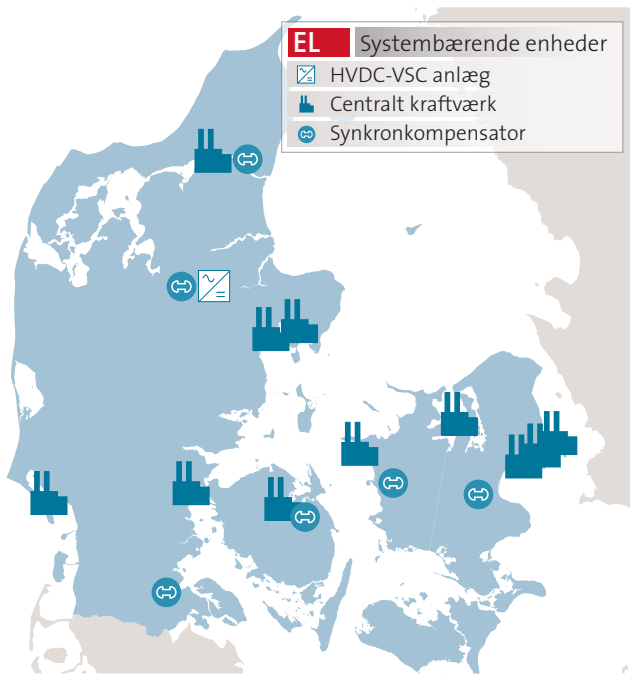
Behovet for systembærende egenskaber kan dækkes af kraftværker, synkronkompensatorer og effektelektroniske netkomponenter tilsluttet transmissionsnettet.

#### Udbud af systembærende egenskaber

I perioder, hvor Energinet.dk vurderer, at der ikke er nok systembærende egenskaber i nettet, kan Energinet.dk vælge at gennemføre et udbud. Udbuddet kan sikre, at centrale kraftværksenheder er til rådighed i eksempelvis sommerperioden. Ved pludselige driftsforstyrrelser eller ved geografiske behov vil anlæg, der er tilgængelige, kunne blive beordret i drift.

I 2015 indførte Energinet.dk et samlet sommerindkøb af anlæg, ud over det årlige indkøb, der kan levere systembærende egenskaber. I udbuddet for sommerperioden blev der indkøbt systembærende anlæg i maj til og med august.

I vinterhalvåret indkøbes anlæg, der kan levere systembærende egenskaber i de perioder, det vurderes at være nødvendigt. Energinet.dk har som del af Markedsmodel 2.0-initiativerne igangsat et arbejde med at få nærmere fastsat europæiske rammer



Figur 17. Placering af nuværende systembærende enheder.



Figur 18. Illustration af indkøb af anlæg, der kan levere systembærende egenskaber.

for fremskaffelse og afregning for systembærende egenskaber med målsætning om et forudsigeligt markedsdesign.

#### Behov for systembærende egenskaber fremadrettet

Tidligere blev kraftværker placeret således, at de producerede der, hvor forbruget fandt sted – altså på de centrale kraftværkspladser. Med tiden er produktionen blevet mere distribueret i form af decentrale kraftvarmeværker samt et stigende antal hav- og landvindmøller. Dette har ført til, at der også er brug for systembærende egenskaber på andre steder.

De mange nye vindmøller, og de stærke udlandsforbindelser, medvirker til, at elsystemet i Vestdanmark, under normaldrift, ikke længere er afhængig af kraftværkerne. Dette skyldes

blandt andet, at nye jævnstrømforbindelser til udlandet også leverer systembærende egenskaber som et kraftværk eller en synkronkompensator.

Energinet.dk har i efteråret 2015 og foråret 2016 foretaget omfattende analyser af det fremtidige behov for systembærende egenskaber i Vestdanmark og præsenteret dette for leverandørerne af systembærende egenskaber på en workshop.

Analyserne af Vestdanmark viser, at behovet for systembærende egenskaber, ud over systemets eget bidrag, stort set kan indsnævers til et behov for dynamisk spændingsregulering.

Konklusionen er, at der i normale driftssituationer er behov for indkøb af én driftsklar enhed i sommerperioden, såfremt øvrige netkomponenter er i drift. Behovet forventes ikke at ændre sig væsentligt frem til og med 2018.

COBRA-forbindelsen til Holland vil ligesom Skagerrak 4-forbindelsen bidrage med spændingsregulering. Det forventes derfor, at der ikke vil være behov for indkøb af anlæg i normalsituationer, såfremt øvrige netkomponenter er i drift, hverken i sommerperioden eller i vinterperioden.

Energinet.dk foretager lignende analyser for Østdanmark. Analyserne forventes færdiggjort i foråret 2017.



## Bow-tie-metode til risikovurdering af kritiske situationer

Bow-tie-metoden er en sandsynlighedsbaseret tilgang til at vurdere risiko og konsekvenser af mulige kritiske situationer, som indtræffer yderst sjældent. Bowtie-metoden indeholder fire grundlæggende elementer:

### 1. Kritiske situationer:

- Situationer der med en vis sandsynlighed kan føre til brownout eller blackout i elnettet.

### 2. Årsagsanalyse:

- Identificere omstændigheder, der kan lede til kritiske situationer. Fx sjældne typer af samtidige fejl.
- Estimere sandsynligheden for, at kritiske situationer opstår.
- Årsagsanalysen samles i et fejltræ, der viser kombinationer af hændelser som kan føre til kritiske situationer.

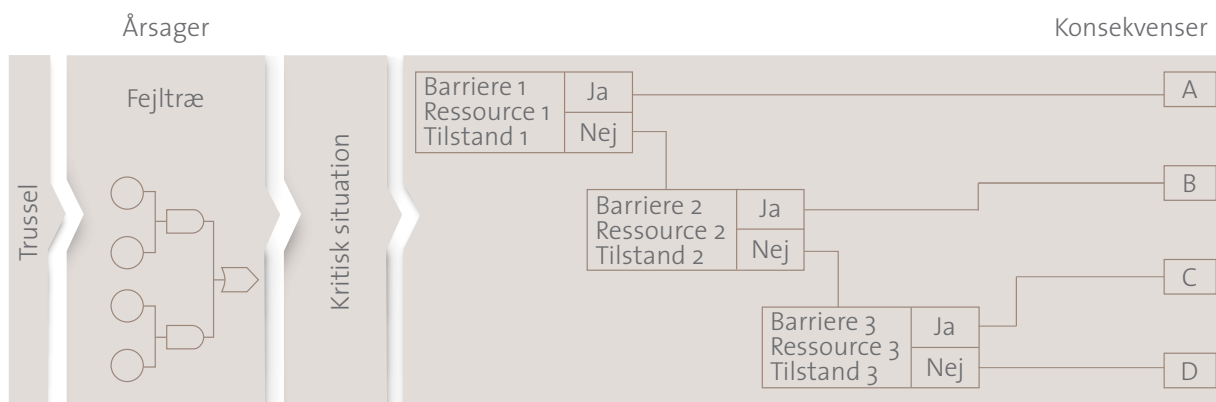
### 3. Konsekvensanalyse:

- Vurdering og beskrivelse af mulige udfaldsscenerier. Nogle udfaldsscenerier kan føre til brownout eller blackout. Med metoden kvantificeres den ikke-leverede energi.
- Konsekvenserne opstilles i en træstruktur, hvor sandsynlighederne for de forskellige forløb indgår.

### 4. Risikodiagram:

- Opstilling af bow-tie-diagram ud fra årsags- og konsekvensanalyse.
- De kritiske situationer tegnes ind i et risikodiagram, som viser frekvensen (i antal hændelser pr. år) og konsekvensen (ikke-leveret energi i MWh).

Bow-tie-metoden til risikovurdering af systemsikkerhed anvendes fremadrettet som værktøj i Energinet.dk. En af metodens styrker er at sammenhæng mellem tiltag og effekt kan ses direkte i risikodiagrammet.



Figur 19. Illustration af bow-tie-metoden for en kritisk situation inklusive årsagsanalyse med fejltræ og konsekvensanalyse.

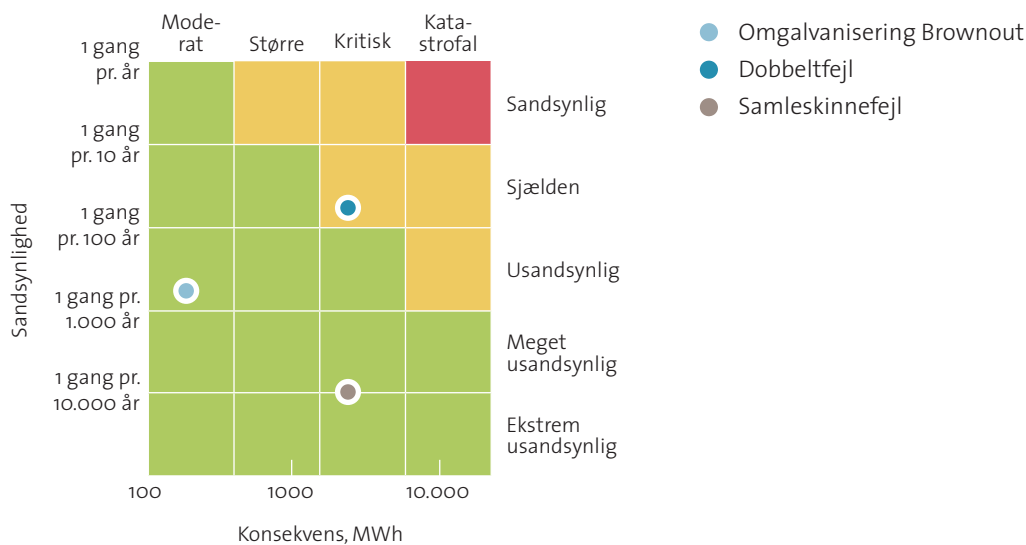
### 3.4.2 Risikovurdering af hændelser som kan påvirke systemsikkerheden

I Danmark har vi tidligere oplevet blackout, og det er nærmest umuligt at undgå, at det vil ske igen. Under uheldige omstændigheder er der altid risiko for systemsammenbrud. Kunsten er at forebygge og begrænse omfanget, når det sker.

Forebyggelsen sker først og fremmest gennem løbende forbedring af de eksisterende rammer for driften af elsystemet. Fx

effektive driftskriterier, god håndtering af reserver og systembærende egenskaber, sikring af hurtig genetablering ved afbrud, velfungerende internationalt samarbejde og beslutningsstøtte gennem dynamiske analyser og risikovurderinger.

Risikovurderingen af systemsikkerhed er baseret på tværgående analyser og tager udgangspunkt i udvalgte kritiske situationer. Der findes uendelig mange kritiske situationer, som kan lede til strømafbud. Situationerne er dog meget usandsynlige og/eller giver kun anledning til mindre afbrud.



Figur 20. Risikovurdering for de tre vurderede kritiske situationer for systemsikkerhed.

Til risikovurderingen af sjældne hændelser med større konsekvenser anvender Energinet.dk et risikodiagram, hvor kritiske situationer placeres efter sandsynlighed og konsekvens.

Risikovurderingerne tager udgangspunkt i tre konkrete kritiske situationer:

- En dobbeltfejl.
- En samleskinnefejl.
- Et omgalvaniseringsprojekt.

Situationernes placering i risikodiagrammet afhænger af, hvor ofte den kritiske situation risikerer at opstå, og hvordan den kritiske situation kan forløbe. Analyserne beregner fx sandsynligheden for, at en kritisk situation fører til blackout.

Overordnet set viser resultaterne, at risikoen for de tre situationer ligger mellem lav og medium. Tidligere analyser har ikke identificeret situationer med høj risiko. På den baggrund er vurderingen, at systemsikkerheden i Danmark er god.

#### Kritisk situation "Dobbeltfejl"

Denne kritiske situation er vurderet til medium risiko. Risikoen for at komme i situationen reduceres inden for få år med gennemførelsen af:

- Et stort vedligeholdelsesprojekt, som gennemføres af andre årsager.
- Et mindre tiltag i systembeskyttelsen, som er iværksat ud fra risikovurderingen for systemsikkerhed.

#### Kritisk situation "Samleskinnefejl"

Situationen er analyseret til lav risiko. Den lave risiko er resultatet af tiltag, som er gennemført i de seneste år. Med den lave risiko vurderes det, at der ikke er behov for yderligere tiltag.

#### Kritisk situation "Omgalvanisering"

Den tredje analyserede situation adresserer systemsikkerhedsrisikoen ved et vedligeholdelsesprojekt med omgalvanisering af en masterække.

Analysen foretages for en situation, hvor andre projekter ikke er ude samtidig, hvilket er udtryk for koordinering mellem projekter. Dermed påvirker projektet ikke den overordnede systemsikkerhed i samme grad som ellers. Dette skyldes dels, at vedligeholdelsesperioden kun dækker en mindre del af året, og dels at systemet bringes i en sikker tilstand, før arbejdet går i gang. Dermed er den samlede planlægning af alle nødvendige projekter en nødvendighed af hensyn til systemsikkerheden. Omvendt projektet ikke konkluderes at have en høj systemsikkerhedsrisiko, øger det dog den samlede forsyningsikkerhedsrisiko, da det medfører begrænsninger på Øresundsforbindelserne, og dermed øges risikoen for manglende effektilstrækkelighed.

### 3.5 Revisionsplanlægning

Den daglige drift af elsystemet skal sikre, at elproduktion og elforbrug balancerer på ethvert tidspunkt. Dette kræver løbende opdatering af prognoser og driftsplaner frem mod den enkelte driftstime. En del af dette arbejde omfatter revisionsplanlægningen for transmissions- og produktionsanlæg over 25 MW.



Planlægningen skal sikre, at revisioner placeres på en sådan måde, at driften kan opretholdes med tilstrækkelig sikkerhed.

Det er Energinet.dk, som godkender revisionsperioder for transmissions- og elproduktionsanlæg på mere end 25 MW. Energinet.dk kan inden godkendelse af de indsendte ønsker ændre revisions- og afbrydelsesperioder, hvis de vurderes at true forsyningsikkerheden eller at påvirke markedets funktion uacceptabelt.

Den systemansvarlige koordinerer revisionsplanlægningen med udenlandske samarbejdspartnere med hensyn til produktions- og netanlægsrevisioner i deres områder.

Det danske elsystem, som efterhånden har nogle år på bagen, udbygges i øjeblikket med vedvarende energi. Det betyder, at der kommer en større pulje af revisioner og ombygninger i både net og på kraftværker, samtidig med at der er færre kraftværker til stede i elsystemet. I forlængelse heraf mindskes råderummet for placering af revisioner for både transmissions- og produktionsanlæg. Det øger vigtigheden af revisionsplanlægningen i de kommende år.

Revisionsplanlægningen er mest omfattende for sommerperioden, da revisioner oftest ønskes placeret her. Kraftvarmeværker har varmebindinger i vinterperioden, og ombygninger er nemmere i sommerperioden, hvor arbejdsforholdene udenfor er bedre.

Revisionsplanlægning bliver udført for:

- **2-6 årsplan:** Langtidsrevisionsplanlægning.
- **1-årsplan:** Årsplan og planer tættere på driftsdøgnet.

#### 2-6 års plan

Den langsigtede revisionsplanlægning udføres på baggrund af langtidsplaner for både transmissions- og produktionsanlæg. Planen skal sikre, at kendte, større revisionsarbejder i transmissions- og produktionsanlæg, der har en indbyrdes afhængighed, ikke planlægges udført inden for samme år, men spredes over en årrække. Derudover bidrager planen til at sikre en koordinering af revisionsplaner indbyrdes mellem TSO'erne.

Langtidsplanen viser ikke det komplette billede, da det ikke er muligt at kende alle behov for revisioner, så lang tid i forvejen. Langtidsplanerne er ikke bindende, og Energinet.dk kan ikke kompensere for flytning af revisioner i forhold til langtidsplanen.

#### 1-års plan

1-års planlægning gennemføres 2 gange årligt for det kommende år. Planen skal sikre, at der ikke tages flere net- og produktionsanlæg ud af drift, end at forsyningsikkerheden stadig kan opretholdes. Flytninger af revisioner i forhold til 1-årsplanen skal kompenseres til den aktør, som påvirkes.

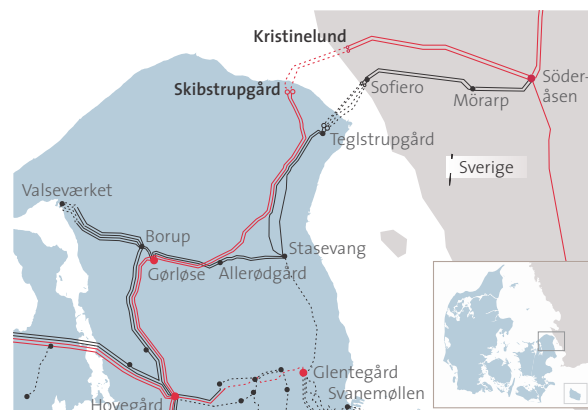
Ud over langtidsplanlægningen indmelder kraftværkerne 4-ugersplaner. Inden for ét døgn fra driftsdøgnet kendes prognoser for vind, sol og decentral produktion, og dermed kan døgnets effektbalance estimeres.

## Projekter med betydning for revisionsplanlægningen i 2018

**Øresund 132 kV:** Projektet omfatter udskiftning af 132 kV-kabler under Øresund til Sverige, der er etableret i 1950'erne, og de trænger til udskiftning. Det planlægges, at nye kabler sættes i drift primo 2018. Der forventes en kort udetid ved idriftsættelse, fordi de nye kabler anlægges parallelt med den eksisterende.

**Øresund 400 kV:** Projektet omfatter udskiftning af de ældste fire 400 kV-kabler fra 1973 under Øresund til Sverige. De oprindelige kabler har på grund af tæring nået deres tekniske levetid. Øresund 400 kV-projektet drives af Svenska Kraftnät.

Udskiftningen af kablerne foregår ved, at de oprindelige kabler først fjernes, hvorefter de nye kabler installeres. Energinet.dk forventer derfor en afbrydelsesperiode på ca. 2 måneder. Længden af udetiden er et vigtigt kriterie i det kommende udbud for både levering af kabel og installation heraf, da kablet har stor betydning for forsyningssikkerheden.



Figur 21. Oversigt over elnettet i Nordjylland og kablerne fra Sjælland til Sverige.

Dette projekt er særligt vigtigt i forhold til effektsituationen i Østdanmark. En forsinkelse på udskiftning af kablerne betyder længere tids drift med dårlig tilstand og dermed stor risiko for uventede fejl og dermed længevarende udetider. Langvarig udetid forøger risikoen for afbrud af forbrugere på Sjælland væsentligt.

Som en del af håndteringen af udfordringen udarbejder Energinet.dk en mere detaljeret langtidsrevisionsplan end tidligere for at identificere særligt udfordrede perioder, og derefter justeres revisionsplanen for at reducere risikoen for elsystemet. Samtidig skal det allerede store fokus på revisionsplanlægning på tværs af landegrænser opretholdes, så revisionsplanlægningen også omfatter hensynet til produktions- og netanlægsrevisioner i naboområder.

For bedre at kunne prioritere mellem forskellige revisioner, som ikke alle kan placeres i samme perioder, har Energinet.dk igangsat et arbejde med at udforme prioriteringsprincipper baseret på samfundsøkonomiske kriterier. Kriterierne skal blandt andet tage hensyn til den kommende EU-forordning om revisioner (GL SO), markeds- og forsyningssikkerhedsmæssige aspekter.

### Revisionsplanlægning i 2018

For 2018 er det nogle anlægsarbejder, som har stor indflydelse på forsyningssikkerheden. Særligt er udskiftning af Øresundskablerne vigtig, da de påvirker importmuligheden fra Sverige. Derudover vil eksempelvis de planlagte projekter med tilslutning af en biomassefyret blok på Amagerværket, reinvestering

på Avedøreværket og kabellægninger også påvirke forsyningssikkerhedsrisikoen.

Anlægsprojekter i Vestdanmark kan indirekte påvirke effektsituationen i Østdanmark via begrænsninger på Storebælt-skablen. Dette gælder eksempelvis 400 kV Østkystprojektet i Vestdanmark. En tæt koordinering mellem projekter i øst og vest er dermed også en vigtig del af revisionsplanlægningen for at undgå effektmangel i Østdanmark.

### Nye rammer for revisionsplanlægning og koordinering af revisionsplanlægning

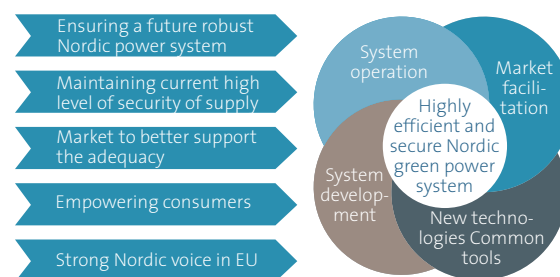
I den kommende EU-forordning om systemdrift (GL SO) er der stor fokus på koordinering af revisionsplanlægningen. Forordningen opstiller især rammer for koordinering mellem TSO'er og mellem aktører og TSO'er.

Ifølge forordningen skal koordineringen fremadrettet minimum ske på års- og ugebasis. Planlægningen hos den enkelte TSO skal startes op to år før den årlige koordinering med udformning af indikative revisionsplaner, herunder identifikation af potentiel inkompatibilitet.

## Fælles nordisk kontor i København

Det nye nordiske kontor skal varetage opgaver inden for koordinering af kapacitetsberegninger, afbrydelsesplanlægning og systemsikkerhedsanalyse. Hertil kommer udvikling af fælles dynamiske netmodeller og prognoser for effekttilstrækkelighed på kort og mellemlangt sigt på tværs af de fire lande.

Kontoret vil være fuldt implementeret ved udgangen af 2017 og vil overvejende være bemandet med ansatte fra de fire systemoperatører.



Figur 22. Illustration af strategiske samarbejdsområder for det nordiske TSO-samarbejde.

De mere detaljerede principper for koordinering af revisionsplanlægningen udarbejdes for hver koordineringsregion som samarbejde mellem aktører, TSO'er og myndigheder. Processen forventes at foregå i sidste halvdel af 2016.

### 3.6 Driftssamarbejde på tværs af grænser

Danmark bliver mere og mere afhængig af import af el fra udlandet og har dermed stor gavn af et velfungerende driftssamarbejde på tværs af grænser. Driftssamarbejdet mellem de europæiske TSO'er tager afsæt i et fælles aftalegrundlag. Aftalerne beskriver blandt andet, hvordan driften af anlæg og ydelser håndteres.

Driftsaftalerne er under løbende forbedring, så de tilpasses markedsudviklingen, den teknologiske udvikling, elnettets udbygning, ændringer i regler og erfaringer fra driftshændelser.

I dag har Energinet.dk driftsaftaler i nordisk regi, med det centraleuropæiske driftssamarbejde TSC og bilateralt med alle Danmarks nabolande. Senest er der med beslutningen om at etablere et fælles kontor i København sket en formalisering af det norske, svenske, finske og danske transmissionsselskabers samarbejde. Kontoret er ligeledes et svar på kommende EU-regulativer, der fordrer etableringen af såkaldte Regional Security Cooperation Initiatives (RSCI) eller regionale sikkerhedssamarbejder på transmissionsområdet.

I europæisk sammenhæng udgør de kommende netregler grundlaget for det videre driftssamarbejde. Netreglerne for

driftssamarbejdet er samlet i "Guideline System Operation" (også kaldet GL SO).

#### Guideline System Operation

GL SO angiver rammen for driften og driftssamarbejdet i tråd med, hvad der i dag er indeholdt i de nuværende systemdriftsmæssige aftaler. I GL SO pålægges den systemansvarlige et ansvar i forhold til varetagelsen af forsyningssikkerheden i selve driftsfasen. Det betyder, at Energinet.dk fremadrettet skal varetage forsyningssikkerheden ved hjælp af værktøjer, som i højere grad er funderet i den europæiske regulering. Det sikrer mere ensartede værktøjer for de europæiske TSO'er.

GL SO omhandler reservedimensioneringskriterier og beføjelser til, i det regionale samarbejde, at fastsætte behovet for de forskellige typer reserver, herunder fx systembærende egenskaber. GL SO definerer desuden en lang række krav til information omkring anlægsstatus og drift, som producenterne skal sende til TSO'en.

GL SO er vedtaget i Cross Boarder Committee den 4. maj. Herefter skal GL SO forbi EU-Parlamentet til godkendelse, og der-

næst træder guidelinen i kraft i form af en EU-Forordning i slutningen af 2016.

Det kan derudover forventes, at den europæiske regulering fremadrettet øger fokus på forbrugeren i forhold til forsynings-sikkerhed. Dette gælder både i forhold til indregning af forbrugsfleksibilitet, fastsættelse af målsætninger og konkret, hvordan forbrugerne afkobles i krisesituationer.

Afkobling af forbrugere nævnes i flere netregler som et værktøj til at opretholde forsynings-sikkerheden. Der er blandt andet fokus på at aktivere forbrugernes fleksibilitet i markederne for så vidt muligt at undgå ufrivillige forbrugsafkoblinger. Reglerne for, hvordan forbrugere afkobles, er specificeret i NC DCC-netreglen for forbrugstilkobling.

### 3.7 Informationssikkerhed

Øget IT- og informationsanvendelse har skabt store udviklingsmuligheder i elsektoren både forretningsmæssigt og teknologisk. Anvendelsen er en af de væsentlige forudsætninger for at integrere store mængder af vedvarende energi i det europæiske elsystem.

Den større afhængighed af IT betyder, at elsystemet får indbygget en større sårbarhed. Det er derfor relevant at udvide begrebet systemsikkerhed til eksplicit at omfatte informationssikkerhed. Et moderne elsystem skal være designet og planlagt til at forebygge og modstå ondsindede data-angreb, der kan føre til en kritisk situation for elforsyningen.

De tre overordnede mål for arbejdet med informationssikkerhed er at sikre tilgængelighed, integritet og fortrolighed:

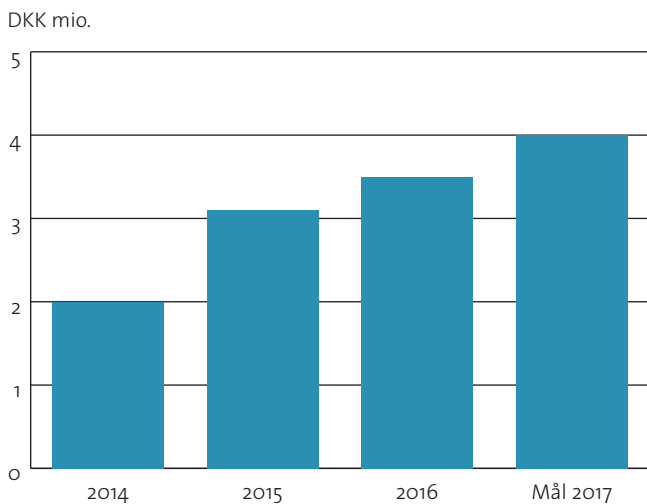
- **Tilgængelighed:** Systemer, data og informationer skal kunne tilgås, når der er brug for det.
- **Integritet:** Data og informationer er fuldstændige, troværdige, og ikke er blevet forvansket af utilsigtede ændringer.
- **Fortrolighed:** Data og informationer kan have en fortrolighed, der kræver, at de skal beskyttes for uvedkommende.

Historisk set har brist i informationssikkerheden ikke haft alvorlige konsekvenser for den danske elforsyning.

Energinet.dk har igennem flere år haft fokus på at sikre IT-systemer og træne beredskabssituationer, hvor systemerne er utilgængelige. Der er løbende foretaget forskellige former for test af systemerne, kontrollerede hackerangreb og informationskampagner internt i Energinet.dk.

Energinet.dk vurderer, at der er behov for et endnu større fokus på informationssikkerhed for hele værdikæden. Dels fordi informationsteknologien i dag er vital for driften af energisystemerne, og dels fordi trusselsbilledet har ændret sig over de seneste år. Den større fokus dækker lige fra system- og serverdrift til kultur og opmærksomhed hos virksomhedernes medarbejdere. Det vigtigste for at øge informationssikkerheden er, at forståelsen for informationssikkerheden forankres i og udspringer fra ledelsen af virksomhederne.

For få år siden var der fokus på at beskytte virksomhedernes IT-systemer via antivirus-software. I dag deles flere og mere



Figur 23. Niveau af procesmodenhed for IT-sikkerhed for 2014-2015 og målsætninger for 2016 og 2017.

komplekse informationer, og derfor er en stor del af forsvaret rykket ud på den anden side af virksomhedernes firewalls. Derfor er det nødvendigt at øge kravene til informationssikkerhed hos alle aktører, der agerer i sektoren.

#### Initiativer for forsyningskritisk IT

Den danske strategi for cyber- og informationssikkerhed har været startskuddet til en række initiativer, der skal styrke den forsyningskritiske IT. Det har i elsektoren betydet:

- at der har været afholdt workshops for at afdække aktørernes indbyrdes afhængigheder
- at der er igangsat lovforberedende arbejde med henblik på at ændre elforsyningsloven
- at der arbejdes på at ændre beredskabsbekendtgørelse 1024 af 21. august 2007, så den har større fokus på forsyningskritisk IT.

På europæisk plan er der initiativer, som blandt andet sigter imod harmonisering og forenkling af regler for kommunikation mellem aktører i elmarkedet – både nationalt og internationalt. Initiativer, der for en stor dels vedkommende har fokus på at styrke forsyningskritisk it.

#### ISO 27001

Energinet.dk måler IT-sikkerheden med afsæt i IT-sikkerhedsstandard ISO 27001. Energinet.dk havde et mål om, at modenheden i Energinet.dk ved udgangen af 2015 skulle være over middel.

I slutningen af 2015 vurderede PWC at:

- Energinet.dk nåede sit mål for 2015.
- Energinet.dk har god mulighed for at nå det fastsatte modenhedsmål for 2016 på 3,5.

Energinet.dk  
Tonne Kjærsvej 65  
7000 Fredericia  
Tlf. 70 10 22 44

info@energinet.dk  
www.energinet.dk