



Markedsmodel 3.0:

Baggrundsnotat vedr. analyse af kritiske egenskaber

Kontor/afdeling
LAN/FOR

Dato
16. juni 2021

J nr. 2021-8153

/AKHA

Indhold

1. Problem	2
2. Baggrund	3
2.1 Hvad er kritiske egenskaber	3
2.2 Tidligere analyser af kritiske egenskaber	4
3. Løsning	4
3.1 Analyse af kritiske egenskaber	4
3.1.1 AS-IS – hvordan Energinet fremskaffer kritiske egenskaber i dag	5
3.1.1.1 Fem metoder	5
3.1.1.2 Implementering af elmarkedsdirektivet 2019/944	6
3.1.2 TO BE – hvilke ændringer er på vej?	7
3.1.2.1 Generel udvikling af elsystemet frem mod 2030	7
3.1.2.2 Identifikation af fremtidige leverandører af systemkritiske egenskaber	7
3.1.3 Fremtidigt design for frembringelse af kritiske egenskaber	8
3.1.4 Vurdering	10
4. Konklusion	11

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

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

www.ens.dk



1. Problem

Som del af den politisk vedtagne målsætning om at reducere de nationale drivhusgasudledninger med 70% i 2030 og videre mod klimaneutralitet i 2050 forventes en større omstilling af energisektoren. Dette indebærer, at el- og varmeproduktion på centrale og decentrale kraftvarmeværker i noget omfang udfases og erstattes med decentral produktion fra vind- og solenergi samtidig med, at kraftvarmesektoren (blandt flere sektorer) elektrificeres.

Historisk har centrale og decentrale kraft- og kraftvarmeværker bidraget med kritiske egenskaber til elnettet som et biprodukt til deres produktion, blandt andet for at holde deres egne anlæg stabile (kritiske egenskaber er f.eks. statisk spændingsregulering, dynamisk spændingsregulering, kortslutningseffekt og inert) Leveringen af disse ydelser har været en betingelse for kraftværkernes tilslutning til elnettet, hvorfor kraftværkerne ikke modtager betaling for disse ydelser.

I takt med at de termiske værker generelt får færre driftstimer, og mange af dem lukker frem mod 2030 og årene derefter, vil termiske værker ikke i samme omfang kunne bidrage til frembringelsen af kritiske egenskaber i elsystemet. Der er derfor et behov for at sikre, at de nødvendige kritiske egenskaber på anden vis vil være til stede i elsystemet i takt med, at systemet omstilles fra centrale fossile produktionsenheder til centrale og decentrale vedvarende energikilder.

Tilstedeværelsen af tilstrækkelige kritiske egenskaber i systemet er nødvendig for at Energinet som transmissionssystemoperatør (TSO) i Danmark kan sikre en effektiv, sikker og stabil drift. De kritiske egenskaber kan komme både fra Energinets egne komponenter og fra anlæg i drift.

Der har tidligere ikke foreligget en samlet vurdering af situationen for kritiske egenskaber frem mod 2030 eller lige efter 2030, hvor det forventes, at mange kraft- og kraftvarmeværker vil lukke. Det har derfor været formålet med Markedsmodel 3.0 at samle op på overvejelserne fra markedsmodel 2.0 (og Energinets årlige behovsvurderinger) og kigge længere frem mod og lige efter 2030 for på den måde at give indblik i, hvordan tilstrækkelig og omkostningseffektiv frembringelse af kritiske egenskaber sikres i elsystemet i takt med den grønne omstilling.

Nærværende notat gennemgår de centrale dele af en analyse, som er blevet udført vedrørende kritiske egenskaber i forbindelse med Markedsmodel 3.0. Analysen er udarbejdet af Energistyrelsen med bidrag fra Energinet.

2. Baggrund

Energinet har som systemansvarlig virksomhed det overordnede ansvar for opretholdelse af stabiliteten i det danske elsystem. For at sikre stabiliteten har Energinet behov for, at en række kritiske egenskaber er til stede i det danske elsystem, herunder ikkefrekvensrelaterede systembærende ydelser som statisk spændingsregulering, dynamisk spændingsregulering, kortslutningseffekt og inertie.

2.1 Hvad er kritiske egenskaber

Systemkritiske egenskaber refererer til en række systemydelser, hvis primære formål er at sikre elsystemet mod udfald og fejl. Nye teknologier og vedvarende energi kan bidrage med nogle af disse ydelser, herunder f.eks. spændingsregulering og inertie.

Ikkefrekvensrelaterede systembærende ydelser (IFS) er et generelt begreb for en række af ydelser, der anvendes til at sikre en sikker og pålidelig drift af elsystemet og som navnet indikerer ikke direkte anvendes til at opretholde frekvensen i elsystemet, herunder statisk spændingsregulering, dynamisk spændingsregulering, kortslutningseffekt og inertie.

Statisk spændingsregulering: Formålet med statisk spændingsregulering er i en planlagt driftssituation at holde spændingen i elnettet inden for nogle forudbestemte grænser. Det er vigtigt spændingen ligger inden for disse grænser, da det sikrer funktionaliteten af elektriske komponenter, herunder transformerstationer, elproduktionsanlæg, basale forbrugsapparater og industrivirksomheders produktionsanlæg. Det leveres oftest af komponenter, der justeres i trin som regulerbare transformere, spoler eller kondensatorer, men kan også leveres af kraftværker, synkronkompensatorer etc.

Dynamisk spændingsregulering: Dynamisk spændingsregulering har samme formål som statisk spændingsregulering, men handler i højere grad om at få spændingen tilbage inden for de forudbestemte grænser efter fejl, kortslutninger eller koblinger i elnettet. Dynamisk henviser til den løbende situation, mens statisk henviser til den planlagte eller mere faste situation. Leveres af dynamiske anlæg, der løbende kan ændre indstillinger efter spændingen i nettet, herunder synkronkompensatorer, termiske kraftværker, vind- og solcelleanlæg eller nye udlandsforbindelser.

Kortslutningseffekt: Formålet med kortslutningseffekt er at sikre, at der løber en strøm i elnettet, når der sker en kortslutning. Dette skal blandt andet sikre, at fejlen bortkobles, og at relæer fungerer korrekt. Kortslutningseffekt leveres blandt andet af termiske kraftværker, vind- og solcelleanlæg og synkronkompensatorer. Kortslutningseffekt er sammenhængende med dynamisk spændingsregulering.

Inertie: Inertie er den fysiske evne til at modstå en ændring af hastighed og retning. Kraftværker, som har en stor roterende masse i form af en turbine, giver en høj inertie til elsystemet og gør det modstandsdygtigt over for udfald og fejl. Inertie giver derfor Energinet tid til at foretage afhjælpende tiltag, hvis der indtræffer uventede hændelser. Vind- og solanlæg forventes i fremtiden at kunne bidrage med "syntetisk inertie", hvor anlæggene "efterligner" effekten af store roterende masser.



2.2 Tidligere analyser af kritiske egenskaber

Kritiske egenskaber indgik som et emne i Markedsmodel 2.0 arbejdet, som blev udført af Energinet i 2014 og 2015. Den endelige anbefaling herfra var: *"At Energinet.dk laver en analyse, der præcist skal afdække, hvilke tekniske, kritiske egenskaber og funktionaliteter, der bliver behov for i det fremtidige system, og i hvilket omfang. På baggrund af analysen arbejdes der på, at behovene markedsføres, afregnes eller fortsat dækkes vederlagsfrit. Løsningsforslagene skal være i overensstemmelse med de fælles europæiske network codes"*¹.

Som udløber af Markedsmodel 2.0 anbefalingen udgav Energinet i 2018 *Behov for Systembærende Egenskaber i Danmark*², som konkluderede på Energinets analyser i perioden 2015-2017 og den umiddelbare fremtid.

Det videre arbejde med kritiske egenskaber blev ført ind i den årlige behovsvurdering, som Energinet skal udarbejde i henhold til systemansvarsbekendtgørelsen (BEK nr. 2245 af 29/12 2020). Energinet fremskriver heri deres behov for systemydelse og andre ydelser til at kunne opretholde elforsyningssikkerheden for det kommende år. Det vil sige, at Energinet vurderer elsystemets stabilitet og behovet for bl.a. kritiske egenskaber i øjeblikket og et år ud i fremtiden.

3. Løsning

3.1 Analyse af kritiske egenskaber

Analysen består af fire dele, der bidrager til at belyse de løsninger, der eksisterer ift. frembringelse af kritiske egenskaber frem mod 2030:

1. AS-IS – hvordan Energinet fremskaffer kritiske egenskaber i dag
2. TO-BE – hvilke ændringer, der er på vej herunder nye teknologiers mulighed for levering af kritiske egenskaber
3. Fremtidig design for frembringelse af kritiske egenskaber
4. Vurdering

¹ Energinets afrapportering af Markedsmodel 2.0: <https://energinet.dk/Om-publikationer/Publikationsliste/Markedsmodel-2-0>

² <https://energinet.dk/Om-publikationer/Publikationer/Behov-for-elsystembaerende-egenskaber>



3.1.1 AS-IS – hvordan Energinet fremskaffer kritiske egenskaber i dag

3.1.1.1 Fem metoder

Kritiske egenskaber frembringes i elsystemet gennem fem forskellige metoder:

1) Tilslutningsaftaler

Tilslutningsaftaler omhandler de betingelser, der stilles til produktions- og forbrugsanlæg, der tilsluttes elsystemet³. Tilslutningsaftaler har generelt til formål at definere et anlægs interaktion med elnettet, herunder anlæggets reaktion på forskellige tilstande i elnettet.

2) Aftaler med netvirksomheder eller andre TSO'er

Ud over tilslutningsaftaler med producenter og forbrugere, så har Energinet en række aftaler med transmissionstilsluttede distributionsvirksomheder og nabo-TSO'er. Disse aftaler dækker over en bred vifte af aftaler og regler med forskelligt formål.

3) Energinets egne anlæg

I tillæg til andre fremskaffelsesmetoder, så har Energinet en række komponenter, der bygges i forbindelse med opbygningen af transmissionsnettet. Disse komponenter kan levere en række ydelser til nettet. Her er der tale om komponenter som f.eks. transformere med indbyggede spændingsregulerende funktioner, reaktorer eller kondensatorer.

4) Markedsprodukter

Energinet kan fremskaffe ydelser gennem markedsløsninger. Dette indebærer, at Energinet udbyder behovet for en bestemt ydelse og indkøber det gennem en form for markedsløsning. Markedsløsninger kan se ud på mange måder og er forskellige efter hvilken ydelse, der er tale om.

Det specifikke udbud af en markedsløsning udformes på baggrund af specifikke vilkår for markedet såsom forventninger til antal markedsaktører, der forventes at kunne tilbyde den efterspurgte ydelse, krav til leveringssikkerhed, aktørernes behov for sikkerhed for at foretage investeringer etc.

5) Afhjælpende tiltag

Hvis Energinet har et uforudset behov, hvor der af tidsmæssige årsager, ikke er mulighed for et markedsindkøb, så kan Energinet foretage et afhjælpende tiltag. Dette kan for eksempel være i en situation, hvor Energinet foretager afhjælpende tiltag meget tæt på driftstimen og derfor ikke kan nå at udbyde en ydelse.

³ Tilslutningsaftaler kan indgås mellem Energinet og forbrugeren/producenten eller mellem DSO'en og forbrugeren/producenten. Hvis tilslutningsaftalen er indgået mellem DSO og forbruger/producent, skal aftalen stadig leve op til RfG- eller DCC-regler, men Energinet vil som udgangspunkt kun have "adgang" til aftalen, gennem de aftaler Energinet har med DSO'en.



Der er stor sammenhæng mellem disse fem metoder i forhold til diskussionen om, hvordan systemkritiske egenskaber skal fremskaffes i fremtiden.

Når Energinet fremskaffer de kritiske egenskaber som ydelser hos markedsaktørerne, skal dette som udgangspunkt foregå via markedsbaserede løsninger, jf. Lov om elforsyning, der har implementeret det reviderede elmarkedsdirektiv (EU) 2019/944.

3.1.1.2 Implementering af elmarkedsdirektivet 2019/944

Som følge af implementeringen af Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv (EU) 2019/944 om fælles regler for det indre marked for elektricitet er Energinet i dag forpligtet til at markedsføre ikkefrekvensrelaterede systembærende egenskaber (IFSY). IFSY udgør en delmængde af det, der kaldes systembærende egenskaber eller kritiske egenskaber.

IFSY defineres i direktivet som *"en ydelse, der anvendes af en transmissionssystemoperatør eller distributionssystemoperatør til spændingsregulering i statisk tilstand, hurtig tilførsel af reaktiv strøm, inert i for stabilitet i lokale net, kortslutningsstrøm, »black start«-kapacitet og ødriftskapacitet"*.

For systembærende egenskaber, der ikke falder under IFSY definitionen, skal Energinet fortsat markedsføre, hvis det er muligt. Dertil er der i henhold til Lov om elforsyning⁴ to muligheder for undtagelse fra markedsførelseskravet af IFSY:

- 1) Energinet kan fremskaffe ydelserne via fuldt integrerede netkomponenter, som Energinet har ret til at eje og drifte. Energinet er ikke forpligtet til at markedsudsætte ydelser, der leveres fra fuldt integrerede netkomponenter.
- 2) Energinet kan gennem ansøgning hos Forsyningstilsynet få undtagelse fra markedsførelseskravet. Dette sker ved, at Energinet påviser, at markedsførelse af ydelserne ikke vil være omkostningseffektiv.

Fuldt integrerede netkomponenter defineres i elmarkedsdirektivet som: *"netkomponenter der er integreret i et transmissions- eller distributionssystem, herunder lageranlæg, og som udelukkende anvendes til at sikre sikker og pålidelig drift af transmissions- eller distributionssystemet og ikke til balancering eller håndtering af kapacitetsbegrænsninger"*.

Det blev specificeret i lovbemærkningerne til fremsættelsen af Lov om elforsyning i december 2020, at dette anses som værende opfyldt for de komponenter, Energinet

⁴ Jf. evt. bemærkninger til forslag til lov om ændring af lov om elforsyning (fremsat 30. oktober 2020 af klima-, energi- og forsyningsministeren) afsnit 3.2.10 om transmissionsoperatørernes fremskaffelse af ydelser.



ejer i dag herunder reaktorer, filtre, transformere, synkronkompensatorer, VSC-anlæg, SVC-anlæg etc.

Det blev ligeledes fastsat med implementeringen af elmarkedsdirektivet, at Energinet ikke er forpligtet til at markedsføre ydelser, der leveres via fuldt integrerede netkomponenter, hvilket betyder, at Energinet ikke er forpligtet til at lade aktivering af egne anlæg stå i konkurrence med markedsaktørerne.

3.1.2 TO BE – hvilke ændringer er på vej?

3.1.2.1 Generel udvikling af elsystemet frem mod 2030

Baseret på analyseforudsætninger 2020 så er den generelle tendens i det danske elsystem, at der kommer flere inverterbaserede anlæg, som vind- og solcelleanlæg, hvis reaktionsmønster afhænger af anlæggets fysiske karakteristika, hvilket øger behovet for at fremtidssikre nettilslutningsbetingelserne.

Derudover er de inverterbaserede anlæg mere decentralt placeret i nettet, og en vis andel vil være placeret i distributionsnettet. En modsat tendens er, at en række af de centralt placerede termiske kraftværker forventes at lukke frem mod 2030 og årene derefter. De termiske kraftværker har en stabiliserende effekt på elsystemet grundet deres iboende egenskaber.

3.1.2.2 Identifikation af fremtidige leverandører af systemkritiske egenskaber

På forespørgsel fra Forsyningstilsynet bad Energinet Rambøll udarbejde rapporten "Ancillary services from new technologies – Technical potential and market integration" (december 2019).

Rambøll adspurgte danske aktører i forhold til fremtidigt potentiale for levering af kritiske egenskaber. Rapporten identificerede en række teknologier, der kan bidrage med inert, spændingsregulering og reaktiv effekt. Rambøll afgrænsede sig i rapporten fra at medtage kortslutningseffekt.

Rapporten konkluderede bl.a., at vindmøller kan levere spændingsregulering (landvindmøller har større potentiale end havvindmøller), at solceller i dag i udgangspunktet kan levere reaktiv effekt samt at energilager (battery energy storage systems) kan bidrage med reaktiv effekt og spændingsregulering.

Rapporten fandt dermed frem til en række anlæg, der vil være til stede i fremtidens elsystem og som kan bidrage med systemkritiske egenskaber som spændingsregulering i statisk tilstand, hurtig levering af reaktiv strøm og inert support. Det enkeltes anlægs levering af disse egenskaber til systemet afhænger dog i høj grad af, hvilken reguleringstilstand der beordres af systemoperatøren.



3.1.3 Fremtidigt design for frembringelse af kritiske egenskaber

I dette afsnit beskrives nogle af de identificerede udfordringer i det nuværende setup, samt udfordringer i forhold til markedsgørelse af kritiske egenskaber.

Når der stilles tilslutningsbetingelser til anlæg, så vil det alt andet lige forøge anlæggets investeringsomkostning (CAPEX) og potentielt deres driftsomkostninger (OPEX), da der stilles krav til anlæggets funktionalitet og egenskaber.

Såfremt der ikke modtages betaling for anlæggets levering af disse ydelser, så vil dette alt andet lige føre til to overordnede effekter på elmarkedet:

1) Tilbagebetalingstid øges

- Øgede CAPEX for anlæg betyder generelt, at tilbagebetalingstiden på anlæg øges, og det vil derfor skabe øgede entry-barrierer for f.eks. nye VE-anlæg i elmarkedet.
- Såfremt der stilles forskellige krav til forskellige anlæg, kan dette forvirre investeringssignalet mellem teknologier. Den øgede CAPEX kan betyde mindre investering i ny produktionskapacitet og påvirker dermed ligevægten i elmarkedet⁵.
- Denne påvirkning af ligevægten for markedet kan betyde en forværring af effekttilstrækkelighedssituationen (dvs. elforsyningssikkerheden) i markedet, som generelt forventes at forværres i Europa frem mod 2030. Dette har ikke tidligere været et problem, da markedet har haft overkapacitet.

2) Mulig hævet pris på el

- Øgede driftsomkostninger vil blive tillagt anlæggets marginal-prisbud i elmarkedet, herunder bud i spotmarkedet og vil dermed hæve den generelle pris på el. Såfremt der stilles differentierede krav, kan dette skabe en forvridning mellem, hvilke anlæg der vil kunne levere de laveste marginal-prisbud i spotmarkedet, og dermed hvilke anlæg der vil være i drift. Hvis anlæg gennem denne påvirkning får færre driftstimer, vil det forringe anlæggets mulighed for at tjene penge i elmarkedet og dermed forringe anlæggets businesscase.
- Ligeledes vil øgede driftsomkostninger betyde, at anlægget vil have en lavere indtjening, når det er i drift og dermed forringe anlæggets businesscase.
- Hvis businesscasen for anlæg forringes gennem øgede driftsomkostninger, kan dette ligeledes påvirke investeringer i ny produktionskapacitet og dermed påvirke elmarkedets evne til at levere en høj forsyningssikkerhed.

Ovenstående afspejler generelt en uigennemsigtig model, da anlæg ikke kender værdien af de ydelser, de leverer i medfør af deres tilslutningsbetingelser og dermed

⁵ Ligevægten i elmarkedet er givet ved forholdet mellem forbrugeres betalingsvilje og omkostninger ved at opsætte ny produktionskapacitet. Hvis omkostninger til at opsætte ny produktionskapacitet øges, uden forbrugernes betalingsvilje øges, så vil den nye markedsligevægt alt andet lige betyde, at markedet vil levere en dårligere forsyningssikkerhed.



ikke medtager værdien af ydelsen i deres betragtning om, hvorvidt anlægget skal være i drift.

Såfremt der laves betalinger for levering af disse ydelser, vil anlægsejer kunne inkludere dette prissignal i vurderingen af, om det har værdi, at anlægget er i drift i den pågældende time. Såfremt dette prissignal kan sættes omkostningseffektivt, vil dette medføre, at anlægsejeren medtager samfundsværdien af at være i drift for at kunne bidrage med kritiske egenskaber. Dette kræver dog, at Energinet kan etablere markeder med retvisende prissignaler, der afspejler den samfundøkonomiske værdi af, at anlægget er i drift for at levere systemkritiske egenskaber.

Når Energinet laver et udbud for at købe et anlæg i drift, så sætter dette en pris på værdien af, at anlægget er i drift for at bidrage med kritiske egenskaber.

For at sikre harmoniseret og transparent netadgang og sikre, at enhederne bidrager til opretholdelsen, sikringen og genopretningen af systemsikkerheden er det nødvendigt at stille krav til anlæggene.

Hvis man ønsker at markedsføre disse kritiske egenskaber, bør det være forbundet med en tilsvarende samfundøkonomisk gevinst i form af lavere samlede omkostninger for Energinet. Eksempelvis ved at Energinet ikke behøver at investere i komponenter, da aktører kan levere ydelser ved at placere sig "rigtigt" i systemet og ved at kunne levere ydelsen i de relevante timer, og at dette ikke medfører omkostninger til indkøb af ydelser, der er højere, end hvad Energinet alternativt kunne levere ydelsen til ved at bygge deres egen komponent.

Energinet havde før 2015 udbud, der skulle sikre, at der altid var tre kraftværker i drift i DK1 og tre kraftværker i drift i DK2 for at sikre tilstrækkelige systembærende egenskaber i elsystemet. Disse udbud kostede hvert år Energinet +200 mio. kr.

Efter udbygningen af Energinets synkronkompensatorer og nye VSC-HVDC udlandsforbindelser er der ikke længere behov for indkøb af disse kraftværker til at være i drift. Til sammenligning bruger Energinet hvert år 57 mio. kr. i driftsomkostninger på synkronkompensatorerne. Det har dermed sparet samfundet for en betydelig omkostning, at man er overgået til, at Energinet kan styre systemet ved hjælp af egne komponenter. Besparelsen skyldes ud over Energinets overgang til drift på egne komponenter, at Energinet er lykkedes med at drive systemet tættere på grænsen med færre systembærende egenskaber, uden at dette påvirker systemstabiliteten.

Et fremtidigt markedsdesign bør på den baggrund ikke overstige Energinets udgifter til egne komponenter, da det derved bedre samfundøkonomisk kan betale sig, at Energinet ejer og driver disse fuldt integrerede netkomponenter.

Opstår der nye behov for kritiske egenskaber, vil det imidlertid være relevant at undersøge, hvorvidt behovet kan imødekommes gennem markedsudbud eller ved



investering i en ny fuldt integreret netkomponent. Et markedsudbud bør dog betinges af, at der skabes en tilsvarende tilfredsstillende robusthed af elsystemet og forsyningssikkerheden for at være økonomisk og teknisk sammenlignelig.

Dertil skal man huske, at drift af en komponent tit medfører levering af flere kritiske egenskaber, og markedsgørelse af en kritisk egenskab vil medføre levering af flere egenskaber som er internt afhængige. Derfor kan markedsgørelse af de forskellige ikkefrekvensrelaterede systembærende ydelser eller kritiske egenskaber ikke ses isoleret.

I bilag 1 (udarbejdet af Energinet) til dette notat, ses også Energinets begrundelser for udfordringer ved markedsgørelse af de enkelte ikkefrekvensrelaterede systembærende ydelser, samt hvilke der allerede er markedsgjort, og hvor der fortsat foregår markedsudvikling.

Sidst er det værd at påpege, at der også er omkostninger forbundet med udvikling af markeder, transaktionsomkostninger etc. som også påvirker den samfundsøkonomiske gevinst. Målet må i sidste ende være, at Energinet fremskaffer kritiske egenskaber så omkostningseffektivt så muligt og tager alle forhold i betragtning i deres fremskaffelse af de kritiske egenskaber.

3.1.4 Vurdering

Med implementeringen af Ren Energi-pakken (herunder det nye elmarkedsdirektiv (EU) 2019/944) i 2020, er der implementeret bestemmelser for Energinets ejerskab af anlæg, øgede krav til markedsgørelse og proces for ikkefrekvensrelaterede systembærende ydelser, samt fortsat krav om at andre ydelser så vidt muligt markedsføres.

Energinet er fortsat underlagt regler om at skulle ansøge om nye store investeringer i infrastruktur, som skal godkendes af klima-, energi- og forsyningsministeren, herunder investeringer i infrastruktur der opsættes til frembringelse af kritiske egenskaber.

For nuværende vurderes dette at være den model, der anbefales som den fremtidige model for frembringelse af kritiske egenskaber. Dette indebærer, at Energinet fortsat kan stille krav til anlæg gennem tilslutningsaftaler, fortsat kan frembringe egenskaber via egne anlæg og løbende skal foretage vurderinger af, om kritiske egenskaber omkostningseffektivt kan frembringes via markedsydelser fra aktører.

Som nævnt betyder den grønne omstilling, at energisystemet ændres og i fremtiden i højere grad baseres på nye invertertilsluttede teknologier, som vind- og solanlæg samt nye lagringsteknologier. Disse teknologier stiller nye krav til systemoperatøren i forhold til sikring af fremtidens tilslutningsbetingelser. Samtidig kan en række af disse nye teknologier bidrage med kritiske egenskaber, som spændingsregulering i statisk tilstand, hurtig levering af reaktiv strøm og inert support.



På den baggrund anbefales det, at Energinet igangsætter et analysearbejde med fokus på betydning af omstillingen til vedvarende energi og nye teknologier for systemets robusthed. Energinet bør i den forbindelse være opmærksom på, hvordan nye teknologier bedst bringes i spil i forhold til at opretholde systemstabiliteten, så særligt bidrag fra vind- og solanlæg udnyttes.

Det anbefales ligeledes, at udviklingen i systemet løbende følges, så reguleringen kan opdateres og tilpasses, skulle der opstå uforudsete udfordringer.

4. Konklusion

Flere af de anlæg, der vil være til stede i fremtidens elsystem, kan altså bidrage med systemkritiske egenskaber. Da inverterbaserede anlægs mulighed for at levere kritiske egenskaber afhænger af anlæggets indstillinger frem for anlæggets iboende egenskaber, er det vigtigt, at nettilslutningskravene til disse anlæg løbende tager højde for udviklingen i energisystemets behov.

Med Markedsmodel 3.0 anbefales det bl.a., at Energinet igangsætter analysearbejde vedrørende omstillingen til vedvarende energi og nye teknologier. En mulighed er, at nye større sol- og vindmølleanlæg i højere grad tilsluttes i transmissionsnettet frem for distributionsnettet, idet dette vil kunne øge anlæggets evne til at bidrage med systemkritiske egenskaber.

Det anbefales endvidere, at Energinet og relevante myndigheder nøje følger udviklingen i systembehov og stabiliteten i elsystemet for at sikre, at elsystemets robusthed ikke bliver en barriere for indpasningen af store mængder vedvarende energi i det danske elsystem og dermed den grønne omstilling.