



TENDENSER OG FREMTIDSPERSPEKTIVER FOR ELSYSTEMET

ENERGINET
Elsystemansvar

DE **DANSK
ENERGI**

INDHOLD

INTRODUKTION Side 2

→ Rejsen mod 100 pct. VE i energisektoren

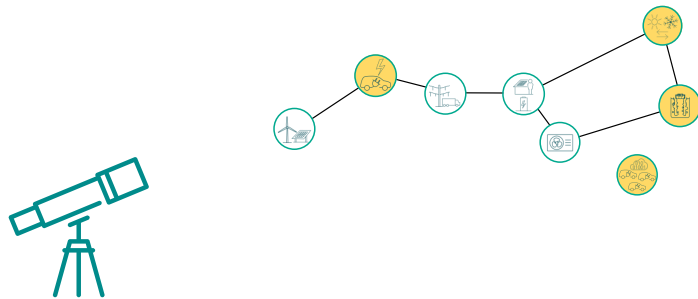
ANALYSE Side 4

- Hvordan har vi indstillet kikkerten?
- Gamechangere for fremtidens elsystem
- Digitalisering og fleksibilitet giver nye muligheder
- Oversigt over fremtidsbilleder for 2025 og 2035
- Kompasset peger på... men svinger undervejs

OPSUMMERING & ANBEFALING Side 12

BAGGRUND Side 15

→ Detaljerede Fremtidsbilleder for 2025 og 2035



INTRODUKTION

Energisektoren er under stor forandring. Hastig teknologjudvikling, decentralisering, elektrificering, digitalisering og et stort politisk fokus på klimavenlige energiløsninger har sat skub i en massiv omstilling. Dansk Energi og Energinet Elsystemansvar sætter sammen fokus på den udfordring, som den grønne omstilling byder elsystemet.

Et elsystem i forandring

Hvordan ser elsystemet ud i 2025? 2030? 2035? Senest i 2050 skal den danske energiforsyning være 100 pct. baseret på VE. Senest i 2030 forventes VE-andelen i elforsyningen at være 100 pct. VE, samtidig med at store dele af den øvrige energisektor og forbruget skal elektrificeres. Ambitionen er klar, men det puslespil, der udgør den danske energisektor i 2050 og vejen dertil, er endnu ikke lagt.

Et samarbejde mellem Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi

Elektrificeringen og VE-udbygningen bringer nyt elforbrug og -produktion ind i alle dele af nettet. Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi ser i denne analyse sammen på fremtiden for at øge sammenhængen mellem udviklingen af to niveauer af elnet, som vi har i Danmark: distributionsnettet og transmissionsnettet. Analysens hovedfokus er sammenspillet mellem det fysiske elnet og fremtidige producenter og forbrugere.

Vi ser på fremtidsbilleder

Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi tager et kig i stjernebilleder for at få øje på de billeder, der tegner sig for fremtiden. Elsystemet skal være klar til fremtiden, men hvad er det for en teknologisk udvikling, branchen ser foran sig, og hvad betyder det for det elsystem, der skal planlægges i dag, og som skal være robust i mange år fremover? Formålet med studiet er at styrke den sammenhængende elsystemudvikling og bringe elsystemperspektivet ind i samfundsdebatten om den grønne omstilling. For at nuancere billedet sættes elsystemets udvikling i relation til en række fremtidsbilleder, der er mere eller mindre afhængige af teknologiske gennembrud.

Vi ønsker samarbejde, der skal styrke elsystemet til en ukendt fremtid

Elektrificering og digitalisering ventes at bringe en række nye aktører i spil. Vi ønsker samarbejde og bred dialog med organisationer, aktører, brugere, myndigheder og politikere for at sikre en fælles forståelse for, hvad det er for en palet af mulige fremtidsbilleder. Dette er et diskussionsoplæg, der danner grundlag for drøftelsen af det fremtidige elsystem.

REJSEN MOD 100 PCT. VE I ENERGISEKTOREN MED EL SOM PRIMÆR ENERGIBÆRER

Elsystemets omverden går fra central planlægning...

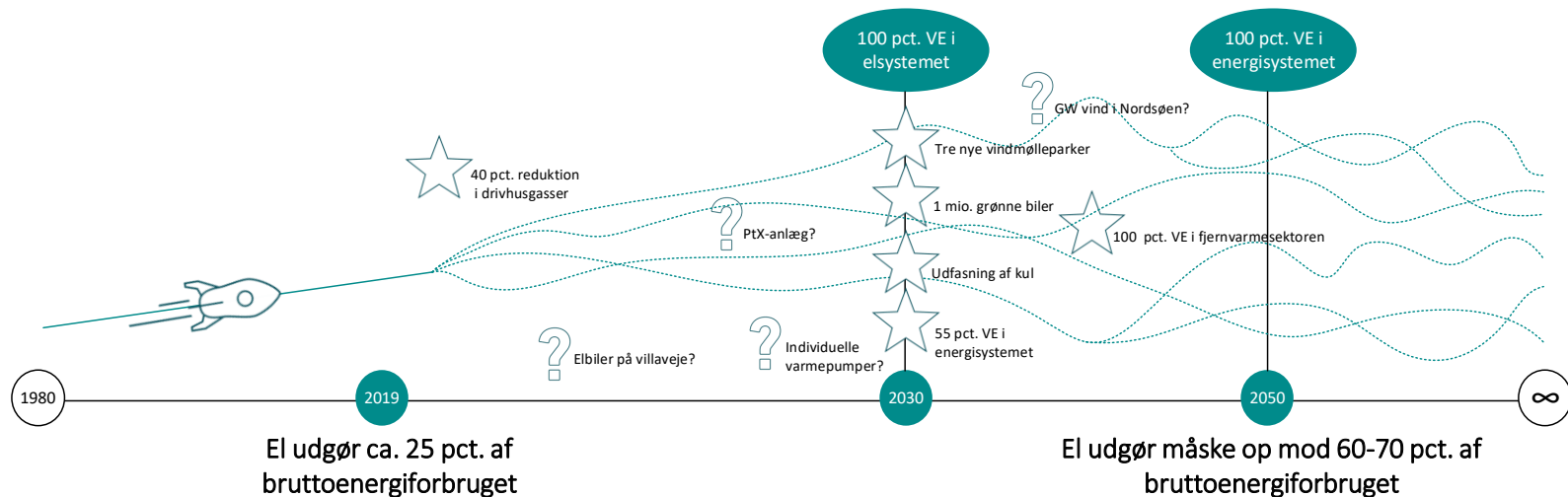
Det nuværende danske elsystem er et resultat af mange år med central planlægning af teknologivalg, rammer for brændselsvalg, produktionsbindinger og målrettet VE-støtte. Geografiske produktionscentre er oprindeligt blevet fastlagt ved udpegning af kraftværkspladser og senere dedikerede VE-områder. På forbrugssiden har der været lav forbrugsvækst uden store udsving. Planlægningen og designet af elsystemet og infrastrukturen både centralt og decentralt er løbende sket ud fra besluttede forudsætninger og i god tid, inden nye behov opstod både på produktionssiden og på forbrugssiden. Det har givet os den høje forsyningsikkerhed, vi oplever i dag – og et elsystem i verdensklasse.

...til markedsdrevet...

I det seneste år har det for alvor vist sig, at VE-produktion er blevet en markedsmoden produktionsform, og nu opsættes VE på markedsvilkår både til havs og til lands, centralt og decentralt. Forbrugsteknologier som fx solceller, batterier, elbiler og varmepumper markedsmodnes med større hastighed end nogensinde. Øget fokus på klimaudfordringen i befolkningen og erhvervslivet fører til markant øget efterspørgsel efter nye grønne produkter. Det bringer nye muligheder til Danmark og skaber grundlag for, at Danmark kan udvikle sig til vækstcenter for grøn teknologiudvikling og industriel produktion baseret på grøn energi.

...med stor uforudsigelighed

Den accelererende markeds- og teknologiudvikling kombineret med ambitiøse klimamålsætninger placerer elsystemet som en helt central facilitator for den grønne omstilling af hele energisystemet. Analyser peger på, at el kan gå fra i dag at udgøre ca. 25 pct. af bruttoenergiforbruget til 60-70 pct. i et lavemissionssamfund i 2050. Markedsdrevne løsninger er vejen til en effektiv grøn omstilling, men markedet skaber samtidig uforudsigelighed om de behov, elsystemet skal understøtte. Det stiller store krav til udviklingen af elsystemet og elnettet. Dansk Energi og Energinet Elsystemansvar ønsker derfor i denne analyse at belyse det potentielle udfaldsrum for, hvilke behov der kan tegne sig frem mod 2035.

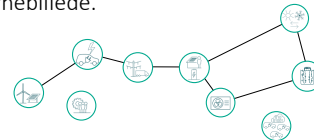


HVORDAN HAR VI INDSTILLET KIKKERTEN?

Dette studie er opbygget med afsæt i en række tidligere udgivne analyser fra Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi. Studiet tager udgangspunkt i, hvad det er for en teknologisk udvikling, der kan få betydning for elsystemet. Den potentielle udvikling er kategoriseret i en række gamechangere. For hver gamechanger er sandsynligheden for gennembrud i Danmark og påvirkning på elsystemet vurderet. På baggrund af den vurdering er der sammensat en række fremtidsbilleder. Konsekvenserne for elsystemet og anbefalinger til rammevilkår og regulering er vurderet for hvert fremtidsbillede.

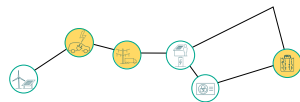
1 **OPBYGNING AF REFERENCEBILLEDE**
Grundlaget for analysen er de analyseforudsætninger, som Energinet Elsystemansvar planlægger og udvikler elsystemet efter. De øvrige fremtidsbilleder bygger oven på denne base, hvor der tilføjes en eller flere teknologiske udviklingspring, som, hvis de bliver en realitet, skaber andre fremtidsbilleder.

2 **IDENTIFIKATION AF GAMECHANGERE, DER KAN FÅ MARKANT BETYDNING FOR ELSYSTEMET**
Gennem studier af tidligere analyser og nyheder er en række gamechangere defineret. Gamechangerne er i analysen samlet i et stjernebillede.



3 **VURDERING AF GAMECHANGERNES SANDSYNLIGHED FOR GENNEMBRUD OG PÅVIRKNING PÅ ELSYSTEMET**
Analysen arbejder med to tidshorisonter: mellemlangt (2025) og langt (2035). For hver gamechanger er det vurderet, hvor sandsynligt et gennembrud er på de to tidshorisonter, og hvor stor en konsekvens et gennembrud vil have for elsystemet.

4 **SAMMENSÆTNING AF FREMTIDSBILLEDER**
Analysen indeholder seks fremtidsbilleder. For 2025 og 2035 er der ét referencebillede, et 'vildt' scenarie, der er vurderet til at være relativt sandsynligt og et 'helt vildt' scenarie, der forudsætter yderligere teknologiske gennembrud. De fremhævede elementer i stjernebilledet viser gennem analysen, hvilke gamechangere der indgår i den aktuelle beskrivelse.



5 **FREMTIDSBILLEDERNES KONSEKVENSER FOR UDVIKLING OG DRIFT AF ELSYSTEMET**
For hvert af de seks fremtidsbilleder er konsekvenserne for udviklingen og driften af elsystemet analyseret. Referencebillederne er i høj grad allerede repræsenteret i de nuværende udbygnings- og udviklingsplaner, mens behovene fra fremtidsbillederne er vurderet ud fra eksisterende scenarieanalyser og faglige skøn.

6 **KONKLUSIONER OG FOKUSPUNKTER**
På tværs af fremtidsbillederne er der set på generiske konsekvenser for elsystemet. Dette er anvendt som grundlag for anbefalinger til, hvilke rammer der er nødvendige for, at elnetselskaberne og Energinet Elsystemansvar effektivt kan levere på deres kerneopgaver i fremtiden. Derudover – og ikke mindst – som inspiration til hvordan elnetselskaberne og Energinet Elsystemansvar selv bør udvikle deres værktøjskasse til at møde fremtiden i form af fx nye produkter, teknologiske løsninger og tarifsignaler til brugerne af elnettet.

DIGITALISERING

Digitalisering er en åbenlys, underliggende driver og enabler for udviklingen i hele samfundet og således også i elsystemet. Derfor er digitalisering ikke behandlet som en separat gamechanger, men betragtes som et accelererende element på tværs af alle fremtidsbilleder.

GAMECHANGERE FOR FREMTIDENS ELSYSTEM

Kabler og ledninger har en lang levetid. De forstærkninger, der foretages i nettet i dag, lever til længe efter, at Danmark i 2050 har en helt grøn og bæredygtig energiforsyning. Det er derfor essentielt at vide, hvad det er for en mulig fremtid, elsystemet skal kunne understøtte. Der er identificerede teknologiske gamechangere, som kan blive en del af fremtiden, og nedenunder er det kort beskrevet, hvad gamechangerne vil få af teknologiske konsekvenser samt påvirkning på elsystemet.

OFFENTLIG HURTIGLADNING ERSTATTER HJEMMEOPLADNING PÅ VILLAVEJENE

- Hurtigladning erstatter en betydelig del af hjemmeopladningen særligt på villavejene, hvor folk lader deres bil på el-tankstationen eller på arbejde og ved supermarkeder.
- Lavspændingsnettet bliver mindre belastet. Skift til hurtigladning kan potentielt reducere mængden af fleksibelt elforbrug om natten.



MARKANT MERE VE-UDBYGNING

- Både landvind og solceller udbygges på markedsvilkår i højt tempo. Politisk appetit på mere havvind fører til flere havvindmølleparker inden 2030. Nye teknologiske gennembrud kan øge tempoet i VE-udbygningen yderligere.
- Mellem- og højspændingsnettet skal udbygges for at kunne håndtere markant mere sol og vind.



PEER-TO-PEER (P2P) ENERGIFÆLLESSKABER

- Elkøb fra andre forbrugere (P2P) fører til, at forbrugerfællesskaber baseret på prosumer-tankegang og selvbalancering vinder frem, bl.a. pga. de regulatoriske rammer via Clean Energy Package.
- Udveksling via elnettet over store afstande reduceres, ligesom den velkendte kogespids mindskes.

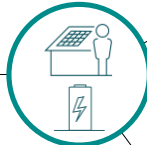
TUNG TRANSPORT BLIVER ELEKTRIFICERET

- Der anlægges køreledninger langs centrale motorvejsstrækninger for særligt at flytte lastbiler med langt kørselsbehov til el. Desuden gennembrud for batterilastbiler og -busser til citytransport.
- Køreledninger kræver udvidet elnet til motorvejen. Batterikøretøjer kræver nye ladere og stedvist stærkere elnet.



SOLCELLER OG BATTERIER PÅ VILLAVEJENE

- Solceller og batterier opsættes på villavejene i stor stil drevet af prisfald og afgifts- og tarifbesparelser.
- Øget elproduktion og lagring på villaveje vil ændre anvendelsen af især distributionsnettet bl.a. med øget produktion af el fra villavejene.



ELFORBRUG TIL VARMEPRODUKTION STIGER MARKANT

- Varmepumper og elpatroner vinder markant frem til opvarmning i både husholdninger, fjernvarme og industri.
- Et højt samtidigt el-til-varme-forbrug kan kræve netudvidelser, fx nær store byer med fjernvarme. Meget høj udbredelse af individuelle varmepumper kan i kombination med elbiler være en udfordring for hele elnettet.

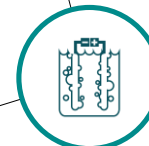
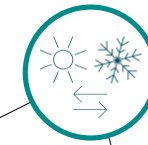


SELVKØRENDE TRANSPORT BLIVER DEN NYE STANDARD

- Selvkørende elbiler efter delebilkonceptet vil potentielt flytte en betydelig del af opladningen væk fra villaveje og til centrale ladepladser fx med hurtigladning. Selvkørende lastbiler og busser vil øge elektrificering af tung transport.
- Selvkørende biler øger belastningen på mellemspændingsnettet, men giver potentielt stor forbrugsfleksibilitet, fordi bilerne kan oplade ift. elsystemets behov.

LANGTIDSLAGRING AF EL BLIVER RENTABELT

- Gennembrud i lagring i nye medier som fx trykluft, brint eller varme sten kan muliggøre rentabel lagring af energi i længere end et døgn og sikre regulérbar elproduktion.
- Langtidslagring giver nye muligheder for at balancere og udjævne belastningen i elnettet. Dette kan ændre eller sænke behov for elnet.



POWER-TO-X FÅR GENNEMBRUD I DK

- Via elektrolyse omdannes el til flydende og gasformige brændstoffer og industriprodukter. PtX forventes at skulle bruge store mængder el.
- Elnet skal udvides, afhængigt af hvor VE- og PtX-anlæggene bliver placeret. Havvind i Nordsøen til PtX kan fx kræve betydeligt nyt ilandføringsnet.

DIGITALISERING OG FLEKSIBILITET GIVER NYE MULIGHEDER

Digitalisering er både et nyt grundvilkår og en central værktøjskasse i den grønne omstilling. Nye digitale løsninger har potentiale til at revolutionere alle sektorer. Mange gamechangere i denne publikation har digitalisering som driver og enabler. Særligt aktivering af fleksibilitet fra mindre enheder vil kræve nye digitale løsninger og produkter til kunderne.

Digitalisering er et vigtigt element i at kunne håndtere udviklingen mod et mere komplekst elsystem. På tværs af de identificerede gamechangere og fremtidsbilleder vil digitalisering og nye forretningsmodeller være en gennemgående enabler – og joker – for udviklingen og ikke mindst hastigheden i udviklingen.

Hastighed: Eksponentielt voksende processorkraft og faldende pris på håndtering af store mængder data åbner konstant for nye teknologier og forretningsmuligheder. Den digitale værktøjskasse kan således bidrage med at øge hastighed og produktivitet.

Kompleksitet: Digitalisering er nøglen til at håndtere en højere grad af kompleksitet. Løsninger, der tidligere var teknologisk utænkelige, kommer således hurtigere inden for rækkevidde. Realiseringen af de identificerede gamechangere stiller stigende krav til håndtering af øget kompleksitet.

Nye forretningsmodeller kan i sig selv være gamechangere: Med en gamechanger forstår vi ofte en ny teknologisk opfindelse. Men i de senere år har vi set et utal af eksempler på, at udvikling af nye forretningsmodeller i sig selv kan drive en udvikling og blive en gamechanger. Flere aktører i energisektoren eksperimenterer i disse år fx med nye services med el som integreret input. Fx varmepumper, hvor forbrugerne ikke blot køber et elforbrugende apparat, men 'varme as-a-service', og elbiler hvor forbrugerne køber 'mobility as-a-service', dvs. en samlet transportydelse og ikke bare el til en bil. Udbredelse af disse nye løsninger og forretningsmodeller vil formentlig være en forudsætning for, at vi lykkes effektivt med aktivering af forbrugsfleksibilitet som ny ressource i elsystemet.

Data skal frisættes – i respekt for privatliv og sikkerhed: Der er allerede en stor grad af tilgængelighed til elmarkedsdata fra Energi Data Service, men i fremtiden skal nye data fra fx fjernafmålte målere i endnu større grad stilles til rådighed for øget digitalisering og innovation. Dette stiller stadigt større krav til dataleverandører om at have fokus på privacy og cybersikkerhed. Energibranchen oplever allerede i dag et højt trusselsniveau på IT-sikkerhedsområdet. Digitaliseringen af energisystemet, IOT og brugerdriven innovation indebærer et eksponentielt voksende antal angrebepunkter for cyberkriminalitet. Derfor er udvikling af IT-sikkerhedsløsninger, der kan håndtere denne problematik, en essentiel faktor i en sikker energifremtid.

FLEKSIBILITET FORDRER DIGITALISERING



Fleksibilitet har betragtelig potentiel værdi

Dansk Energi offentliggjorde for nylig en analyse*, der viser et besparelspotentiale på 16 mia. kr. frem mod 2030, hvis elbilers opladning styres fleksibelt frem for, at distributionsnettet dimensioneres efter, at alle kan oplade samtidigt. Det vidner om, at fleksibilitet har en stor potentiel værdi, der bør aktiveres for at sikre en effektiv anvendelse af elsystemet.

Digitale løsninger og produkter skal hjælpe forbrugeren

Det er næppe realistisk, at den enkelte elbiler selv vil bruge tid og tankekraft på at tænde og slukke for ladestanderen afhængigt af timeprissignalerne fra elmarkedet og elnettet eller selv vil påtage sig at afbryde opladningen helt eller delvist i kortere tidsrum. Derfor skal det være nemt og bekvemt for forbrugerne at levere fleksibilitet til elmarkedet og elnettet.

Det kræver nye digitale løsninger, som sikrer, at forbrugeren – uden komforttab – deltager i optimeringen af elsystemet via de produkter og løsninger, der er på markedet. De samme forhold gælder, hvis fleksibilitet fra fx ventilationsanlæg, køleanlæg, varmepumper og batterier skal kunne agere fleksibelt og hjælpe med både indpasning af vedvarende energi og optimal udnyttelse af elsystemet.


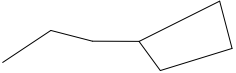
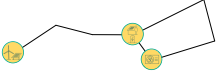









Fleksibilitet kan være en gamechanger – især hvis den udebliver

Dansk Energis og Energinet Elsystemansvars mål og ambition er at aktivere fleksibilitet til at sikre samfundsøkonomisk effektiv indpasning af vedvarende energi i elsystemet og optimal udnyttelse af elnettet. Men, hvis de nødvendige digitale løsninger og forbrugernes involvering udebliver, så vil det udgøre en gamechanger i sig selv, fordi elsystemet og elnettet i den situation skal designes efter væsentligt højere effektkrav. Det medfører en risiko for, at de samlede omkostninger til elnettet stiger.

*Elbilerne kommer – gør elnettet klar til elbilerne (Dansk Energi, 2019)

2025 ET BREDT UDFALDSRUM AF FREMTIDSBILLEDER

Allerede i 2025 kan der være sket markante ændringer i samfundets energiforbrug, som har en betydelig indflydelse på elsystemets opgave. I tabellen her er de overordnede konsekvenser for elsystemet listet for 2025-fremtidsbillederne. Hvis udviklingen bliver vild eller helt vild, så tegner der sig en verden, hvor elsystemet skal understøtte et langt højere elforbrug, end det skal i dag. Der bringes også nye kilder til fleksibilitet på banen, som er en vigtig brik, der kan være med til at binde systemet sammen. Det vilde og det helt vilde scenarie er konstrueret for at vise nogle yderpunkter i forhold til, hvad det fremtidige elsystem skal kunne håndtere, hvis markedsudviklingen bliver afgørende anderledes end forudsat i referencescenariet.

FREMTIDS- BILLEDE 	REFERENCE  På vej mod 1 mio. el- og hybridbiler med stor grad af hjemmeoplading på villaveje Udfasning af eksisterende kraftværker udfordrer forsyningsikkerheden	DET BLIVER VILDT   Markant mere VE-udbygning  Elforbrug til varmeproduktion stiger markant  Solceller og batterier på villavejene	DET BLIVER HELT VILDT   Offentlig hurtigladning erstatter hjemmeoplading på villavejene  Tung vejtransport bliver elektrificeret  Storskala Power-to-X får gennembrud i DK
NET- KONSEKVENSER 	<ul style="list-style-type: none"> • Indpasning af elbiler i bysamfund kræver udbygning af især lavspændingsnettet • Risiko for regional og lokal effektmangel 	<ul style="list-style-type: none"> • Øget behov for netforstærkninger på alle niveauer til at imødekomme øget forbrug og VE-produktion og udbygning af transmissionsnet • Behov for at netudviklingen skal være på forkant med markedsudviklingen • Markant udbygningsbehov i lavspændingsnettet grundet prosumer-udviklingen – især i ældre net 	<ul style="list-style-type: none"> • Behov for forstærkninger i især mellemspændingsnettet til ladning af tung transport • Hurtiglådere ved centrale stationer mindsker behovet for forstærkninger i byerne • PtX-gennembrud kan føre til behov for større eller mindre udbygninger i alle dele af nettet, afhængigt af hvor anlæggene placeres, og hvordan de integreres
MARKEDS- KONSEKVENSER 	<ul style="list-style-type: none"> • Behov for afklaring af i hvilken grad markedsløsninger kan sikre indpasning af elbiler i lavspændingsnettet • Udfasning af kraftværker skaber behov for nye markedsreformer for at sikre effekttilstrækkeligheden, fx via en strategisk reserve 	<ul style="list-style-type: none"> • Behov for lokale løsninger til at imødegå udfordringer ved lokale effektspidser • Forbrugs- og produktionsfleksibilitet kan bidrage til at løse udfordringer gennem markedsløsninger • Behov for incitament til lokalisering af nye enheder under hensyntagen til nettets kapacitet • Behov for afklaring af i hvilken grad markedsløsninger kan sikre indpasning af VE 	<ul style="list-style-type: none"> • Større behov for at skabe incitament til lokalisering af nye enheder under hensyntagen til nettets kapacitet • Hurtigladning af elbiler kan føre til, at der bliver et højt elforbrug til ladning af elbiler med høj samtidighed, hvilket vil påvirke markedet • Yderligere behov for løsninger til at sikre optimal udnyttelse af eksisterende infrastruktur bliver afgørende, hvis udviklingen går så stærkt, som det er antaget i dette fremtidsbillede

2035 NAVIGATION MOD 2035

Fremtidsbillederne for 2035 byder på vidt forskellige virkeligheder, der sætter hver sine krav til strukturen for og kapacitet i elsystemet. Der er i 2035 en tendens til, at teknologiernes gennembrud ikke alene er et spørgsmål om teknologisk udvikling. Det er også i høj grad et spørgsmål om, hvordan de øvrige teknologier udvikler sig, og hvilken hastighed der er i udbredelsen.

Umiddelbart virker fremtidsbillederne markant forskellige, men fx kan udbredelsen af energifællesskaber fint sameksistere med udviklingen i og udbredelsen af de øvrige teknologier. Uanset størrelsen af et energifællesskab så skal der produceres VE, og der skal opnås balance mellem produktion og forbrug. Power-to-X-teknologi, selvkørende biler, langtidslagring og hurtigladning af elbiler er fint kompatible med energifællesskaber, og i hvor høj grad energifællesskaber med separat balancering bliver virkelighed afhænger meget af, hvilke fordele der er ved at bygge store, centrale anlæg frem for flere mindre. Tidligere analyser* peger på, at det ikke virker sandsynligt, at det blive rentabelt for små forbrugere ikke at være tilsluttet det fælles elsystem – selv hvis der indregnes markante fald i eksempelvis batteripriser.

De elementer, der er i spil frem mod 2035, rummer også en udfordring i, at de alle både kan være til stor gavn for balancen i elsystemet og understøtte optimal udnyttelse af infrastrukturen og samtidig kan blive store udfordringer. Det afhænger langt hen ad vejen af, hvilke rammer de bliver bygget og udviklet under. Eksempelvis kan de selvkørende elbiler og hurtigladningen af elbiler give en stor fleksibilitet i forbruget, da elbilernes forbrug reelt set kan flyttes i både tid og sted til der, hvor der er billigst el i nettet, og hvor den el kan leveres med mindst muligt tab og uden at overbelaste elnettet. Omvendt, så vil fuldstændig ikkestyret hurtigladning af selvkørende elbiler tilføre elsystemet en joker, hvor der pludselig kan trækkes store mængder el ét sted i nettet – og et andet sted et øjeblik efter. Om det bliver muligt at få løsninger tilpasset således, at udviklingen bliver en hjælp og ikke et problem for elsystemet, er i høj grad afhængig af den digitale udvikling, og i hvilken grad sektoren tager udviklingen til sig.

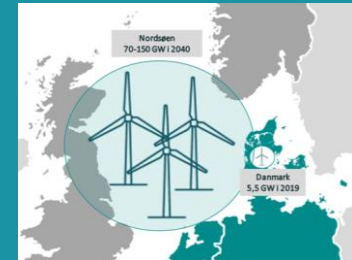
*Små prosumeres samspil med energisystemet i 2035 (Energinet, 2018) og Små prosumere i fremtidens elnet (Energinet og Dansk Energi, 2019).

Stort potentiale for dansk erhvervsliv

Skal EU som helhed nå i mål med omstillingen til vedvarende energi, så skal der udnyttes en række vedvarende energiresourcer. Flere studier har vist, at Nordsøen indeholder et stort potentiale for at høste vindenergi. Mange af de billigste placeringer for storskala vindmøller i Nordsøen befinder sig ud for den danske vestkyst.

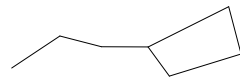
Der er vind nok til at dække langt mere end det danske behov for el. For det danske erhvervsliv ligger der et stort potentiale i at finde løsninger, der effektivt kan integrere vindenergien i energisystemet gennem bl.a. andet teknologier til sektorkobling.

Kombinationen af rigelig vindenergi og grønne energiteknologier bærer potentialet for at udvikle Danmark til et europæisk vækstcenter for grøn industriel produktion.



FREMTIDS-
BILLEDE

REFERENCE



Over 1 mio. el- og hybridbiler

Datacentre

Mere vind- og solkraft

DET BLIVER VILDT



Power-to-X får gennembrud i DK



Langtidslagring af el bliver rentabelt



Selvkørende transport bliver den nye standard



Offentlig hurtigladning erstatter hjemmeopladning på villavejene

DET BLIVER HELT VILDT



Peer-to-peer (P2P) energifællesskaber



KOMPASSET PEGER PÅ MARKANT VE-UDBYGNING HVORDAN UNDGÅR VI, AT ELNETTET BLIVER FLASKEHALS?

For indeværende har Energinet Elsystemansvar og elnetselskaberne modtaget informationer om potentielt ca. 1 GW landvind og ca. 2,5 GW solceller, herunder flere projekter der forventes opført uden støtte. Det er afgørende for den videre grønne omstilling, at Energinet Elsystemansvar og elnetselskaberne allerede nu kan tage indikationerne i betragtning som en del af netplanlægningen, så der kan samarbejdes om optimale placeringer, så netplanlægningen kan optimeres og etableres rettidigt.

Mange landvind- og solcelleprojekter er i støbeskeen

Pipelinen for mark-solcelleanlæg og landvind for de næste 2-5 år er væsentlig højere end de udbygningsforudsætninger, der lige nu ligger til grund for netplanlægningen. Dette viser en stor interesse for at opføre ny VE-elproduktion, som er meget fremmede for den grønne omstilling. Ikke alle kendte projekter forventes realiseret, men omvendt kan der også komme nye til og øge pipelinen frem mod 2025. VE-udbygning kan med andre ord blive accelereret, hvis elnettet og samfundet sikrer gode rammer for at udvikle projekterne.

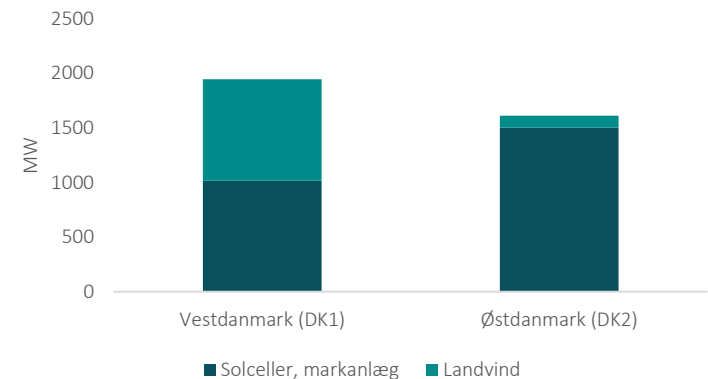
VE-udbygning langt fra forbruget udfordrer elnettet, grundet manglende lokationssignal

Pipelinen viser, at landvind i særlig grad forventes opført i Jylland, og de bedste vindressourcer findes langs vestkysten, hvor afstanden til større elforbrug i byerne er relativt lang. For mark-solcelleanlæg forventes betydelig udbygning overalt i landet, men her er fx Lolland et særligt attraktivt sted at udvikle og opføre projekter. En succesfuld VE-udbygning kræver dog, at elnettet kan aftage VE-elproduktionen. Det kan blive en udfordring, da det tager markant længere tid at udbygge elnettet, end det gør at etablere markant større mængder VE. Specielt solcelleanlæg kan opsættes hurtigt. Udviklingen er en ny udfordring, fordi den sker helt på markedsvilkår, og der i øjeblikket ikke er et markedssignal, der indikerer, hvor i elnettet nybygget produktionskapacitet billigst kan integreres.

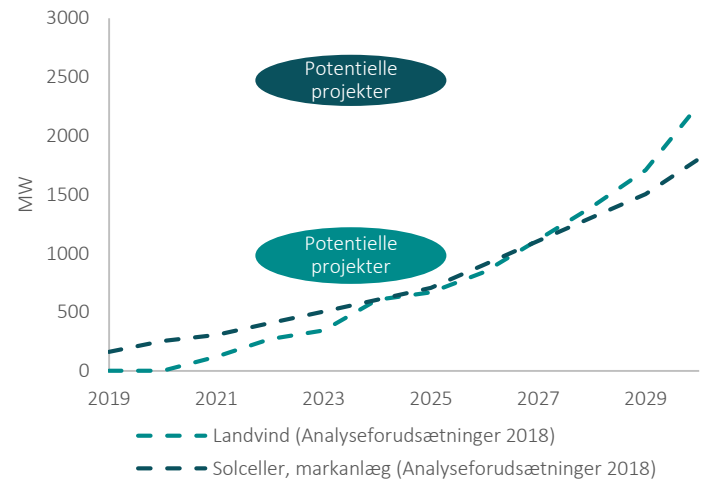
Regulering kan gøre elnettet til flaskehals for VE-udbygningen

Regulering for Energinet Elsystemansvar og elnetselskaberne kræver i dag, at elnetudvidelserne først må bygges på baggrund af besluttede projekter – dette betyder kort sagt, at elnetudbygningen foretages på bagkant af udviklingen og kan desuden blive forsinket af planprocesser for opførelse af elnetinfrastruktur. I modsætning til elnet til ny VE-udbygning kan elnet til forventet nyt elforbrug etableres på baggrund af prognoser. Dette princip kan med fordel udvides til planlægning af det nødvendige elnet, der skal sikre fremtidens VE-udbygning – hermed kan elnetselskaberne komme på forkant med udviklingen og ikke risikere at blive flaskehals for den grønne omstilling. En sådan strategi vil medføre en vis risiko for overinvesteringer i elnettet på kortere sigt mod den markante risiko for underinvestering, som er indbygget i den nuværende strategi.

VE-pipeline for kendte potentielle projekter* opdelt på landsdele



VE-pipeline sammenlignet med udbygningsforudsætninger**



* Omtalt i medierne, i offentlig høring, lokalplansforslag eller vedtaget lokalplan (kilde: Energinet Elsystemansvar, estimat maj 2019)

** Analyseforudsætninger til Energinet 2018, Energistyrelsen november 2018



KOMPASSET SVINGER UNDERVEJS DSO-CASE: HVOR VIL ELBILERNE LADE?

Personbiltransporten i fremtiden skal drives af elbiler. Alternative, grønne brændsler kan naturligvis komme på banen med nye teknologiske banebrud, men frem mod 2050 synes den altovervejende sandsynlighed at tale for, at distributionsnettet skal understøtte et markant øget effektbehov til opladning af personbiler. Det er afgørende for netudbygningen, hvor elbilerne skal oplades.

Opladning af elbiler udfordrer distributionsnettet

Effektbehovet fra elbiloplading i 2050 kan ved en ufleksibel opladning nå helt op på ca. 7 gange dagens kapacitet i distributionsnettet og ved fleksibel opladning ca. 3 gange dagens kapacitet. I alle tilfælde kræver det nye effektbehov fra opladning af elbiler en betydelig udbygning af kapaciteten i distributionsnettet, som elnetselskaberne allerede nu skal indbygge i deres netplanlægning for at sikre en effektiv, langsigtet netudbygning. Netudbygningen skal reelt tilgodese effektbehovet fra det forventede træk fra eksisterende og nye tilslutninger over en 40-årig tidshorisont, svarende til levetiden for netanlæg.

Hvor skal elbilerne lade?

Det er helt afgørende for netudbygningen, hvor de forventede forbrugsknudepunkter vil opstå i fremtiden. Vil de primært opstå på villavejene i carportene og i byerne ved kantstenene, dvs. i lavspændingsnettet? – eller vil de hovedsageligt opstå mere centralt i elnettet omkring el-tankstationer med lynladning, dvs. i mellemspændingsnettet? Det ville være optimalt at kende svarene på disse spørgsmål på forhånd, men sagen er, at svarene først vil vise sig i takt med den teknologiske og markeds-mæssige udvikling af ladeinfrastrukturen og af de biler, den skal servicere.

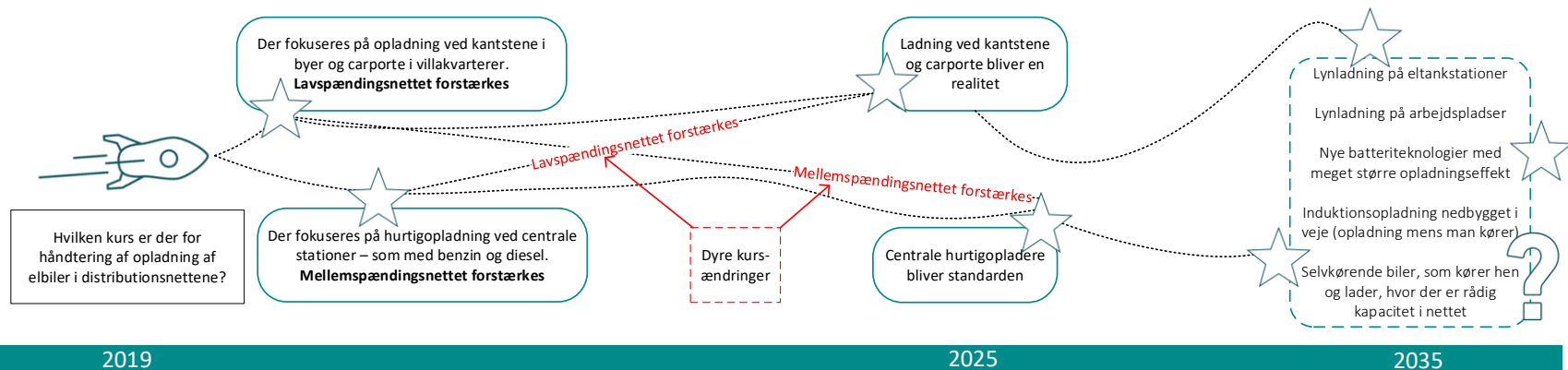
Udfaldsrum i netplanlægningen

Elnetselskaberne er derfor reelt nødt til at operere med betydelige udfaldsrum i deres

netplanlægning, så distributionsnettet bliver rustet til alternative teknologiske og markeds-mæssige udfald. I dag etableres primært hjemmeoplading, men bliver det dominerende udfald på længere sigt koncentreret om lynladning på el-tankstationer eller på arbejdspladser, kan det vise sig, at netforstærkninger i lavspændingsnettet blev overdimensioneret. Dertil kommer, at teknologispring som fx selvkørende biler, der måske selv opsøger ladesteder med rådig kapacitet i nettet, yderligere kan påvirke det langsigtede behov.

Elnet bygget i dag står stadig i 2050

De kabler, der lægges i villaområderne i dag, skal altså reelt kunne sikre opladning på hjemmeladere af 2,5 mio. elbiler i 2050 – eller måske kun en fjerdedel eller endnu færre. Den slags dilemmaer skal elnetselskaberne, Energinet Elsystemansvar og reguleringen kunne håndtere, så der er rum og fleksibilitet til at gå foran udviklingen og samtidig erkende, at investeringer, der er nødvendige for at understøtte et behov og en markedsudvikling på kort og mellemlangt sigt, reelt kan vise sig at blive mere eller mindre overflødige på længere sigt, i takt med at markedet og teknologier modnes. Sådanne dispositioner kan i bagklogskabens lys synes ineffektive set isoleret ud fra et fremtidigt netbehov, men vil være nødvendige investeringer i at drive en overordnet effektiv, grøn samfundsudvikling.





KOMPASSET SVINGER UNDERVEJS

TSO-CASE: SKAL VI UDBYGGE EFTER NYE VINDRESSOURCER?

Meget tyder på, at integrationen af store mængder vindenergi er et af de centrale elementer i at opnå en økonomisk effektiv omstilling af energisektoren. Men hvordan bliver transmissionsnettet bedst forberedt til at tage imod de store mængder vindenergi?

Vindressourcer i Nordsøen har en markant rolle i omstillingen

På tværs af eksempelvis de europæiske TYNDP-scenarier, nationale ambitioner og en række nationale analyser står følgende konklusion fast: Det er en fordel at udnytte de betydelige vindressourcer i Nordsøen. En nylig gennemført dansk screening viser, at der er geografisk potentiale i at opstille op til 40 GW havvind i dansk farvand, og der anvises nu pladser til de første 12,4 GW. Størstedelen af pladserne befinder sig i Nordsøen. Screeningen sætter ikke to streger under det totale, danske vindpotentiale eller etablerer en offshore udbygningsplan, men alle analyser taget i betragtning, så er konklusionen ret robust: Der kommer meget mere vindproduktion i Nordsøen frem mod 2050.

Men hvordan kommer det ind i energisystemet?

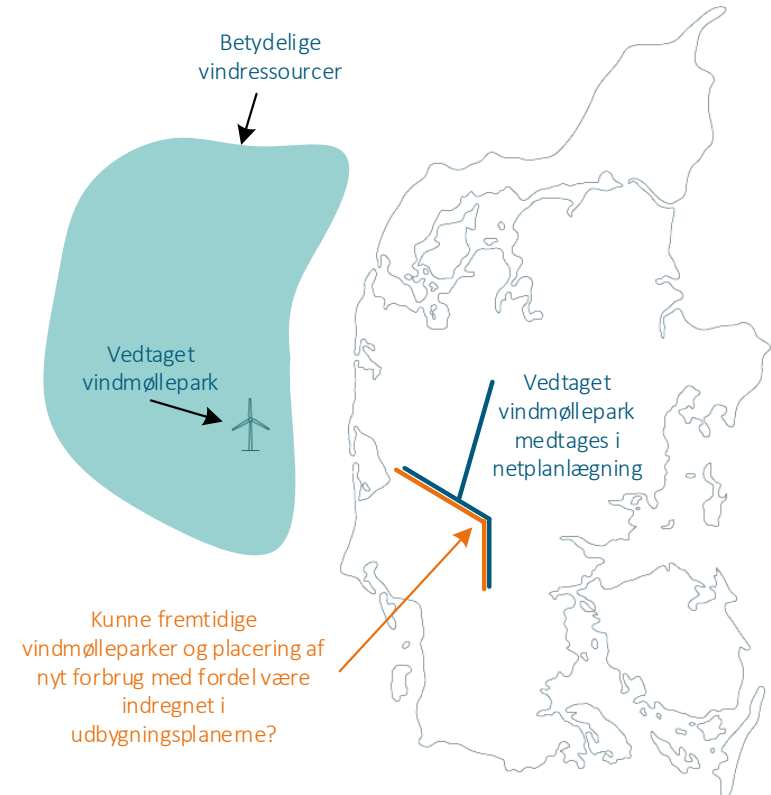
Integrationen af de store mængder vindenergi fra Nordsøen i energisystemet kan foregå på mange måder, som stiller meget forskellige krav til elsystemet. El produceret af de eksisterende vindmølleparker ilandføres via elkabler og fordeles rundt i elsystemet eller transporteres udenlands gennem transmissionsnettet. Med indpasning af yderligere store mængder havvind i det danske elsystem er alternativer interessante. Disse kan eksempelvis være at omdanne elektriciteten til andre energiformer via elektrolyse. Uanset interessante alternativer vil en stor del af strømmen forsat skulle transporteres gennem elnettet og integreres i det øvrige elsystem.

Placering af elforbruget er afgørende for udbygning af transmissionseletnettet

Strømmen fra havvind kan indpasses ved at etablere nyt forbrug og tilskynde forbruget i umiddelbar nærhed af produktionen til at være mere fleksibelt, så det tilpasser sig den store og vejrbestemte elproduktion. Hvis en stor del af elektriciteten fra fremtidige havvindmølleparker forbruges til andre energiformer ved anlæg nær kysten, så har de ikke en stor påvirkning på nettet. Omvendt, så vil det kræve meget af specielt transmissionsnettet, hvis store mængder elektricitet skal transporteres på tværs af landet og delvist til udlandet.

Timing i VE-udbygning og ny elektrificering er bestemmende for elnetbehovet

I øjeblikket er teknologien til omdannelse af el via brint til grønne brændsler og industriprodukter endnu ikke attraktiv på markedsvilkår. Modsat er vindmølleteknologien klar og udbygningen kan potentielt gå stærkt – stærkere, end elnettet tilsvarende kan forstærkes. Etableres vindmøllerne, inden der står teknologi eller elnet klar til at integrere produktionen, så kan det blive nødvendigt at nedregulere vindproduktionen, indtil der er etableret mere net eller nyt, fleksibelt forbrug. Det store vindpotentiale er ikke til at komme udenom, og selvom den præcise udvikling ikke er kendt, så kan der være meget at hente ved at tænke potentialet ind, når der investeres i transmissionsnettet. De anlæg, der bygges i dag, står til den anden side af 2050, hvor den grønne omstilling skal være nået i mål.



OPSUMMERING: HVAD HAR VI OBSERVERET I KIKKERTEN?

Fremtidsbillederne viser hvad den fremtidige udvikling af elsystemet potentielt skal kunne understøtte. Kunsten er at sikre en fleksibilitet, der gør elsystemet klar til at imødegå alle udfald effektivt – også på langt sigt. Fremtiden er ukendt, og udviklingen vil formentlig foregå i en retning og med en hastighed, vi har svært ved at forestille os i dag.

Tendenser og fremtidsperspektiver der kan revolutionere energisystemet

I dette arbejde har vi observeret en række gamechangere, der i timing og intensitet kan være afgørende for udviklingen af elsystemet. Vi har sammensat nogle bud på mulige fremtidsbilleder for 2025 og 2035 for at danne et begyndende overblik over de teknologier og markedstrends, der hver for sig og i kombination kan påvirke elsystemet og i særlig grad elnettet markant.

Vores referencebilleder med markant øget elbiloplading, færre kraftværker, mere vindkraft og nyt forbrug fra datacentre stiller allerede store krav til forudseenhed og fleksibilitet i den fremtidige planlægning og udvikling af elsystemet. Når vi kombinerer dette med potentialer for markant mere VE, meget mere el til varme, storskala PtX, hurtigoplading af elbiler, el til tung transport, måske også selvkørende biler, og på lidt længere sigt muligheder for langtidslagring, så vokser kravene til sammenhængen i elsystemet med nærmest eksponentiel styrke. Og endnu mere markant bliver det, når vi dertil lægger P2P-elhandel og lokale energifællesskaber, som i realiteten kan trække handel ud af den centrale elmarkedsplads og gøre potentielle fleksibilitetsressourcer utilgængelige for elsystemet.

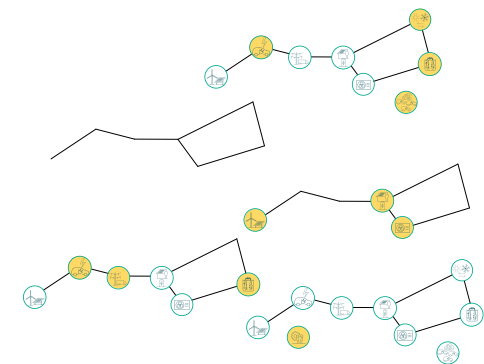
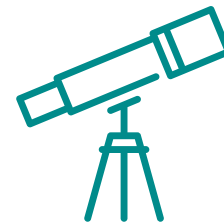
Forskellige fremtidsbilleder stiller vidt forskellige krav til elsystemet

De forskellige fremtidsbilleder har stor betydning for udbygningskravene til elnettet og for, hvordan det samlede elsystem skal designes, så det kan rumme fremtiden. Særligt afgørende for kravene til elnettet er de potentielt markante forskelle i geografisk og tidsmæssig fordeling af elforbrug og elproduktion, afhængigt af hvilke gamechangere der får gennembrud, og ikke mindst af den hastighed og den skala, et gennembrud sker i. Vi ser altså potentielt ind i en helt ny virkelighed for de traditionelle brugere af og udbydere i elsystemet. Der er nu derfor behov for at bringe elsystemperspektivet ind i debatten om vejen til et nulemissionssamfund og for at tænke i nye og sammenhængende løsninger, når distributions- og transmissionssystemet udvikles. Sammen skal vi sikre, at de nye muligheder, som vores VE-ressourcer giver samfundet, bliver grebet og indpasset til gavn for det danske samfund

Fælles retning og store beslutninger – Kompasset svinger undervejs

Ud over de forskellige krav til elsystemet, som de forskellige fremtidsbilleder peger i retning af, så udvikles elsystemet mod en fremtid, hvor kravene kan skifte undervejs. Nye teknologiske fremskridt og ændringer i markedsvilkår kan hurtigt ændre den virkelighed, som elsystemet skal understøtte. Det giver større uforudsigelighed og skaber bredere udfaldsrum for de behov, elsystemet skal dække. Vi skal sørge for, at uforudsigelighed ikke fører til ubeslutsomhed. Skal vi lykkes med fortsat at vise resten af verden, hvordan elsystemet kan bidrage til at løse klimaudfordringen samt understøtte og skabe ny grøn vækst, kræver det samarbejde og fælles retning.

Fremtidsperspektivet er, at elsystemet fortsat vil kunne understøtte Danmarks rolle som grønt foregangsland og facilitere en udvikling, der kan placere Danmark som europæisk og måske endda globalt vækstcenter for nye energiteknologier og grøn industriel produktion.



ANBEFALING: FLEKSIBLE RAMMEVILKÅR ER VIGTIGE PÅ REJSEN MOD DET UKENDTE

Når man sætter kursen mod en uforudsigelig fremtid og ukendte mål, er det afgørende at skabe handlerum og fleksibilitet til, at kursen løbende kan justeres. Løsninger skal tilpasses undervejs, i takt med at markedstendenser manifesterer sig.

Fremtids sikre rammer, der giver handlerum



NETUDBYGNING I SAMSPIL MED MARKEDSLØSNINGER

Samspil mellem netudbygning og markeds løsninger

Analysens fremtidsbilleder viser, at udviklingen af elsystemet sker under betydelig uforudsigelighed. Markeds- og teknologitrends definerer rammerne og målet for moderne net- og systemplanlægning. Der skal kunne håndteres en potentiel hastig udvikling, der har stor konsekvens for dansk elproduktion og -forbrug. Traditionel forstærkning og udbygning af elnettet skal suppleres med nye teknologiske løsninger og markeds løsninger for at kunne levere det optimale elnet i fremtiden – det kræver fleksibel regulering, der belønner samspillet. Ny teknologiudvikling skal primært drives af markedsaktører, og TSO-DSO giver de økonomiske incitamenter, som sikrer optimalt samspil med udbygning af elsystemet.

Robust elinfrastruktur er en forudsætning for effektiv omstilling

Selvom ingen ved præcis, hvilke anlæg og hvilke forbrugere der kommer til at være hvor, så er der nogle forhold, der efterhånden er ved at være grundigt afdækkede. Det gælder relativt lettilgængelige vindressourcer i den danske del af Nordsøen. Power-to-X er en del af fremtidens løsning, og elbilerne og varmepumperne kommer. Allerede nu bør reguleringen indrettes, så den understøtter den accelererende udvikling i sektoren, både hvad angår udbygning og sikring af fleksibilitet. Ligesom metrostationer med fordel kan bygges, hvor man på sigt vil udvikle bymiljøet, er det nødvendigt, at elinfrastruktur og elsystem udvikles, så den hele tiden skaber størst mulig værdi i den grønne omstilling. Det kræver fleksible og forudseende regulatoriske rammer.



ELSYSTEMET SKAL UDVIKLES RETTIDIGT

Styrket udvikling af elsystemet



NYTÆNKENDE OG FREMTIDSAFVÆNDE

Vi skal selv gribe fremtidens muligheder

Dansk Energi og Energinet Elsystemansvar arbejder mod at skabe grundlag for løsninger og processer, der bringer fremtidens teknologier og markeds løsninger ind i udviklingen og driften af elsystemet. Dette betyder, at Danmark kan blive førende i at udnytte nye muligheder fra fx digitalisering samt sikre demonstration og kommercialisering af fremtidens VE-elproduktion og sektorkobling til varme-, gas-, industri- og transportsektor. Alt imens elforsyningsikkerheden fortsat er i topklasse. Det kræver også, at rammerne for sektoren understøtter udforskningen af ukendt terræn. Aktiv forskning, udvikling og innovation er dermed en vigtig del af fremtidsbilledet.

Øget transparens og samarbejde styrker udvikling af elsystemet

Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi vil udbrede kendskabet til og styrke samarbejdet om elsystemets muligheder, begrænsninger og udviklingspotentialer og sikre transparens. Elsystemet er til for Danmark som helhed. Det er derfor vigtigt, at der er forståelse for og opbakning til udviklingen af transmissions- og distributionsnettet. Ambitionen gælder også internt, hvor koordinerede vilkår, løsninger og ydelser på tværs af transmissions- og distributionsnettets fysiske og organisatoriske snitflader er grundlaget for at skabe løsninger med høj samfundsværdi. Det skal Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi sikre, så forbrugerne og markedsaktørerne oplever et effektivt, integreret elsystem fra højeste til laveste spændingsniveau.



STYRKET SAMARBEJDE: DSO, TSO, BRANCHE, MYNDIGHEDER, SAMFUND

FREMTIDSRETTEDE INITIATIVER

Dansk Energi og Energinet Elsystemansvar arbejder hele tiden aktivt for at sikre, at Danmark er verdensmester i at få energiens trilemma til at lykkes; grøn omstilling, forsyningsikkerhed og sund økonomi.

TSO-DSO-SAMARBEJDE

Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi har etableret et formaliseret TSO-DSO-samarbejde for at sikre samordning og videreudvikling af nettekniske og markedsfaciliterende aktiviteter. Samarbejdet er på forkant med kommende EU-krav i Clean Energy Package om tættere samarbejde mellem transmissions- og distributionsselskaber. Samarbejde skal fortsat styrkes til gavn for brugerne af elinfrastrukturen og de markeder, den skal servicere.

MARKEDSBASERET FLEKSIBILITET

Danmark er i front med den grønne omstilling, fordi der er mod til at udvikle nye løsninger. Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi arbejder sammen om at udvikle og implementere tiltag, der understøtter en effektiv omstilling baseret på markedsaktivering af fleksibilitet. Eksempelvis udvikles en aggregatorrolle, og der er iværksat et pilotprojekt inden for håndtering af lokale flaskehalse.

VI SKAL PÅ FORKANT MED DATA OG DIGITALISERING

En del af løsningen med at integrere 100 pct. VE i elsektoren skal findes gennem nye, datadrevne, digitale forretningsmodeller. I Danmark er vi langt med at samle og dele data om energisystemet gennem fx udrulning af timeafleste målere, DataHub og Energi Data Service. Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi har desuden igangsat et pilotprojekt om nyttiggørelse af operatørmålinger, fx fra elbiler og varmepumper, som kan understøtte udviklingen af nye forretningsmodeller.

UDVIKLING AF NETPLANLÆGNING

Elektrificering er et vigtigt element i den grønne omstilling. Øget transport af el gennem elnettet kræver bl.a. andet, at elnettet udbygges. Dansk Energi og Energinet Elsystemansvar arbejder sammen for at sikre, at den fremadrettede netplanlægning sker, så elsystemet samlet skaber størst gavn for samfundet som helhed.

TARIFFERNE SKAL FREMTIDSSIKRES

Tarifferne for at transportere el gennem nettet skal spille godt sammen med den øvrige udvikling i branchen. I TSO-DSO-samarbejdet er der sat fokus på aktivt at fremtidssikre de danske tariffer med stor vægt på interessent-, dialog- og myndighedsinddragelse. Målet er at skabe klare prissignaler til markedet, der kan understøtte en effektiv udnyttelse af elnettet.

BRUGERDIALOG

Dansk Energi og Energinet Elsystemansvar inviterer i konkrete fælles projekter til dialog om fremtidens elsystem og den aktuelle udvikling. Det er i alles interesse, at udviklingen understøtter samfundets ambitioner om en grøn omstilling, hvor der tages hensyn til alle aspekter af energiens trilemma. Endnu mere aktiv bruger- og borgerinvolvering er nødvendig for at sikre bred accept og anerkendelse af elsystemets rolle i den grønne omstilling.

EUROPÆISK MARKEDSUDVIKLING

Branchen tager aktiv del i udviklingen og implementeringen af nye markedstiltag i nordisk og europæisk perspektiv. Markedsudviklingen sikrer effektiv konkurrence i elmarkedet på tværs af hele Europa, som giver den billigste el til forbrugerne og de bedste afsætningsmuligheder for producenterne. Markedet sikrer også, at systemydelse til opretholdelse af forsyningsikkerheden kan indkøbes til de bedste priser.

TRANSPARENS

Transparens er afgørende for at sikre et effektivt samarbejde og de bedste løsninger for det danske samfund. Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi er i løbende dialog med nationale og internationale interessenter. Den udvikling følger de danske elnetselskaber op på med fremadrettet at offentliggøre netudbygningsplaner og VE-kapacitetsoversigter for distributionsnettene. Men der skal sikres endnu mere gennemsigtighed i elinfrastrukturens begrænsninger og muligheder.

ELSYSTEM MED BLIK FOR HELHEDEN

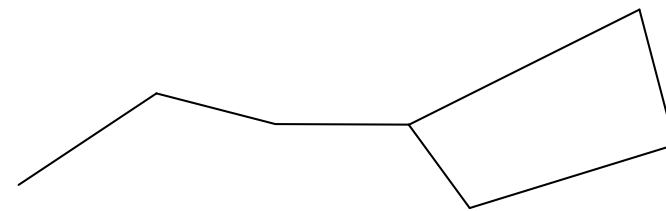
Alle tiltag udvikles i sammenhæng med en række øvrige initiativer i europæisk, nordisk og national kontekst.

Eksempelvis har de danske myndigheder på energiområdet sat gang i bl.a. udviklingen af aftalebaseret regulering, Markedsmodel 3.0, tarifytelse og implementering af EU's Clean Energy Package.

Disse initiativer skal Dansk Energi og Energinet Elsystemansvar aktivt byde ind til; med nye løsninger med blik for helheden i elmarkedet for at sikre et effektivt samspil mellem infrastrukturen i elsystemet og de markeder og brugere, den skal betjene.



2025 REFERENCEBILLEDET



FREMTIDSBILLEDE

Ud fra Analyseforudsætninger 2018 er der identificeret de tendenser, som anslås at have størst betydning for elsystemet i Danmark i 2020-2030:

På vej mod en million el- og hybridbiler

Allerede i midten af 2020'erne kan vi være godt på vej mod den million el- og hybridbiler, som den danske regering har sat som mål for 2030. I referencebilledet antages det, at langt størstedelen af el- og hybridbilerne vil oplade hjemme, dvs. i carporten evt. suppleret af opladning på arbejdspladsen og meget sjældent hurtigladning ifm. længere ture. I tætte byzoner kan hurtigladning vinde frem pga. udfordringer med ladere langs alle kantstene.

Elbilerne forventes at blive drevet ind på markedet af en række forhold; på kortere sigt pga. regulerings- og afgiftsmæssige forhold og på længere sigt pga. af forventelig økonomisk konkurrencedygtighed.

Udfasning af eksisterende kraftværker udfordrer forsyningsikkerheden

Kraftværker med kul, gas eller biomasse leverer i dag hovedparten af den danske reservekapacitet. Balancering af elsystemet sker desuden gennem udlandsforbindelser og fleksible elkedler, sol- og vindproduktion og på sigt også fra anden form for nyt elforbrug.

Stigende mængder VE presser økonomien i danske kraftværker, og sammen med ønsket om udfasning af kul kan det føre til, at flere større blokke samt en række decentrale gasfyrede anlæg vil lukke i løbet af det næste årti. Fjernvarmen forventes i højere grad at overgå fra kraftvarme til ren varmeproduktion med kedler eller varmepumper. Samlet kan denne reduktion i kraftværkskapacitet i Danmark i samspil med tilsvarende udvikling i nabolandene føre til udfordret forsyningsikkerhed, dvs. betydelige stigninger i afbrud pga. effektmangel.

Derudover kan der opstå lokale behov for fleksibilitet som følge af, at øget lokal udbygning af VE går hurtigere end udbygningen af net eller stærkt stigende forbrug lokalt.

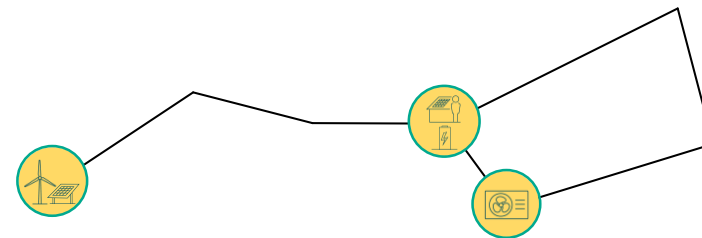
KONSEKVENSER FOR ELSYSTEMET

Elnettene på villavejene kan blive udfordret af en stor indfasning af el- og hybridbiler. Ladeeffekten i fremtidige elbiler (fx 11-22 kW) kan væsentligt overstige alt andet elforbrug i husstandene, hvis der er mange elbiler på hver villavej. Særligt ældre net kan blive udfordret af en stor andel elbiler. Hvornår elbiler oplader er afgørende for, hvor stor konsekvensen bliver for elnettene. I værste fald vil elbilerne lade samtidigt ved lave elpriser eller oveni eksisterende spidslastperiode. Elbiler kan dog også optimere udnyttelsen af elnettet ved fleksibel og smart opladning fra nettet og i perioder ved afladning af elbilerne til nettet, når nettet har behov for det.

Ændringer i produktion og forbrug kan give både regional og lokal effektmangel og effektoverskud. For at overholde forventede politiske mål for forsyningsikkerheden kan der blive behov for nye markedsreformer. I begyndelsen af 20'erne forventes der at blive etableret fælles reservekapacitetsmarkeder mellem DK1, DK2 og Norden, og en strategisk reserve til sikring af effekttilstrækkelighed kan blive et nødvendigt sikkerhedsnet for at opretholde det besluttede niveau for forsyningsikkerhed. Med den løbende ændring af elsystemet ændres behovet for systemydelse, og en markedsførelse af de enkelte ydelser kan være med til at fremme en effektiv fremskaffelse fra eksisterende og nye teknologier i systemet.

Lokal effektmangel kan føre til behov for netforstærkninger eller andre tiltag til at fremme fleksibilitet. Det kan afhjælpes gennem etablering af lokale markeder og prissignaler, ændret tarifstrukturer og øget samarbejde mellem DSO og TSO.

2025 DET BLIVER VILDT!



FREMTIDSBILLEDE

De gamechangere, som vurderes at få størst sandsynlighed for at slå igennem i 2020-2030 og samtidig få en stor påvirkning på elsystemet:

Markant mere VE-udbygning

Prisfaldet på vind og sol fortsætter, og allerede nu er investeringsomkostningen i forbindelse med installation af ny VE-kapacitet på et niveau, hvor gode sites kan etableres uden støtte. Imidlertid er de mest konkurrencedygtige placeringer lokaliseret langt fra de store forbrugsområder omkring de store byer.

Samtidig med udbygning af markedsbaserede VE-anlæg er der politisk ønske om flere offshorevindparker. Den samlede udbygning med VE betyder, at energien skal transporteres fra de vind- og solrige egne i især Vestjylland og på Lolland og Falster til områder med højt forbrug omkring de store byer.



Solceller og batterier på villavejene

Batterier forventes fortsat at falde i pris, hvilket kan åbne for en række anvendelser inden for transport, solcellebalancering, spidstlast-elproduktion og til at reducere investeringer i distributionsnet. Der er en række værdistrømme, som kan drive batterier ind i elsystemet, og det kan få betydelige konsekvenser for driften af nettene, hvis mange små batterier aktivt bidrager til indpasning af solcelleproduktion og balancering af netbelastningen.



Elforbrug til varmeproduktion stiger markant

Gennembrud for varmepumper og elkedler både i fjernvarmen, individuelle varmepumper og varmepumper til procesindustrien.



KONSEKVENSER FOR ELSYSTEMET

Gennemføres samtlige udbygningsprojekter i de nuværende planer for udbygning af transmissionsnettet*, vil det kunne håndtere ca. 4.000 MW ekstra vindudbygning, dvs. hvis der udbygges med mere end tre offshore vindmølleparker frem mod 2030 (som forudsat i Analyseforudsætningerne 2018), vil det medføre yderligere forstærkningsbehov.

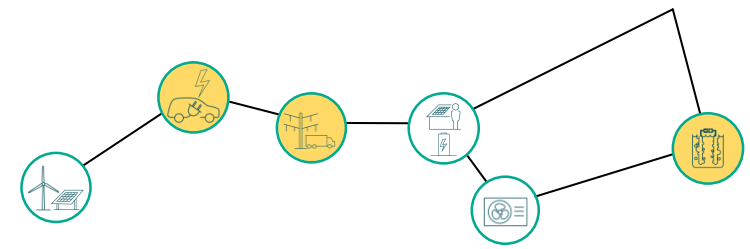
Mellemspændingsnettet skal udbygges for at håndtere mere sol og vind. Med kendskab til eksisterende projekter i pipeline tegner der sig et billede af, at ny VE-kapacitet udbygges, hvor forbruget er lavt, og nettet er "tyndt". Der er derfor risiko for, at VE-anlæg på markedsvilkår placeres langt fra forbrugscentrene, da omkostningen ved at transportere strøm fra producent til konsument ikke er synlig for projektudvikler. Markedsløsninger kan bidrage med investeringssignaler.

Øget elproduktion og lagring på villaveje vil ændre anvendelsen af især distributionsnettet, bl.a. med øget eksport af el. Batteriernes tilgængelighed for elmarkeder og til systembalancering er afgørende for, hvilke muligheder og udfordringer de vil give elsystemet. Batterier, der kun lader efter billigste elpriser, kan være med til at øge spidsbelastningen sammen med fx elbiler og varmepumper, hvis de ikke indpasses med intelligent styring. Under danske sæson- og vejrforhold giver det ikke økonomisk mening at gå off-grid (hvor hele elforbruget dækkes af lokal elproduktion og batterier).

Peak-belastning fra varmepumper/elkedler kan kræve lokale netudvidelser. Et højt samtidigt el-til-varme-forbrug kan kræve netudvidelser, fx nær store byer med fjernvarme. Meget stor udbredelse af individuelle varmepumper kan desuden blive en udfordring for visse lavspændingsnet.

*Læs mere om Energinets Reinvesterings-, udbygnings- og saneringsplan 2018 på Energinets hjemmeside: <https://energinet.dk/Om-nyheder/Nyheder/2019/04/15/RUS-plan-2018>

2025 DET BLIVER HELT VILDT!



FREMTIDSBILLEDE

De gamechangere, som vurderes at få mindre, men realistisk sandsynlighed for at slå igennem i 2020-2030 og som samtidig vil få en stor påvirkning på elsystemet:



Offentlig hurtigladning erstatter hjemmeopladning på villavejene

Nye batterityper og ladestandere giver mulighed for at lade op på kortere og kortere tid. Hvis elbilerne finder det attraktivt at hurtiglade deres biler og bruge det som benzinbiler i dag, vil det føre til, at mange flere lader deres bil på centrale ladestander (el-tankstationer). Dette elforbrug vil ligge i dagtimerne.



Tung transport bliver elektrificeret

Køreledninger etableres langs centrale motorvejsstrækninger både i Danmark og nabolande for at erstatte dieselforbruget i langdistance lastbiler med høj bæreevne

Evt. assisteret af selvkørende teknologi kan tung transport blive elektrificeret. Dette kan ske med køreledninger og/eller batterier.

Drevet af miljøkrav og billige batterier kan store dele af lastbil- og bustraffikken blive omlagt til eldrift. Det vil føre til øget elforbrug – særligt i dagtimerne.



PtX får et gennembrud i Danmark

Power-to-X er fællesbetegnelsen for disse processer, hvor slutproduktet grøn gas, brændsel eller et industriprodukt, fx CO₂-frit stål, plast og kunstgødning.

Disse processer bruger meget store mængder el, og de vil kræve en større udbygning med vind og sol for at forsyne dem.

KONSEKVENSER FOR ELSYSTEMET

Hurtigladning af elbiler på centrale stationer vil reducere behovet for forstærkning af det lokale lavspændingsnet, primært i byområder med lejligheder. Som konsekvens af at mange elbiler ikke er forbundet til elsystemet om natten, reduceres potentialet for fleksibilitet om natten.

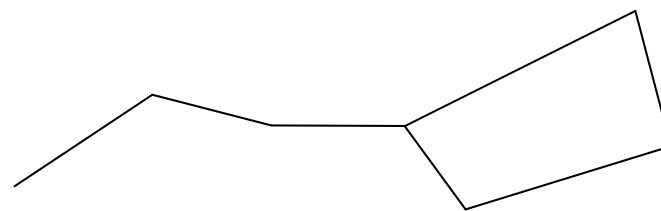
Hurtigladning af elbiler kræver behov for udbygning af mellemspændingsnettet.

El til tung transport øger behovet for udbygning af specielt mellemspændingsnettet, idet en større del af forbruget placerer sig i dagtimerne.

Desuden vil køreledninger, ud over selve ledningerne på motorvejen, kræve, at eksisterende distributionsnet udvides til motorvejen for at kunne forsyne de nye transformere til køreledningerne. Effektrækket kan være højt med mange lastbiler samtidigt på vejen.

PtX-gennembrud stiller nye krav til højspændingsnettet, afhængigt af hvor de placeres, og kan skabe nye spidslastforbrug. Herudover vil de kræve net, der kan muliggøre transport af strømmen fra de nye vindmøller og solceller, der skal forsyne dem.

2035 REFERENCEBILLEDET



FREMTIDSBILLEDE

Ud fra Analyseforudsætninger 2018 er de tendenser identificeret, som anslås at have størst betydning for elsystemet i Danmark i 2030-2040:

Over en million el- og hybridbiler

Når først der for alvor er slået hul på omstillingen til elbiler, kan det komme til at gå hurtigt med at udskifte biler med forbrændingsmotorer. En stor årsag hertil er, at en faldende efterspørgsel på benzin- og dieselmotorer vil lægge en dæmper på bilfabrikanternes interesse i fortsat at investere i en forældet bilteknologi. Alt i alt kan udviklingen resultere i en ketchup-effekt, og efter 2035 kan vi meget vel være på vej til en total udskiftning. Det lyder vildt, men ikke helt vildt, fordi både regeringer, bilfabrikanter og mange forbrugere ønsker udviklingen.

Datacentre vinder frem i øget tempo

Frem mod 2030 og videre frem vil der forventeligt blive ansøgt om etablering af et betydeligt antal store datacentre i Danmark, der vil få en markant indflydelse på det samlede danske elforbrug. Der regnes med, at der i 2030 kan være etableret op til seks datacentre i Danmark med et elforbrug svarende til ca. 16 pct. af det forventede samlede danske elforbrug i 2030. Og hvis udviklingen i antallet af store datacentre fortsætter tilsvarende efter 2030, vil datacentrenes elforbrug udgøre næsten en fjerdedel af det samlede danske elforbrug i 2040.

Mere vind- og solkraft

Også efter 2030 vil der med al sandsynlighed etableres flere danske vindmøller og solceller. Det skyldes, at der bliver behov for store mængder klimavenlig el, der kan bruges til ikke kun at drive mange datacentre, men også til at drive elektrificering af varme, gas, industri og transportsektoren.

KONSEKVENSER FOR ELSYSTEMET

Over en million elbiler vil forventelig medføre både lokale forstærkningsbehov samt generelt være en udfordring for mange dele af elnettet. Der er brug for fleksibel opladning og/eller netforstærkninger for at kunne håndtere det ekstra effekttæk. Specielt høj samtidighed i ladning af elbiler vil udfordre distributionsnettet. Den fremtidige udvikling kan indebære, at hjemmeopladning bliver suppleret med centrale opladestationer (el-tankstationer), der er placeret i bycentre, ved indkøbscentre og ved større udfaldsveje. Dette vil påvirke, hvordan forstærkningsbehovet i elnettet bliver fordelt. Potentiale for forretningsmodeller i elmarkedet sikrer rette incitamenter til ladning og evt. ydelser til balancering af elsystemet.

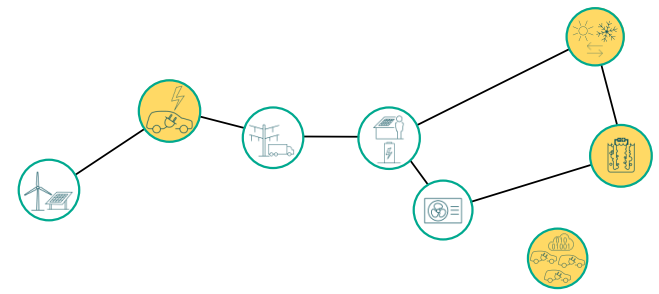
Udbygning med flere datacentre kræver mere elinfrastruktur, især udbygning af eltransmissionssystemerne. Datacentrenes placering ift. ledig elnetkapacitet samt deres elforbrugsfleksibilitet vil være afgørende for udbygningsbehovet. Datacentrene vil kunne bidrage med ydelser til balancering af elsystemet.

Gennemføres alle dele af de eksisterende planer for udbygning af højspændingsnettet, kan der indpasses ca. 4.000 MW ekstra vind – hvilket ikke nås i referencebilledet for 2025, men i 2035 forventes vindudbygningen at overstige nuværende udbygningsplaner.

En meget stor del af de kommende vindmøller forventes at blive etableret som offshoremøller – fx i Nordsøen. Derved kan de store elproduktionssteder komme til at ligge langt fra de store elforbrugssteder, som er de store bysamfund ved østkysterne, datacentre og potentielle energiværker. At forbinde de store elproduktionssteder med de store elforbrugssteder øger behovet for elnet.

2035

DET BLIVER VILDT!



FREMTIDSBILLEDE

De gamechangere, som vurderes at have størst sandsynlighed for at slå igennem i 2030-2040 og samtidig få en stor påvirkning på elsystemet:



Langtidslagring er blevet økonomisk rentabelt

Gennembrud i lagring i nye medier som trykluft, brint eller varme sten kan muliggøre rentabel lagring af energi i længere end et døgn. Hvis lagrene kombineres med vind og solanlæg, vil de tillade et langt mere stabilt output og blive en konkurrent til klassiske kraftværker.



Storskala PtX får et gennembrud i Danmark

Danmark har med sine gode vindressourcer potentialet til at forsyne sig selv og andre lande i Europa med brint eller mere forarbejdede energiprodukter (grøn gas, grøn ammoniak, e-fuels). PtX har dermed potentialet til at flerdoble det danske elforbrug.



Offentlig hurtigladning erstatter hjemmeopladning på villavejene

I et 2035-perspektiv er hurtigladning særligt knyttet til selvkørende transport. Flere bilproducenter er på vej med selvkørende teknologi, både til personbiler og tunge køretøjer. Da hvert enkelt køretøj i princippet kan køre i døgn drift, og den høje benyttelse vil medføre et behov for løbende at oplade en stor del af de elektriske køretøjer i dagtimerne.



Selvkørende transport bliver den nye standard

Selvkørende biler og lastbiler vil tillade, at det enkelte køretøj benyttes langt mere, end tilfældet er i dag. En selvkørende taxi kan køre flere hundrede km hver dag. Elbiler er det oplagte match til selvkørende teknologi, da de er billigere i drift. Bilerne kan selv køre til en opladningscentral, når det er nødvendigt. Hver bil kan erstatte måske 5 til 10 konventionelle biler, og en meget stor del af transportbehovet kan derfor flyttes til eldrift inden for få år, når teknologien slår igennem. Selvkørende lastbiler vil desuden gavne økonomien i batterilastbiler, da opladning ikke skal matche køre-/hviletidsbestemmelser.

KONSEKVENSER FOR ELSYSTEMET

Langtidslagring giver nye muligheder for at balancere og udjævne belastningen på elnettet. Hvis de placeres sammen med VE-anlæggene, kan det føre til et mindre netbehov, da dette udnyttes bedre. Omvendt bliver nettet vigtigere, hvis langtidslagrene udkonkurrerer kraftværkerne (placeret tæt på forbrugerne), og forsyningsikkerheden derfor i højere grad afgøres af nettet.

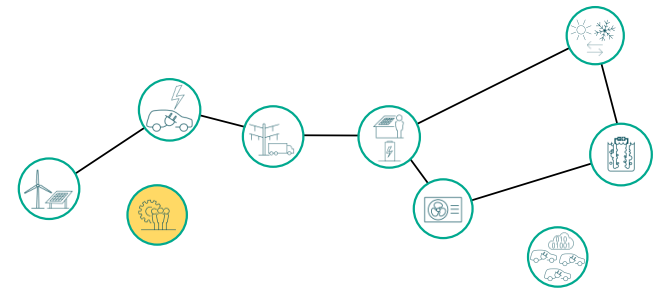
Storskala PtX kan udjævne en del af den fluktuerende produktionsbelastning på nettet – hvis anlæggene placeres tæt på produktionskilden – alternativt skal der bygges store mængder net.

Hurtigladning vil primært påvirke mellemspændingsnettet, som forventelig vil kræve forstærkninger ved centrale opladningsstationer.

Selvkørende biler øger belastningen på mellemspændingsniveau, men er potentielt en kæmpe ressource til forbrugsfleksibilitet, hvis elbilerne kan flytte deres opladning. Med mindre selvkørende biler bliver individuelt ejede, må det forventes, at de vil gøre brug af hurtigoplading, og at en stor del af elforbruget dermed flyttes fra villaveje til ladestationer. Der er dog bedre muligheder for at opnå en mere jævn benyttelse af ladestationerne, når det er selvkørende biler fremfor bilister, der lader.

2035

DET BLIVER HELT VILDT



FREMTIDSBILLEDE

Den gamechanger, som vurderes at få en mindre, men realistisk sandsynlighed for at slå igennem i 2030-2040, og samtidig vil få en stor påvirkning på elsystemet, er:

Peer-to-Peer (P2P) energifællesskab

P2P er et nyt paradigme for elhandel, hvor VE fra distribuerede ressourcer deles og evt. også handles direkte mellem lokale producenter, prosumeres og forbrugere uden involvering af traditionelle elhandlere. P2P-energifællesskab er helt forskelligt fra det klassiske energisystem, hvor store centrale produktionsanlæg producerer strøm til lokale elforbrugere, og aktører sikrer hhv. balancering af elsystemet samt korrekt afregning. Med P2P-energifællesskab overtager elforbrugerne en del af dette ansvar.

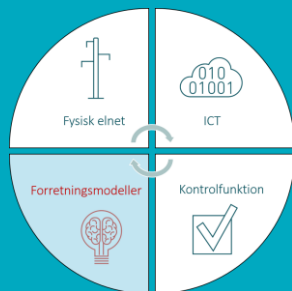
Vinterpakken fra Europa-Kommissionen indfører såkaldte borgerenergi-fællesskaber, hvilket betyder, at de regulatoriske rammer for, hvad der ultimativt kan udvikle sig til P2P-energifællesskab implementeres og faktisk kan accelerere udviklingen. For at P2P-energifællesskab kan fungere, er det afhængigt af tilstedeværelsen af fire grundlæggende elementer:

Det første er det fysiske elnet (ledninger, transformere, etc.) med smarte elmålere og VE-elproduktion (fx solceller).

Det andet element er informations- og kommunikationsteknologi (ICT), der består af kommunikationsenheder, protokoller, applikationer og et informationsnetværk, der sikrer, at alle enheder kan kommunikere og dele informationer.

Det tredje element er kontrolfunktionen, hvor der kan anvendes forskellige strategier som fx spændings-, frekvens- og aktiv energikontrol. Det som i dag kendetegnes ved forskellige engros- og systemydelsesmarkeder.

Det fjerde element er forretningsmodellerne, der definerer, hvordan elektricitet handles imellem deltagerne. Det er den markeds-mæssige og konkurrenceudsatte del, der, ud over deltagerne i P2P-energifællesskabet, også involverer elhandlere og DSO'er.



TSO og DSO'er er i fællesskab ansvarlige for de tre første elementer og skaber således grundlaget og incitamenterne for, at markedet udvikler de innovative forretningsmodeller.

KONSEKVENSER FOR ELSYSTEMET

Udbredelse af fællesskaberne kan betyde, at især DSO'ernes opgave redefineres. Helt konkret kan et P2P-energifællesskab betyde, at forbruget balancerer sig selv inden for et geografisk afgrænset område og derved reducerer/fjerner behovet for udveksling af energi mellem P2P-området og distributionsnettet.

Med en uforudsigelig VE-produktion kan de enkelte prosumere i fællesskabet, når de producerer overskydende el, vælge at:

- Reducere produktionen,
- Gemme el via lagringsteknologier til senere,
- Eksportere el til distributionsnettet,
- Sælge el til andre energiforbrugere via P2P-energihandel.

Hvor godt et lokalt P2P-område er til at balancere sig selv afhænger derfor af:

- Forbrugets karakter (mængde af fleksibelt og ufleksibelt forbrug),
- Kapacitet og diversitet af VE-kilder (fx solceller, vindturbiner, etc.) og
- Tilgængeligheden af energilagringsteknologier (fx batterier fra elbiler).

Jo flere elementer, der er til stede af disse tre, jo større potentiale har P2P-energifællesskabet til selv-balancering og energi-uafhængighed og vælger måske at blive afkoblet fra det offentlige net.

Med P2P-energifællesskab bliver behovet for transport af el i de offentlige net mindre, hvilket betyder, at behovet for udbygningen af distributionsnettene reduceres. Derfor kan allerede foretagne investeringer i distributionsnettet reelt miste sin værdi, men modsat vil ophævelse af et P2P-energifællesskab også hurtigt kræve nye dimensioneringer og investeringsbehov.

Det er derfor væsentligt, at både DSO'er og TSO skaber de rette incitament for, at de nye fleksible ressourcer i et P2P-energifællesskab også vil være tilgængelige uden for P2P-området.

Publikationen er udgivet i juni 2019 i et samarbejde mellem Energinet Elsystemansvar og Dansk Energi

ENERGINET Elsystemansvar

Tonne Kjærsvvej 65
DK-7000 Fredericia

+45 70 10 22 44
info@energinet.dk

Energinet Elsystemansvars kerneopgaver er at indpasse vedvarende energi, sikre lige adgang til nettene, udvikle elmarkedsdesign, overvåge og balancere eltransmissionsnettet og at varetage elforsyningssikkerheden i Danmark. Ansvar for disse opgaver gælder både i nuet og i fremtiden, hvor meget mere vedvarende energi skal ind i ikke alene elsektoren, men i et samlet energisystem, der står over for store forandringer, og hvor der er behov for en høj grad af sammentænkning.

Energinet Elsystemansvar beskæftiger i dag ca. 200 medarbejdere, der har engageret sig i den grønne omstilling af det danske energisystem. Energinet Elsystemansvars vision om at finde veje til sikker og bæredygtig energi, der også er en god forretning for det danske samfund, og som samtidigt kan inspirere omverdenen, er den daglige motivationsfaktor for medarbejderne i Energinet Elsystemansvar.



Vodroffsvej 59
1900 Frederiksberg

+45 35 30 04 00
de@danskenergi.dk

Dansk Energi er en erhvervs- og interesseorganisation for energiselskaber i Danmark. Sammen leverer vores medlemmer stadigt grønnere strøm til danskerne, samtidig med at de sikrer strøm i stikkontakten 99,99 pct. af tiden til konkurrencedygtige priser.

Dansk Energi understøtter medlemmernes udvikling og placering i de markeder, hvor energi spiller en væsentlig rolle. Det gør vi ved at arbejde med de politiske rammevilkår, løse fællesopgaver og være samlingspunkt for branchen. Dansk Energi ledes og finansieres af medlemsvirksomhederne.