



**ENERGINET**

# LØSNINGSMULIGHEDER FOR EL-BEHOV

Energinets langsigtede udviklingsplan 2022 –  
Løsningskatalog

# LØSNINGSMULIGHEDER FOR EL-BEHOV – NU OG I FREMTIDEN

Den grønne omstilling accelererer og udfordrer vores danske eltransmissionsnet, som skal tilpasses og udvikles, så det ikke ender som en flaskehals for klimaomstillingen. Det kræver omfattende beslutninger og rettidige løsninger.

Dette løsningskatalog giver et overblik over en række af de løsninger og værktøjer, Energinet arbejder med i dag, når de behov, der er identificeret i elnettet, skal løses. Kataloget skal danne grundlag for en tæt dialog med interessenter, hvor nye løsninger og værktøjer kan supplere eksemplerne i dette løsningskatalog til en fælles bruttoliste for løsningsmuligheder. Derudover skal denne bruttoliste med løsninger sikre koordinering af de mest optimale løsninger på tværs af el- og gassektoren.

## Mere vedvarende energi kræver en større værktøjskasse

Energinet arbejder løbende for at udvide den værktøjskasse, der er til rådighed for at løse behovene. På de følgende sider beskriver vi en række af de forskellige løsninger, der skal imødekomme fremtidens behov; anlægs- drifts- og markedsløsninger samt dialogbaserede initiativer og tredjeparts løsninger. Det er ikke en udtømmende liste, men udgør et godt udgangspunkt for dialog og samarbejde om løsningernes muligheder, begrænsninger og effekt.

## Grøn omstilling vil afspejles i landskabet

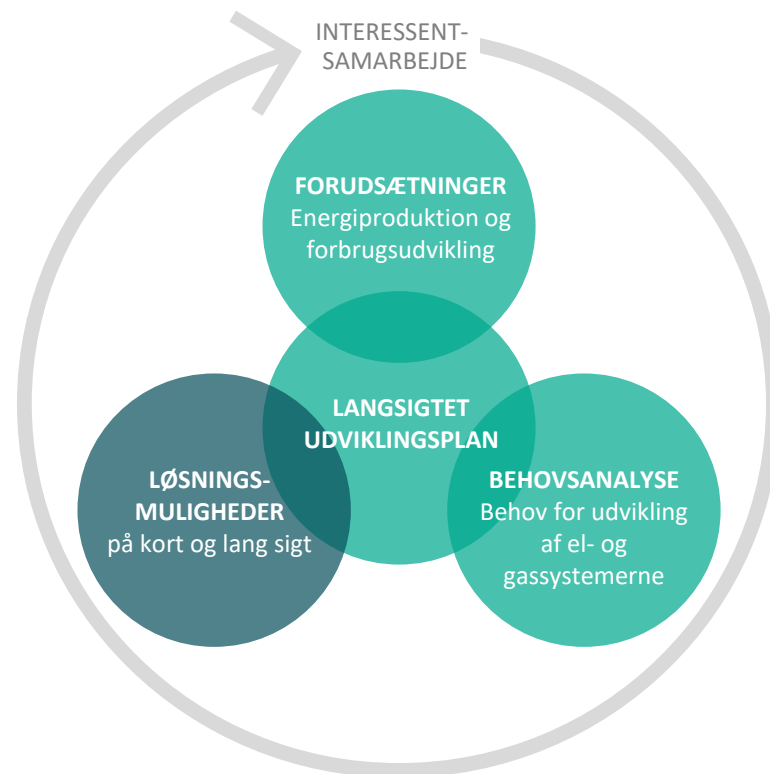
I takt med at den grønne omstilling tager fart, vil den vedvarende energi fylde mere i landskabet, og Energinet har en vigtig opgave i at sikre, at de nye løsninger er til mindst mulig gene for mennesker og natur. Samtidig har Energinet et stærkt fokus på at balancere energiens trilemma; nemlig at omstille el- og gassystemerne til at køre på grøn energi, samtidig med at vi opretholder en meget høj forsyningsikkerhed og sikrer, at det er til at betale for både forbrugere og samfund.

## Hvor kan du læse mere?

Læs mere om de identificerede behov i elnettet – og find baggrundsmateriale på:

Behovsanalyse for elnettet: [www.energinet.dk/el-behovsanalyse2021](http://www.energinet.dk/el-behovsanalyse2021)

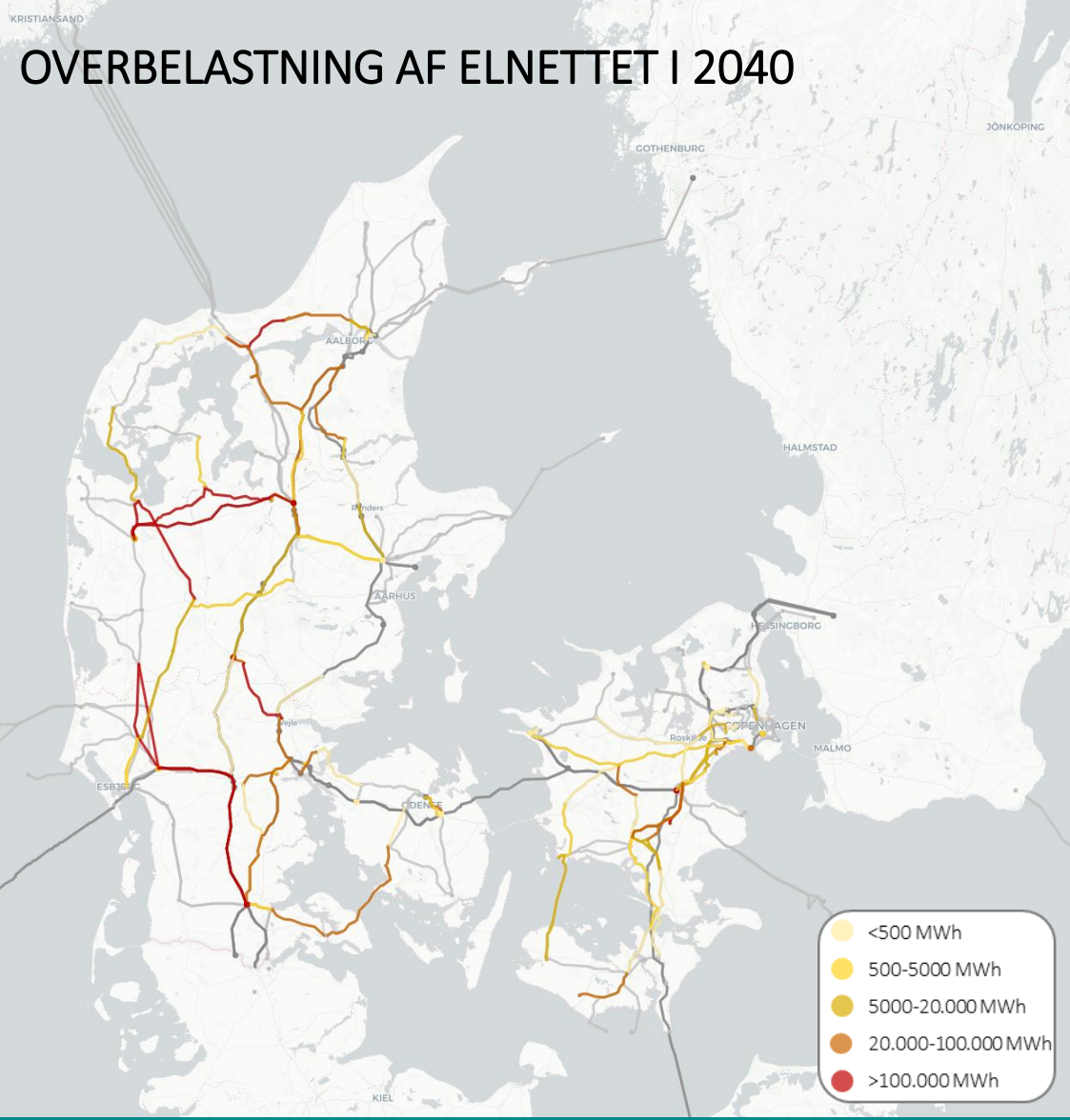
Baggrundsmateriale for elnettet: [www.energinet.dk/el-baggrund2021](http://www.energinet.dk/el-baggrund2021)



## Energinets langsigtede udviklingsplan

Løsningskataloget indgår som et vigtigt element i vores langsigtede udviklingsplanlægning. Med afsæt i de forudsætninger, vi planlægger og arbejder ud fra, danner behovsanalysen grundlag for investeringsbeslutninger og dermed de løsninger, der skal sikre en høj forsyningsikkerhed – også i fremtiden. Da vi opererer med mange ubekendte, er det en iterativ proces, hvor vi reviderer og opdaterer vores planer undervejs, hvis forudsætningerne ændrer sig, og der opstår nye behov.

# OVERBELASTNING AF ELNETTET I 2040



## OVERBELASTNINGSENERGI

Kortet viser den energimængde, der skal aflastes på en forbindelse, hvis der ikke tages andre tiltag i brug. Den bestemmes ved hjælp af simuleringer af el-spotmarkedet over et år. Energimængden vil være større, hvis overbelastningen forekommer hyppigt, eller hvis komponenten overfører meget energi.

# OVERBELASTNING AF ELNETTET MEDFØRER BEHOV FOR NYE TILTAG

Med en forudsat udvikling i fx forbrug og produktion kan gives et bedste bud på behov for nye tiltag i elnettet som følge af den grønne omstilling. Behov skal her forstås som overbelastninger i elnettet som følge af, at den eksisterende kapacitet ikke er tilstrækkelig til at transportere den energi igennem systemet, som analyserne fortæller, der vil være behov for. Der er store geografiske forskelle på, hvor markante behovene er og hvilken udvikling, der driver dem. Du kan læse mere om de anvendte forudsætninger og de identificerede behov her: [www.energinet.dk/el-behovsanalyse2021](http://www.energinet.dk/el-behovsanalyse2021). Det er behovene fra behovsanalysen, der præsenteres forskellige løsningsmuligheder til; på de efterfølgende sider.

### Vedvarende energi skal transporteres til forbrugssted

I nogle områder af landet produceres der allerede i dag mere strøm, end der forbruges. Det skaber et behov for at få den overskydende strøm ud af området og hen til forbrugere – eller vi kan eksportere den. Denne tendens forventes at stige over tid, idet VE-anlæg typisk opstilles i områder med lavt forbrug. Det gør sig eksempelvis gældende for områderne Lolland-Falster, Sydsjælland, Vest- og Nordjylland. I store dele af landet gælder det, at der er stor interesse for at opstille især solcelleanlæg, hvilket kan medføre større behov, end analyserne her viser.

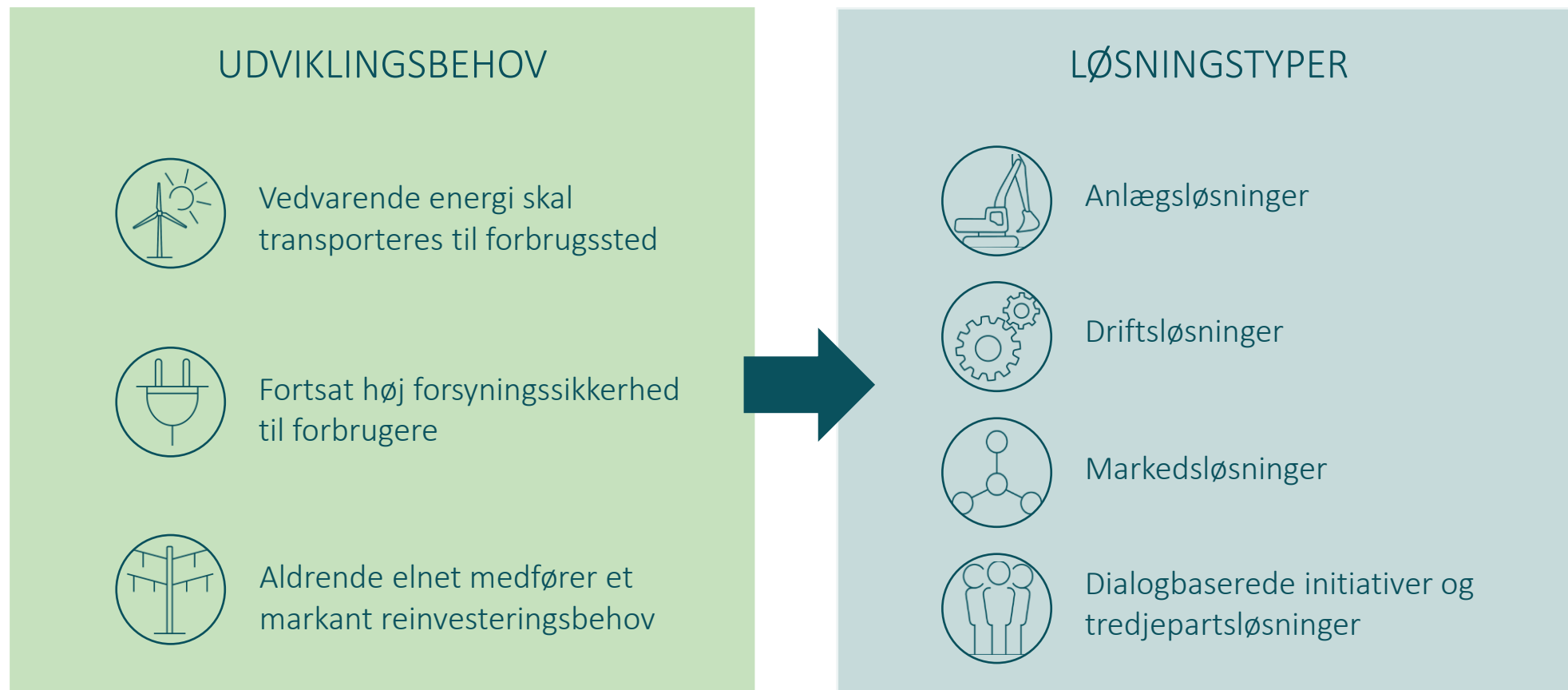
### Fortsat høj forsyningsikkerhed til forbrugere

Stigende forbrug medfører behov for at få mere strøm frem til forbrugerne. Der skal være strøm i stikkontakten, når elbilen skal oplades eller huset varmes op. Derudover forventes markante stigninger i elforbruget fra teknologier, der har potentiale til at bidrage med fleksibilitet i elsystemet. Det gælder fx elkedler og varmepumper i fjernvarmesektoren og PtX-anlæg.

Det vil især være i de tætbefolkede områder, at det stigende forbrug er bestemmende for behovene for udvikling af elnettet. Det gælder fx områderne omkring de store byer København, Aarhus og Odense, den jyske østkyst og Trekantområdet. Der er potentiale for større forbrugsstigninger i flere dele af landet, end det er forudsat i analyserne her. Hvis flere af disse potentialer realiseres, kan det medføre større behov, end analyserne her viser.

## ARBEJDET MED LØSNINGER TAGER AFSÆT I UDVIKLINGSBEHOVENE

For at udvikle elnettet på en måde, der understøtter en fremtid med fluktuerende energikilder som sol og vind, kortlægger og analyserer Energinet løbende elnettets udviklingsbehov. Behovsanalysen bidrager med overblik over de udfordringer og behov, vi ser ind. Nedenfor til venstre finder du overskrifterne for de typer af udviklingsbehov, vi har identificeret. Du kan læse mere om de anvendte forudsætninger og de identificerede behov her: [www.energinet.dk/el-behovsanalyse2021](http://www.energinet.dk/el-behovsanalyse2021). Energinet arbejder løbende med flere typer af løsninger, og nedenfor til højre finder du de fire hovedkategorier af løsninger, vi arbejder med. Løsninger beskrives nærmere på de følgende sider. Behovsanalysen og løsningskataloget danner udgangspunkt for en dialog om, hvordan både kendte og nye løsningsmuligheder kan bringes i spil, når de identificerede behov skal løses.



# FORSKELLIGE LØSNINGER KAN HÅNDTERE FORSKELLIGE BEHOV I ELNETTET

Nedenfor finder du beskrivelser af de fire hovedkategorier af løsninger, Energinet arbejder med. De fire kategorier udfoldes og beskrives yderligere på de følgende sider.



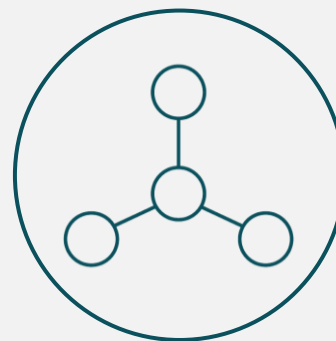
## ANLÆGSLØSNINGER

Anlægs løsninger giver mulighed for at udvikle det eksisterende elnet enten ved at bygge nye eller opgradere eksisterende forbindelser og stationer. Udvikling og vedligehold af elnettet er en forudsætning for at kunne transportere energi, fra hvor den produceres, til hvor den forbruges.



## DRIFTSLØSNINGER

Nogle udfordringer kan håndteres i systemet ved at ændre driften. En driftsløsning kan øge mængden af energi eller hjælpe energien nemmere rundt i systemet, hvor det ellers ville være nødvendigt at investere i nye anlæg, ledninger eller implementere en markedsløsning.



## MARKEDSLØSNINGER

Markeds løsninger kan sikre, at energi produceres og forbruges fleksibelt og intelligent. På den måde kan markeds løsninger påvirke produktion og forbrug på en måde, der sikrer optimal og effektiv udnyttelse af vores transmissionsnet. Dette kan mindske og/eller udskyde behovet for anlægs løsninger.



## DIALOGBASEREDE INITIATIVER OG TREDJEPARTSLØSNINGER

Det er ikke altid, at den bedste løsning er Energinets løsning. Andre aktører kan bidrage til en løsning; ikke kun en markeds løsning, hvor Energinet kompenserer producenter eller forbrugere, men gode løsninger, hvor håndteringen af et behov kan være en forretningsidé for andre. Det kan fx være nye forbrugere, som anvender lokale overskud af vedvarende energi.

## MEST ANVENDTE ANLÆGSLØSNINGER

Anlægsløsninger giver mulighed for at udvikle det eksisterende eltransmissionsnet enten ved at bygge nye eller opgradere eksisterende forbindelser og stationer. Udvikling og vedligehold af elnettet er en forudsætning for at kunne transportere energien fra hvor den produceres, til hvor den forbruges. Her får du et overblik over nogle af de forskellige typer af løsninger, Energinet har til rådighed, når elnettet skal udbygges. Der findes en lang række anlægsløsninger, men de nedenstående beskrevet er de mest anvendte. Forskellige spændingsniveauer kan løse forskellige behov og har forskellige funktioner i det samlede elnet, hvorfor de er beskrevet separat.

### TRANSFORMERING

Når VE-produktion skal tilsluttes det eksisterende elnet, tilstræbes det at transformere effekten op så tæt på tilslutningspunktet som muligt. Ved at transformere til højere spændingsniveau, opnås mindre tab samt et bedre energimix i det formaskede elnet. På den måde kan det eksisterende elnet udnyttes bedre, og netforstærkninger udskydes ved etablering af transformere.

### HVDC-FORBINDELSER

HVDC-forbindelser anvendes til at transportere store mængder effekt over store afstande fra punkt til punkt. Løsningen kan ikke anvendes til formaskede elnet og kan betragtes som en motorvej uden til- og frakørsler.

### 400 KV-FORBINDELSER

400 kV-forbindelser anvendes til at transportere og fordele store mængder energi over større afstande. 400 kV-forbindelser etableres som udgangspunkt som luftledninger, men kabellægges i det omfang det er teknisk muligt.



### 220 KV-FORBINDELSER

220 kV kan anvendes, når ny VE-produktion skal tilsluttes det eksisterende elnet via radialtilslutninger. Eksempler herpå er Horns Rev 3 og Kriegers Flak. 220 kV-forbindelser er ikke del af det formaskede elnet som 400 kV- og 150/132 kV-forbindelserne.

### 150/132 KV-FORBINDELSER

150/132 kV fungerer som regionale elnet, der både opsamler landbaseret VE og fordeler energi til forbrugere. Nye forbindelser på 150/132 kV etableres som udgangspunkt altid som kabler.

# DRIFTSLØSNINGER

Nogle udfordringer i elnettet kan håndteres ved at ændre eller justere på driften. En driftsløsning kan øge den tilgængelige kapacitet eller hjælpe energien nemmere rundt i elnettet, hvor det ellers ville være nødvendigt at investere i nye anlæg, ledninger eller en markedsløsning. Energinet arbejder hele tiden på at udvikle nye driftsløsninger til at understøtte et effektivt elnet. Nedenfor får du et overblik over de driftsløsninger, som vi i dag anvender.



## PRODUKTIONSSYSTEMVÆRN

I et grønt elsystem primært baseret på strøm fra sol og vind forventes der i få timer om året at opstå meget høj elproduktion – på solskinsdage med høj vindproduktion. Her kan produktionssystemværn sikre, at produktionsanlæg automatisk udkobles ved et samtidigt kritisk udfald af en netkomponent.

Nettet skal dermed ikke nødvendigvis udbygges til at kunne aftage den samlede effekt, samtidigt med at en netkomponent er ude af drift.

## DYNAMIC LINE RATING

DLR er et driftshåndtag, som giver mulighed for at udnytte eksisterende og nye anlæg mere optimalt. Fx er det muligt at udnytte en luftlednings indbyggede overbelastningsegenskaber under gunstige vejrforhold.

Anvendelse af DLR, herunder udnyttelse af vindkøling, kan fx øge luftledningers overføringsevne med 25-50 pct. i situationer med høj vindkraftproduktion. Her sikrer den høje vindhastighed god køling af luftledningen.

# GENERELLE MARKEDSLØSNINGER

Energinet arbejder løbende med mange typer af løsninger på udviklingsbehov i elnettet – herunder udvikling af markedsløsninger. Vi skelner mellem generelle markedsløsninger, som udbredes for hele elnettet og specifikke markedsløsninger, som udbredes mere lokalt og ved specifikke behov. De generelle markedsløsninger vil kunne ændre udviklingsbehovene og den langsigtede netstruktur – og vil ofte indgå i samspil med mulige anlægsløsninger ved at reducere eller udskyde behovet for netudbygninger.

## NY MODEL FOR NETTARIFFEN

En ny model for nettariffen vil inkludere et element af kapacitetsbetaling, som kan give et incitament til, at kunderne er opmærksomme på behovet for kapacitet. Derudover kan tidsdifferentierede tariffer bidrage til at flytte forbrug væk fra forbrugsspidser, som kan være dimensionerende for nettet og dermed reducere udbygningsbehovet. Endelig arbejder Energinet sammen med DSO'erne, på en model, hvor nettariffen ikke opkræves hos slutkunderne, men hos DSO'erne og derved sender prissignaler, der kan understøtte en effektiv netudvikling.

## SAMPLACERING

Dette initiativ undersøger, hvordan Energinet kan understøtte samplacering af ny elproduktion og forbrug i eltransmissionsnettet blandt andet via at undersøge, om adgangen til at etablere sig som egenproducent i TSO-nettet bør udvides. En effektiv samplacering, hvor det er hensigtsmæssigt, skal bidrage til at maksimere udnyttelsen af den eksisterende elinfrastruktur.

## INDFØDNINGSTARIFFER

Det fremgår af klimaaftalen fra juni 2020, at lovgivningen skal ændres, så den muliggør indførelsen af et geografisk differentieret tilslutnings-bidrag og indfødningsstariffer for producenter. Geografisk differentiering vil give et prissignal til VE-udviklere om mere hensigtsmæssige placeringer i nettet.

## BUDZONER

Elmarkedet i Danmark er i dag opdelt i to budzoner (prisområder) hhv. Øst- og Vestdanmark. Opdeling i flere budzoner vil kunne give et klarere prissignal til markedets aktører i forhold til placering af ny produktion eller forbrug, der tager højde for begrænsninger i elnettet. Opdeling i flere budzoner skal ske som et led i en regional proces, hvilket reducerer Energinets muligheder for aktivt at bruge dette værktøj.

## BEGRÆNSET NETADGANG

Energinet har anmeldt netproduktet "Begrænset netadgang" til godkendelse hos Forsyningstilsynet. Netproduktet vil give store forbrugere, som er koblet direkte til transmissionsnettet, mulighed for at vælge at være afbrydelige med en reduceret tarif til følge. Tilsvarende undersøger Energinet og DSO'erne om et tilsvarende produkt kan tilbydes store kunder i DSO-nettet.





## SPECIFIKKE MARKEDSLØSNINGER

Ud over de generelle markedsløsninger arbejder vi i Energinet også med udvikling af mere specifikke markedsløsninger. De vedrører ofte kun ét projekt og implementeres lokalt eller regionalt, hvor der er behov for at afbøde en specifik driftssituation. De specifikke markedsløsninger kan anvendes midlertidigt (fx under planlagte udetider), eller de kan benyttes som supplement til anlægsløsninger, som dermed måske kan begrænses i omfang eller udskydes.



### EKSTRA INDKØB AF RESERVER

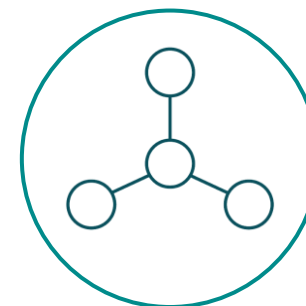
Med ekstra indkøb af reserver benyttes muligheden for at købe nedreguleringsreserver i specifikke områder. De aktører, hvis produktion vil føre til overbelastning af snittet, får incitament til at lade være med at producere ved at kompensere dem herfor før day-ahead-markedet gennem køb af deres potentielle produktion som en reserve. At forudse overbelastningen er et markedshåndtag, hvor en potentiel overbelastning undgås gennem ekstra indkøb af reserver. Elmarkederne ser dermed ikke netbegrænsningerne direkte, men kan blive bevidste om det gennem de udbudte reservemarkeder.



### MODHANDEL

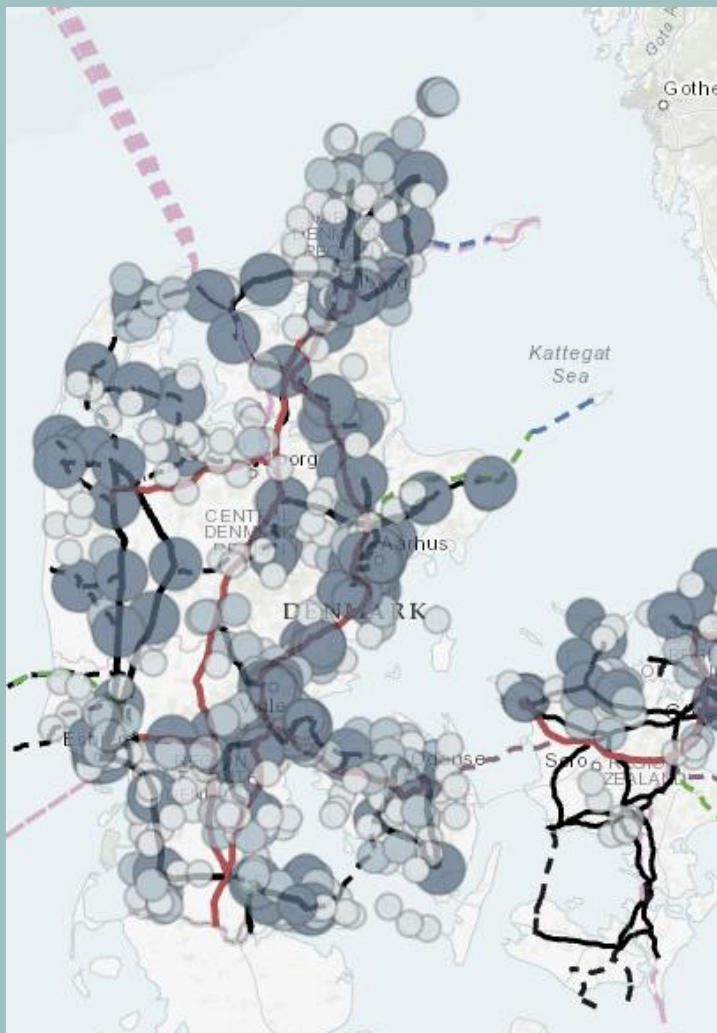
Ved modhandel håndterer Kontrolcentret overbelastninger ved at op- henholdsvis nedregulere på begge sider af det overbelastede snit. Strukturel modhandel anvendes i dag i betydeligt omfang på DK1-DE-grænsen, men som følge af ny EU regulering forventes stigende modhandelsbehov også på de øvrige grænser. Ved modhandel sker hele eller dele af aktiveringen i udlandet.

Den nødvendige modhandelsvolumen kendes (approximativt) fra beregningerne af de forventede overbelastninger samt fra kravene i EU-reguleringen.



### LOKAL FLEKSIBILITET

Lokal fleksibilitet er en variation af den specialregulering, som allerede anvendes. Specialregulering gennemføres ved aktivering af bud for op- eller nedregulering af produktion eller forbrug i regulerkraftmarkedet. Lokal fleksibilitet betyder, at specialreguleringen er geografisk opdelt. Dermed sker op- og nedregulering i netop det område, der er overbelastet.



## KAPACITETSKORT

Energinet har i samarbejde med Dansk Energi og DSO'erne udgivet et kapacitetskort, som er et værktøj til dialog med VE-interessenter. Via kapacitetskortet skabes fokus på gode placeringer af nye VE-anlæg set i relation til transmissions- og distributionsnettet med det formål at effektivisere planlægningen af nødvendige netforstærkninger. Se mere på [www.kapacitetskort.dk](http://www.kapacitetskort.dk)

## DIALOGBASEREDE INITIATIVER OG TREDJEPARTS-LØSNINGER

Dialog er vigtig, hvis vi skal nå målsætningerne om 100 pct vedvarende energi i elnettet i 2030.

Derfor er dialogbaserede initiativer et stort fokusområde og en vigtig del af vores fremtidige arbejde med udviklingen af elsystemet. Dialogen påvirker ikke de økonomiske incitamenter direkte som fx markedsløsninger gør, men vil være et vigtigt supplement til de øvrige løsninger. Vi kan igennem dialogen blandt andet skabe overblik over potentielle udfordringer i elnettet, og hvordan disse imødekommes. Kapacitetskortet, [www.kapacitetskort.dk](http://www.kapacitetskort.dk), som er udviklet i et samarbejde mellem Energinet, Dansk Energi og DSO'erne er et godt eksempel.

### Tredjepartsløsninger er en vigtig del af værktøjskassen

Løsningerne, som er præsenteret i dette katalog, er ikke en udtømmende liste – der kan findes andre gode løsninger udenfor Energinet. Det er målet med dette løsningskatalog, og den deraf følgende dialog, at udvide "værktøjskassen" for at finde de mest optimale løsninger til en 100 pct. omstilling af energisektoren.

# ORDFORKLARINGER

## **Day-ahead-markedet**

Elleverandører og -producenter handler igennem deres balanceansvarlige i day-ahead-markedet for at dække produktion og forbrug for det følgende døgn. Day-ahead-markedet er det største marked i Norden, og mere end 70 pct. af det samlede nordiske elforbrug handles her.

## **Det formaskede elnet**

Ved et formasket net forstås et net, der er opbygget, så der som minimum er en tosidet forsyning – eksempelvis en ringstruktur. Det vil sige uanset hvor på ringen, der er en fejl, vil der fortsat være forsyning til alle stationerne.

## **Differentieret tilslutningsbidrag og indfødningsstariffer**

Omkostninger forbundet med at tilslutte og føde effekt fra fx et solcelleanlæg ind i elnet vil variere alt efter anlæggets geografiske placering. Udvikleren skal dermed betale et lavere tilslutningsbidrag og indfødningsstariffer, hvis denne placerer anlægget i et område, hvor det kræver mindre eller ingen netforstærkninger.

## **Indbyggede overbelastningsegenskaber**

Nogle komponenter, eksempelvis en transformer eller en luftledning, har den egenskab, at de i kortere perioder eller under bestemte omgivelserforhold kan belastes med mere end 100 pct. af den belastning, de er specificeret til.

## **Nedreguleringsreserver**

Produktion af energi, der potentielt kan stoppes/mindskes for at balancere forholdet mellem forbrug og produktion.

## **Produktionssystemværn**

Produktionssystemværn betyder, at i tilfælde af bestemte hændelser (fx en fejl på en 400 kV-forbindelse), vil et givent produktionsanlæg kobles ud. Anlægget vil ikke længere føde effekt ind i systemet, og kan dermed aflaste systemet i tilfælde af en fejl. Med et produktionssystemværn vil afkoblingen ske hurtigt og automatisk, i modsætning til nedregulering, der skal aktiveres manuelt.

## **Radialtilslutninger**

I modsætning til det formaskede net er her tale om en forbindelse mellem to punkter. Fx en radial, der forbinder en vindmøllepark med et tilslutningspunkt (en station), hvorfra effekten fødes ind i det formaskede net.

## **Regulerkraftmarkedet**

I regulerkraftmarkedet køber/sælger Energinet energi (regulerkraft) ved handler, der indgår med aktørerne i driftstimen på basis af de bud for op- og nedregulering, som aktørerne har indsendt til Energinet.

# ENERGINET

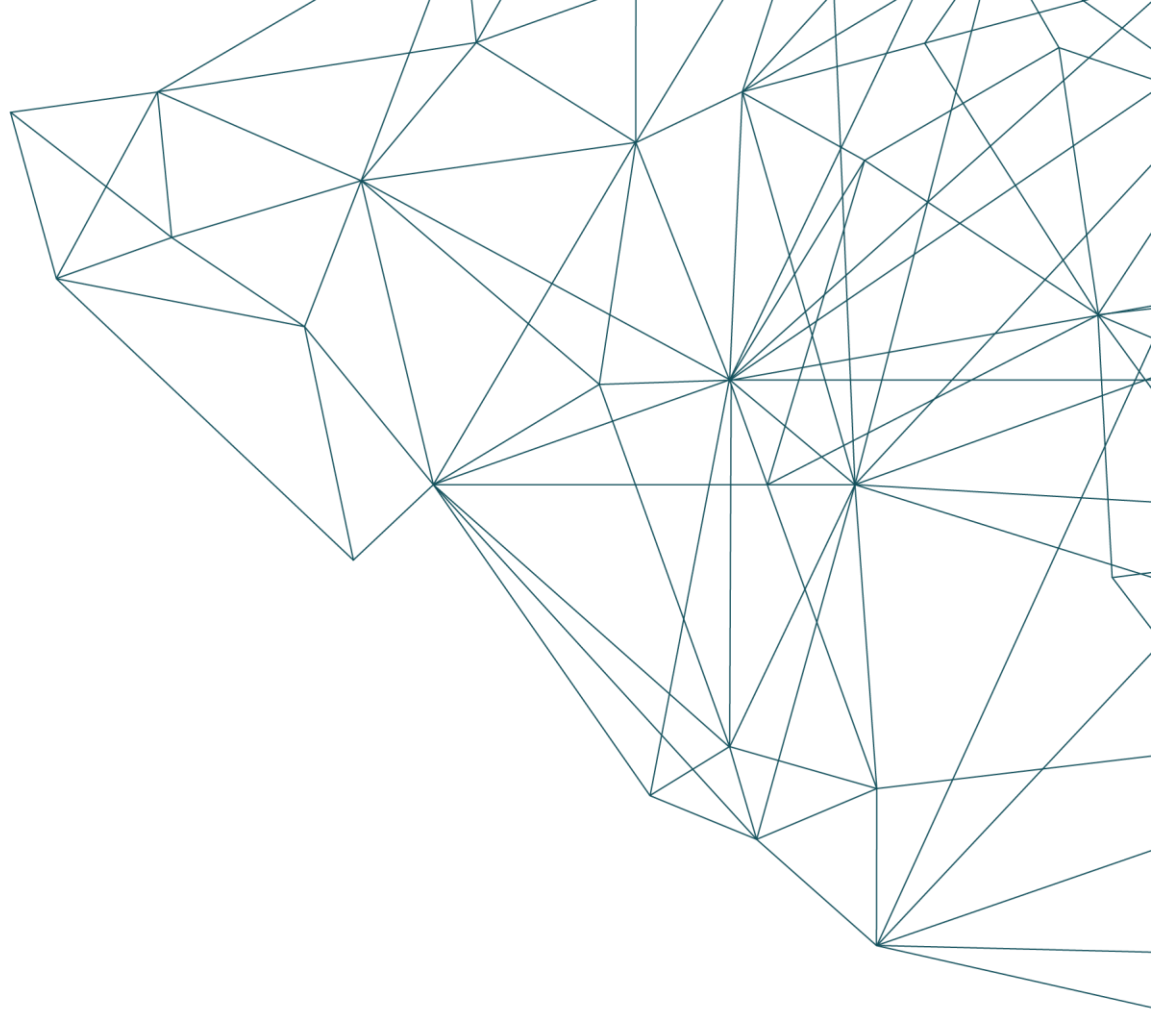
Tonne Kjærvej 65

7000 Fredericia

Tlf 70 10 22 44

[info@energinet.dk](mailto:info@energinet.dk)

[www.energinet.dk](http://www.energinet.dk)



---

Energinet er en selvstændig offentlig virksomhed ejet af staten.

Det betyder, at de publikationer m.v., som Energinet udgiver, alene er udtryk for Energinets faglige vurderinger. Disse vurderinger deles ikke nødvendigvis af klima-, energi- og forsyningsministeren, der varetager ejerskabet af Energinet på statens vegne.

Energinet bestræber sig på at være en åben og transparent virksomhed, hvor vurderinger og analyser gøres tilgængelige for alle.