



4. oktober 2016

Energiscenarier for 2030

Hvorfor lave scenarier?

Energinet.dk agerer i en verden, hvor der indføres mere og mere grøn energi, og lovgivningsrammerne i stort omfang fastsættes på europæisk plan. Teknologisk udvikling sker hurtigt og i nogen grad uforudsigeligt, hvilket gør det svært at forudse udviklingen i energisystemet. Verden er i konstant forandring, og når Energinet skal sikre udviklingen af det danske el- og gassystem, skal det ske ud fra en vurdering af, hvordan sammensætning af energi og infrastruktur ser ud i fremtiden for hele Europa.

For at skabe fundamentet for den bedst mulige omstilling, belyse udfaldsrum og sikre værdien af de store investeringer, der skal foretages, analyserer Energinet.dk løbende udviklingen af både energisektoren som helhed og enkelte dele af energisystemet. Fx indvirker udviklingen inden for områder som fluktuerende elproduktion, elektrificering, varme, transport, industriel procesvarme, grøn gas, fossile brændsler og biobrændsler i både Danmark og vores nabolande stærkt på det fremtidige behov for el- og gasinfrastruktur.



Indhold

Hvorfor lave scenarier?	2
Rammen for energiscenarierne	3
Anvendelse af scenarier	4
Scenarie 1: Moderate nationer	6
Scenarie 2: Moderat Europa	8
Scenarie 3: Grønne nationer	10
Scenarie 4: Grønt Europa	12
Scenarieoversigt	14
Udvalgte scenarieresultater	16
Game changers	21

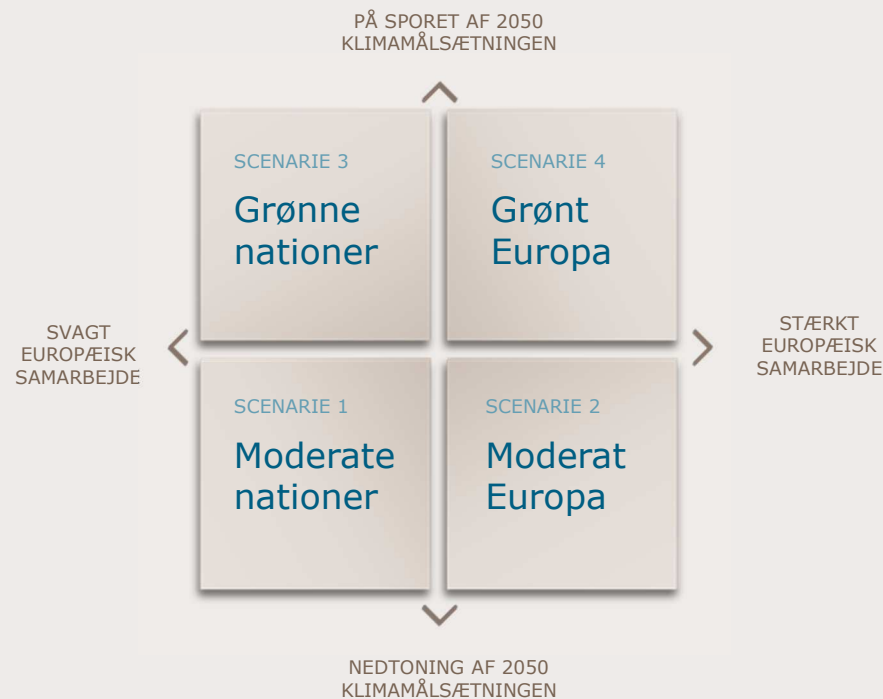
Rammen for energiscenarierne

Udviklingen i de omkringliggende lande, og i EU generelt, er afgørende for udviklingen af det danske energisystem. Herunder både fælles rammevilkår som love samt målsætninger for klima og vedvarende energi. Derfor tager Energinet.dk's energiscenarier udgangspunkt i ENTSO-E's scenarier. ENTSO-E er den europæiske samarbejdsorganisation for eltransmissions-systemoperatører og deres scenarier beskriver primært elsektorens mulige udvikling i et europæisk perspektiv.

De fire scenarier baserer sig på dimensionerne i ENTSO-E's scenarier, hvor international integration og fokus på miljø udgør de to dimensioner. I forhold til ENTSO-E's scenarier og for at kunne anvende scenarierne i dansk sammenhæng er Energinet.dk's scenarier udvidet med flere sektorer som gas, fjernvarme, transport og industri. Antagelserne for sol, vind og kraftværker er desuden blevet opdateret.

For at scenarierne kan bruges i videre analysesammenhæng, har Energinet.dk lagt stor vægt på, at scenarierne er sandsynlige, konsistente og fanger relevante tendenser. Derfor har vi været i dialog med relevante aktører og rådgivere inden for dansk energi- og klimapolitik, og deres input har i vid udstrækning påvirket vores scenarier for fremtidens energisystem.

Resultatet er fire beskrivelser af, hvordan det danske energisystem kan se ud omkring 2030.



Anvendelse af scenarier i Energinet.dk

Udfaldsrum og øget robusthed

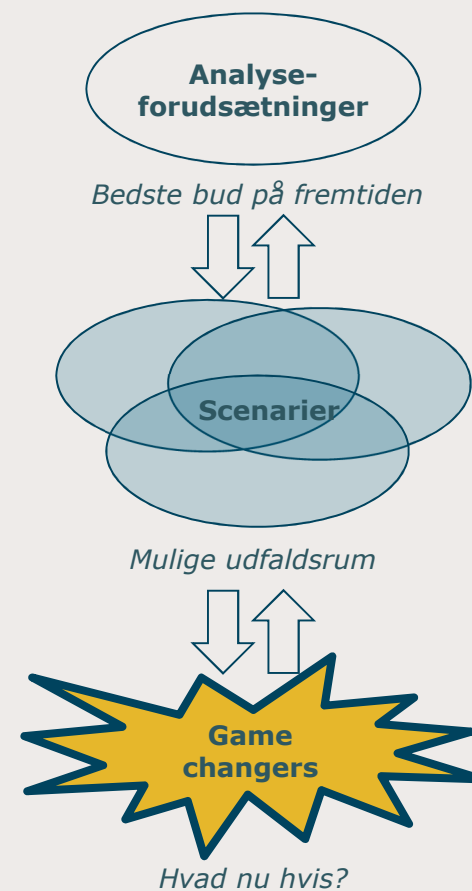
Energinet.dk udgiver årligt et sæt analyseforudsætninger, som viser Energinet.dk's bedste bud på fremtiden og som danner grundlag for alle analyser og beslutninger i Energinet.dk. Scenarierne supplerer analyseforudsætningerne. Den primære opgave for scenarierne er at give et perspektiv på alternative udviklinger i fremtiden, som kan bruges til dialog og som input til analyser af det fremtidige energisystem. Scenarierne kan trykprøve energisystemet og udsætte det for meget forskellige forhold. Konklusionerne på baggrund af analyser kan dermed robusthedstjekkes. Eksempelvis, hvordan vil udbredelsen af en ny teknologi spille ind i det øvrige energisystem? Scenarierne er på et mere overordnet niveau end Energinet.dk's analyseforudsætninger og bruges ikke direkte i business cases for investeringer. Scenariernes roller er at indgå som perspektivering i fremtidige business cases.

Perspektiv til netudvikling

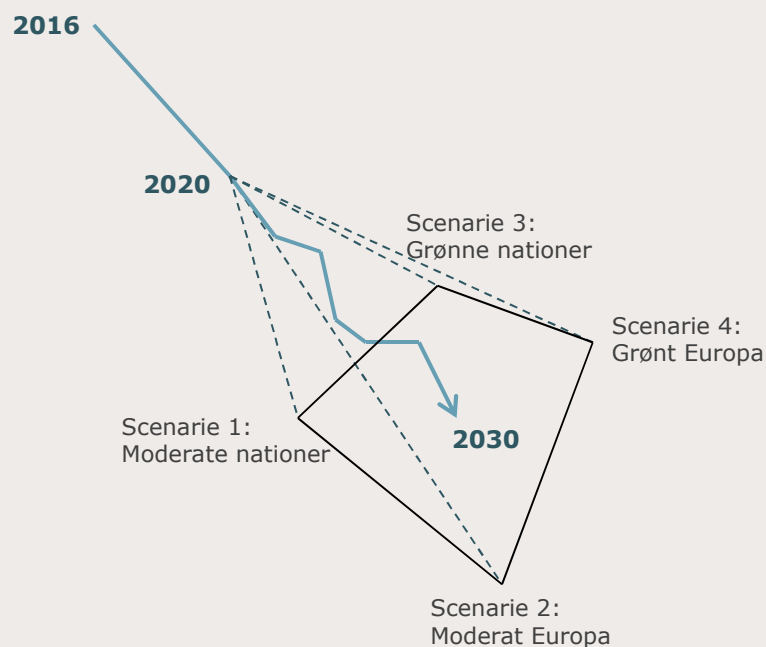
I forbindelse med Energinet.dk's kommende netudviklingsplan skal scenarierne anvendes til at skabe en perspektivplan, der viser mulige alternative udviklinger af eltransmissionsnettet. Perspektivplanerne bidrager til at kunne forberede robuste løsninger til en usikker fremtid allerede under projektmodningen og detailplanlægningen. Den første perspektivplan forventes offentliggjort medio 2017.

International planlægning

Energinet.dk er en aktiv deltager i det europæiske TSO-samarbejde i ENTSO-E. Når det vedrører udvikling og planlægning af transmissionssystemet, bidrager Energinet.dk til regionale og paneuropæiske netudviklingsplaner, herunder ENTSO-E's Ten Year Network Development Plan (TYNDP), hvor mulige nye udlandsforbindelser i Europa kortlægges. Med anvendelsen af scenarierne, som er baseret på ENTSO-Es scenarier, sikres der en tættere koordination mellem de nationale og europæiske netudviklingsplaner.



Energiscenarier frem mod 2030



Energinet.dk's analysearbejde har horisont frem til 2050 og særligt fokus på 2030. Det retter sig mod det samlede fremtidige energisystem i Danmark og vores nabolande. Scenarierne bygger på modelberegninger og analyseresultater for 2030.

Derfor rummer scenarierne også kun et vist antal mulige udviklinger og tilpasningsveje mod fremtiden. Vejen frem er usikker, og vi er nødt til at forholde os til denne usikkerhed. Udviklinger og hændelser, som ikke kan indpasses i de fire scenarier, vurderes i analysesammenhænge som mulige "game changers", der kan ændre fundamentalt på vores forestilling om det fremtidige energisystem.

Ved at sætte nogle mulige udfaldsrum op og teste potentielle game changers kan man sikre sig, at det verdensbillede, der udvikles ud fra, i videst muligt omfang afspejler den virkelighed, som vi vil blive mødt af på både kort og langt sigt.

De fire scenarier er beskrevet i det følgende.

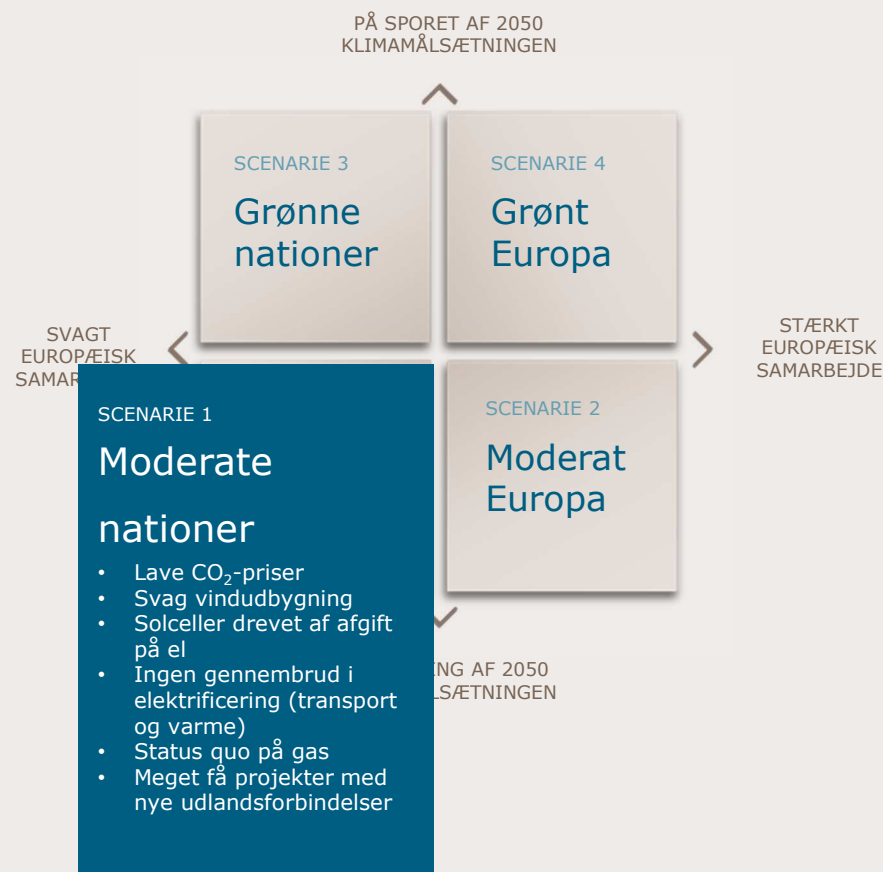
Links til baggrundsmateriale findes på side 27.

Scenarie 1: Moderate nationer

Scenariet "Moderate nationer" er præget af en verden, hvor EU-samarbejdet går trægt. Ændringer i lovgivningen og rammevilkår, for at fremme produktion og anvendelse af grøn energi, ændres og tilpasses meget langsomt, da andre områder har politisk højere prioritet. Usikkerheden om fremtidige rammevilkår, lave elpriser og begrænset økonomisk vækst bremser investeringer i alle elproducerende teknologier. Stigende omkostninger til støtte af ny grøn elproduktion kombineret med lave priser på elmarkedet medfører, at udbygningen med grøn elproduktion reduceres til et meget lavt niveau. Netto kommer der kun 600 MW yderligere vind fra 2016 til 2030. I samme periode etableres der til sammenligning 1.500 MW solceller grundet høje elpriser hos slutkunden pga. afgifter. En tredjedel af disse med batteribackup.

Elektrificering af energitjenester som transport og varme går meget trægt, og på grund af begrænsede energieffektiviseringer stagnerer eller stiger det samlede el- og energiforbrug. Gassektoren bærer præg af status quo. Gasopvarmede huse konverteres i moderat tempo, biogastilskuddet udfases, og der bliver ikke etableret nye gasudvekslingsforbindelser til Polen eller Norge.

Energipolitikken dagsorden bliver at udforme nationale støtteordninger, som sikrer elproduktionskapacitet til at dække forbrugsspidserne lokalt. I praksis betyder det fastholdelse og vedligeholdelse af et stadigt ældre produktionsapparat og net. Løsningerne for energisystemet tænkes ud fra en selvforsyningstankegang og uden koordinering i europæisk sammenhæng. Etablering af nye udlandsforbindelser begrænses af et dårligt investeringsklima, som stiller højere krav til forrentning af projekter.



Hvad betyder "Moderate nationer" for den enkelte?

En almindelig borger

Energi fylder ikke meget i hverdagen, el opfattes som dyrt pga. afgifter. Hvis gas- eller oliefyret går i stykker, udskiftes det med et nyt gasfyr, hvis det er muligt. Ellers vælges et nyt træpillefyr. Private solcelleejere køber batteri for at udnytte solenergien bag elmåleren. Når bilen skal skiftes, er udbuddet af elbiler forholdsvis begrænset, og prisen er for høj for de fleste. Kun 3 pct. køber en elbil eller en hybridbil.

El- og gasselskaber

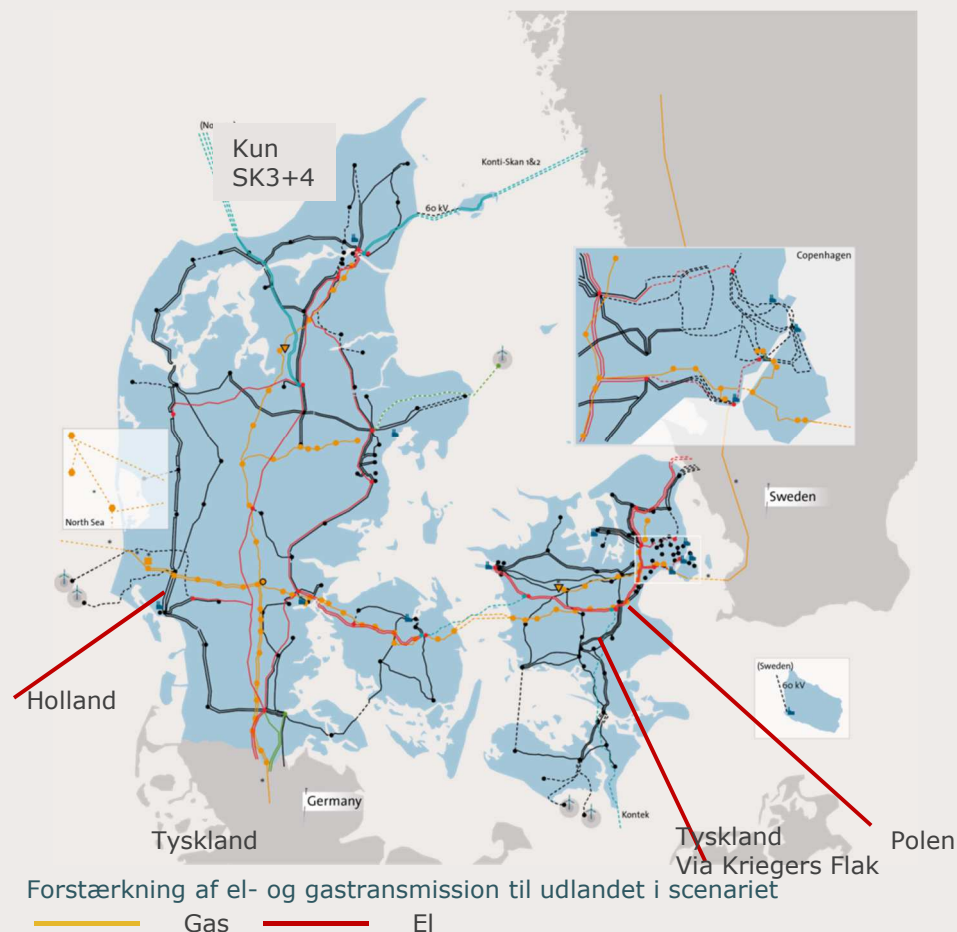
Det er vanskeligt at få gennemført nye udlandsforbindelser. Flere projekter, som er planlagt, men ikke byggede, bliver ikke gennemført pga. usikkerhed om økonomi og rammevilkår. For at sikre forsynings-sikkerheden holdes eksisterende kraftværker i drift så længe som muligt, og der etableres en ny elforbindelse til Polen, som sikre en ekstra mulighed for import af strøm.

By med kraftvarmeværk

Udviklingen med fokus på anvendelse af biomasse til opvarmning fortsætter. Det er muligt at få betaling for at holde elproduktionskapacitet til rådighed. De tilbageværende kulkraftværker får lov til at fortsætte driften så længe som muligt.

Investor i vind, sol, biogas og kraftværker

Der er få muligheder for at investere i ny vind i Danmark. Små kraftvarmeværker kan opkøbes og tilbydes som reserve eller modtage en form for kapacitetsbetaling. Tilskudsordningerne for biogas udfases, og der bliver derfor ikke bygget nye biogasanlæg.



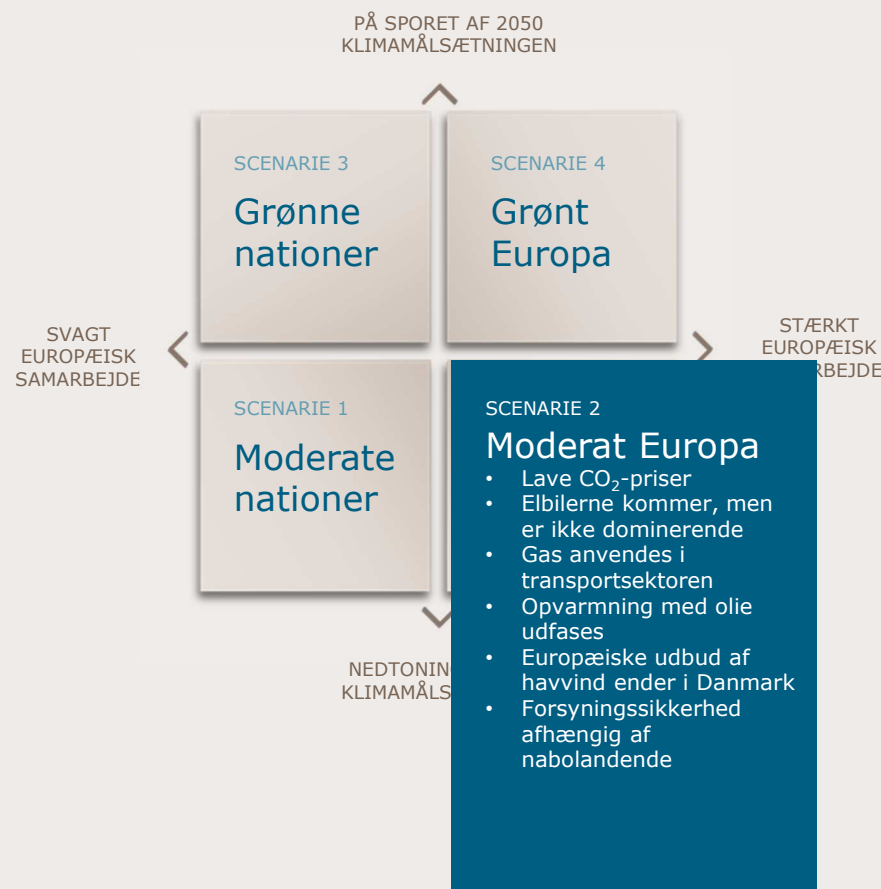
Scenarie 2: Moderat Europa

Den markante grønne omstilling udebliver i perioden frem til 2030. Trods gentagne hensigtserklæringer på internationalt- og EU-plan får de fleste lande kun gennemført enkelte nye tiltag i retning af mere vedvarende energi (VE) efter 2020. Investeringer står i dødvande på grund af usikkerhed om fremtidige ændringer i reguleringen.

I stedet arbejdes der på internationalt plan med tiltag, som sikrer en økonomisk effektivisering af driften af energisystemet. Fx aftaler om fælles reserveanlæg, harmoniserede afgifter og liberalisering af og markedskobling af gasmarkederne. Mod slutningen af perioden bliver det klart, at Europa igen er nødt til at sætte fart i retningen af et energisystem, som ikke udleder CO₂. Dette medfører en række tiltag, som fremmer central udbygning med de billigste CO₂-neutrale produktionsteknologier; biomasse, solceller og vind. Havvind udbygges på europæisk plan, hvilket betyder, at der samlet er 4.500 MW havvind i 2030 i Danmark.

I Danmark gennemføres meget få nationale tiltag, som sikrer nye investeringer i energisektoren i perioden 2020 til 2030. Spidslastkapacitet deles mellem flere lande, hvilket betyder en reduktion i termisk kapacitet i Danmark. Danmark er helt og holdent afhængig af udlandet for at sikre forsyning i alle timer, og dette giver økonomi i nye udlandsforbindelser.

Smart Grid finder anvendelse til styring af varmepumper i boliger. Oliefyr er blevet udfaset helt til fordel for varmepumper og træpilller. Naturgas anvendes stadigvæk direkte til opvarmning i husholdninger. Der er fremgang i elbiler, fra 2025 er 25 pct. af alle nye biler elbiler eller hybridbiler. Gas med grønne certifikater anvendes i stigende grad i busser, skibe og lastbiler.



Hvad betyder "Moderat Europa" for den enkelte?

En almindelig borger

El og varmeafgifter er blevet harmoniseret. For den enkelte borger betyder det, at fjernvarme, varmepumper eller gas alle er oplagte opvarmningsformer. Oliefyr er blevet udskiftet med især varmepumper. Hvis bilen skal udskiftes, er der et relativt stort udvalg af gode elbiler og plug-in hybridbiler. Efter 2025 vælger 25 pct. at købe en el- eller hybridbil.

El- og gasselskaber

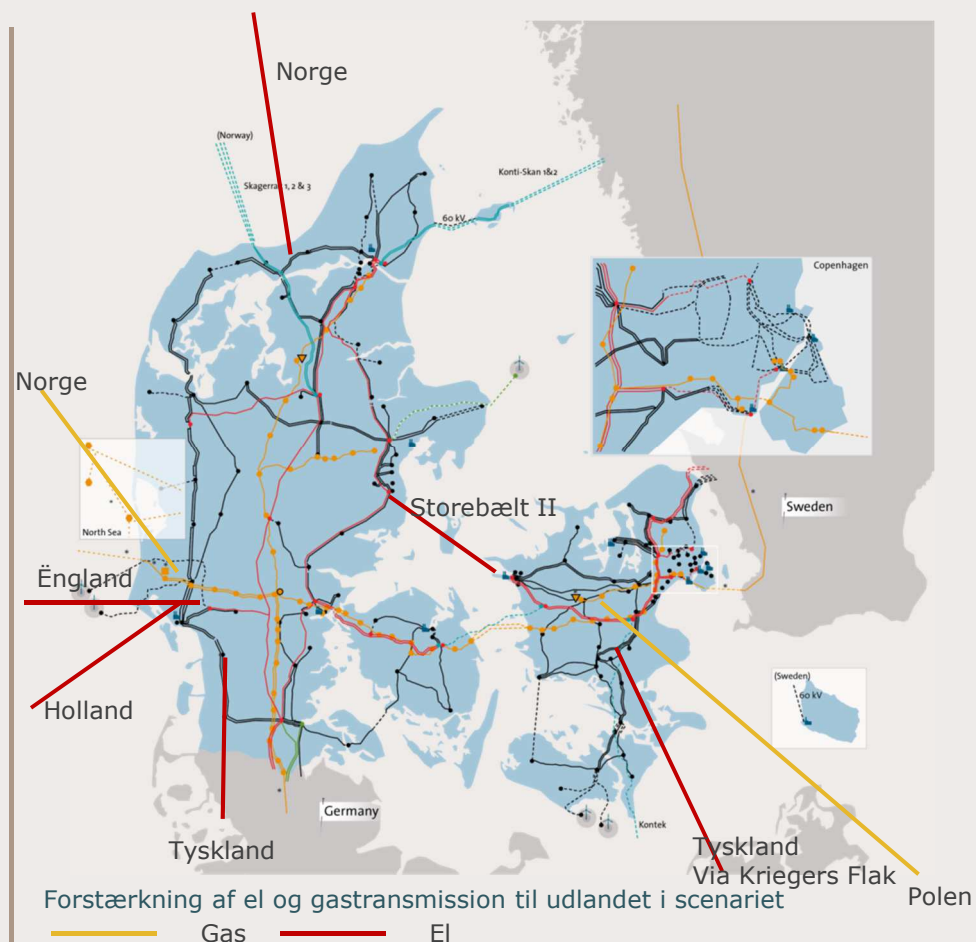
Der bygges et nyt gasrør fra Danmark til Polen og en forbindelse til den danske del af Nordsøen med den norske, hvilket øger forsyningssikkerheden for gas. Elnetselskaberne skal etablere tilslutning og transmissionskapacitet, som kan håndtere mere end en fordobling af havmøllekapaciteten i Danmark. Dette betyder, at alle Energinet.dk's planlagte udlandsforbindelser gennemføres, og der bygges en ekstra forbindelse mellem Øst- og Vestdanmark, og forbindelsen til Norge fastholdes på nuværende kapacitet. Forsyningssikkerhed er blevet et regionalt anliggende, og balancering og reserver kan lige så vel befinde sig uden for Danmark som i Danmark.

By med kraftvarmeværk

Brug af biomasse til kraftvarme fortsætter i de byer, hvor der allerede er investeret i ombygning eller ny kapacitet til biomasse. Gaskraftværker får bedre vilkår, og det betyder, at de tilbageværende kulkraftværker bliver ombygget eller udskiftet med gasanlæg.

Investor i vind, sol og kraftværker

Danmark har gode vilkår for havvind, og der er flere EU-udbud af havmøllekapacitet, som ender i Danmark.



Scenarie 3: Grønne nationer

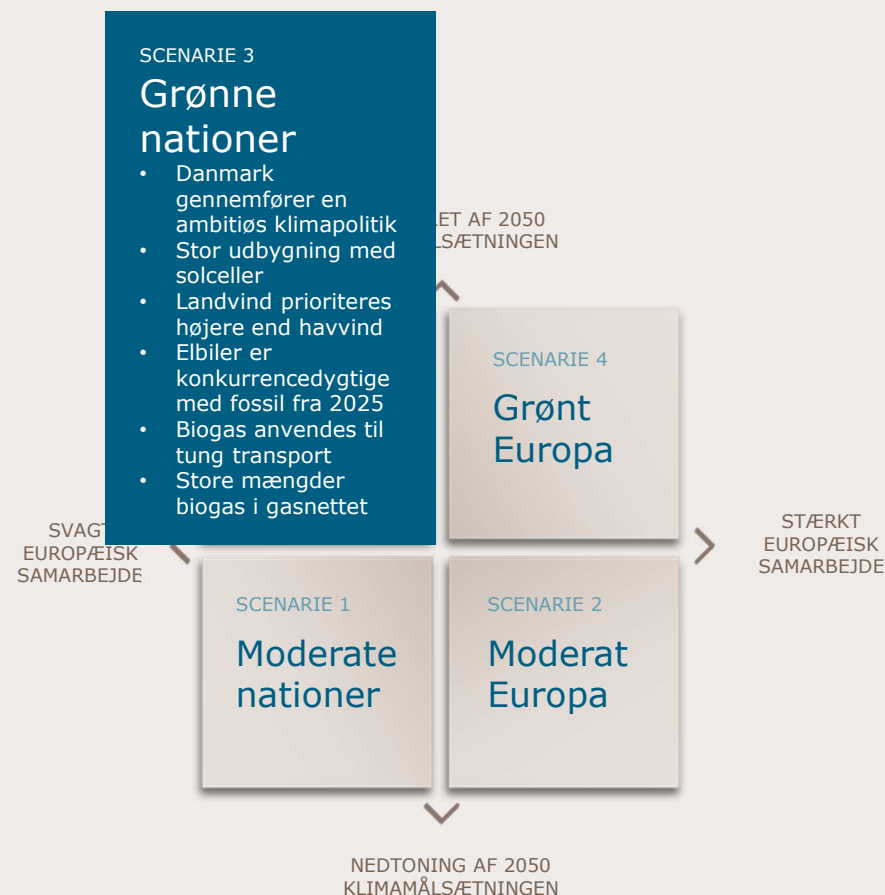
EU's ambition om at reducere 80-95 pct. af udledningen af drivhusgas frem mod 2050 er fastholdt. Det går langsomt med internationale aftaler, og de enkelte lander styrer ligesom Danmark efter nationale handlingsplaner. Der er derfor meget stor fokus på at anvende vind og sol lokalt, dels med nye fleksible energiforbrug til varme og transport og dels ved at etablere batteriløsninger og andre typer af lokale energilagere.

Realisering af klimamålene er relativt dyre på grund af stor modstand mod transmissionsledninger til europæisk integration af energiforsyningen. Der er i de enkelte medlemsstater modstand mod at etablere vindmølleparker, hvis den producerede el eksporteres og derved forsyner andre lande med VE. Tilsvarende er der modstand mod at etablere effektkorridorer, som kan integrere vindkraften på tværs af Europa.

Gasnettet udfylder en væsentlig rolle til at håndtere grøn gas, særligt i lokale områder. Markedsløsninger understøtter, at naturgas kan leveres til de nationale medlemsstater, men internationale grønnegascertifikater har ikke stor fremgang.

I Danmark arbejdes der på at nå 100 pct. VE, som er baseret på vind, sol og biomasse. Solceller har fået en fremtrædende rolle pga. den lave pris og nem indpasning i omgivelserne. El og gas eksporteres i det omfang, der er overskud og afsætningsmulighed for det, men der bygges fx ikke VE i Danmark for at sikre forsyning i andre områder i Europa.

Forsyningssikkerheden varetages nationalt med backupkapacitet, fx i form af spidslastkraftværker, kraftvarmeværker og gasbackup til varme.



Hvad betyder "Grønne nationer" for den enkelte?

En almindelig borger

Danmark har satset på at være i førerfeltet på den grønne omstilling, og det præger hverdagen for den almindelige borger. Opvarmning udenfor fjernvarmeområder sker typisk med varmepumpe, og nogle husejere med naturgasfyr har tilkøbt en varmepumpeunit, så de i dag har en fleksibel el/gas hybridløsning. Mange familier har elbil, og halvdelen af alle nye biler er fra 2025 elbiler. Delebil ordninger i byerne er populære og baseret på elbiler. De fleste har solceller og det er meget nemt at købe og få finansieret solceller.

El- og gasselskaber

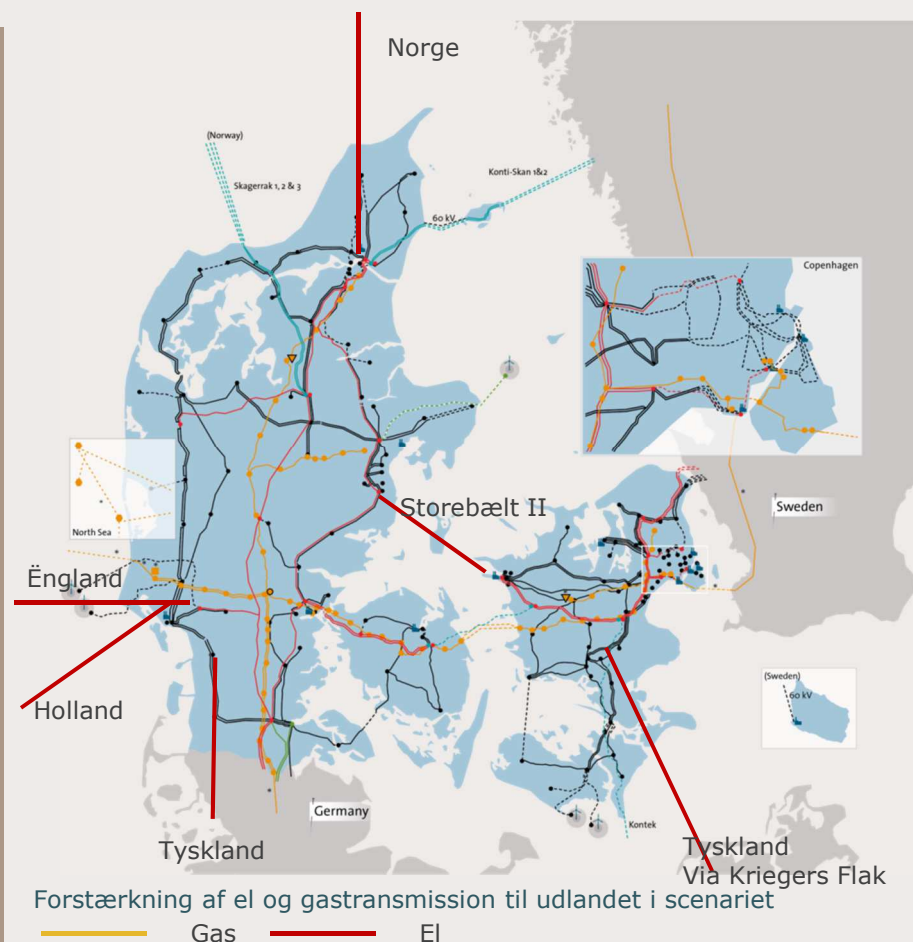
Både på transmission og distribution af el og gas udbygges der med lynladestationer, netforbindelser til brændselsfabrikker, biogasanlæg og tankstationer mv. Der er udviklet Smart Grid-løsninger i både el, gas og varme, og alt elforbrug afregnes på onlinemarkeder for at sikre billig effektbalancering. Forbrugerne tilvælger og betaler selv deres niveau af forsyningsikkerhed.

By med kraftvarmeværk

Mange steder er kraftvarmeværket gået sammen med biogasanlæg og håndterer både affald fra byens husholdninger og erhverv.

Investor i vind, sol og kraftværker

Der er opsat mange vindmøller ude i det åbne land. Det har givet billig energi til Danmark, så der er en generel accept af dette. Der er mange steder ønsker om medejerskab til energiproduktion. Investerings-selskaberne har derfor måttet udvikle produkter, der balancerer mellem andels-ejerskab og finansielle energiselskaber.



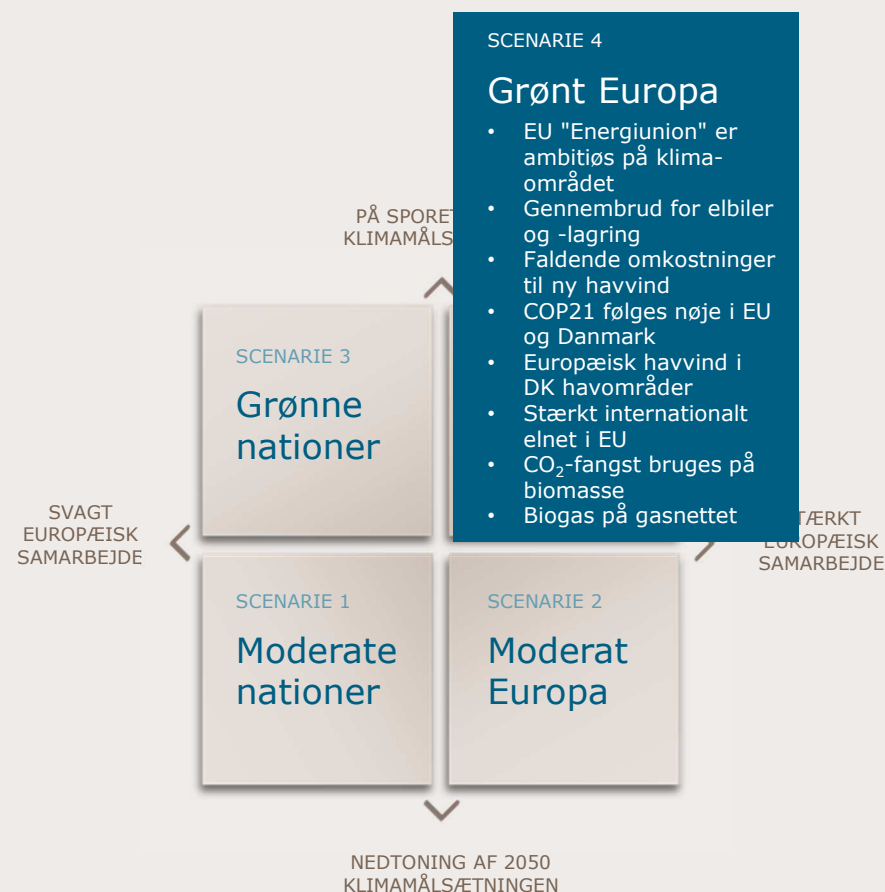
Scenarie 4: Grønt Europa

Markante vejrfænomener, der kan henføres til drivhusgasemissioner, har skabt international enighed om en ambitiøs indsats for det reduktionsmål, der blev aftalt i Paris ved COP21.

Et enigt EU arbejder for en reduktion af drivhusgas på 80-95 pct. frem mod 2050, således at Europa kan vise vejen for en grøn omstilling. Det medfører, at VE-ressourcerne i Europa optimeres med udpræget grad af arbejdsdeling, hvor områder med gode forhold for VE kan eksportere energi. Nordeuropa har særdeles gode forhold for vindkraft, både onshore og offshore. Sammen med et styrket el- og gastransmissionsnet fordeles energien i Europa, og der opnås en energiforsyning med konkurrencedygtig grøn energi. CO₂-fangst (CCS) på biomasse eller til brug for VE-brændstofproduktion (CCR) er under udvikling.

Danmarks målsætning om en produktion af vedvarende energi, som udgør mere end forbruget i energisektoren, overgås af EU's vision om omstilling til VE. Danmark er centrum i en af Europas mest vindkraftdominerede zoner. Samtidig udgør Norden et centralt energilager med vandkraftanlæg. For at håndtere transport af energi indgår også gassystemet til at transportere VE-gas fra Nordsøregionen frem til energilagere og frem til industriregioner i det centrale Europa.

I Danmark forvandles den nationale grønne udvikling til europæisk udvikling i 2020-2030. Effektiv integration af VE-el, biobrændstoffer og varme sikrer en konkurrencedygtig energiforsyning med grøn energi. Forsyningsikkerheden opretholdes gennem europæiske tiltag og forbrugsafkobling, og transmissionsnettene for el og gas udbygges for at håndtere de store mængder VE.



Hvad betyder "Grønt Europa" for den enkelte?

En almindelig borger

EU's energiunion har gjort Europa til globalt førende på grøn energiforsyning, og Danmark er godt med i denne udvikling. For den almindelige borger betyder det, at stort set alle nye løsninger er grønne. De fleste europæiske byer tillader ikke, at man kører i bil med motor-udstødning inde i byerne, så siden 2025 er praktisk taget alt bilsalg enten el- eller plug-in hybridbiler.

El- og gasselskaber

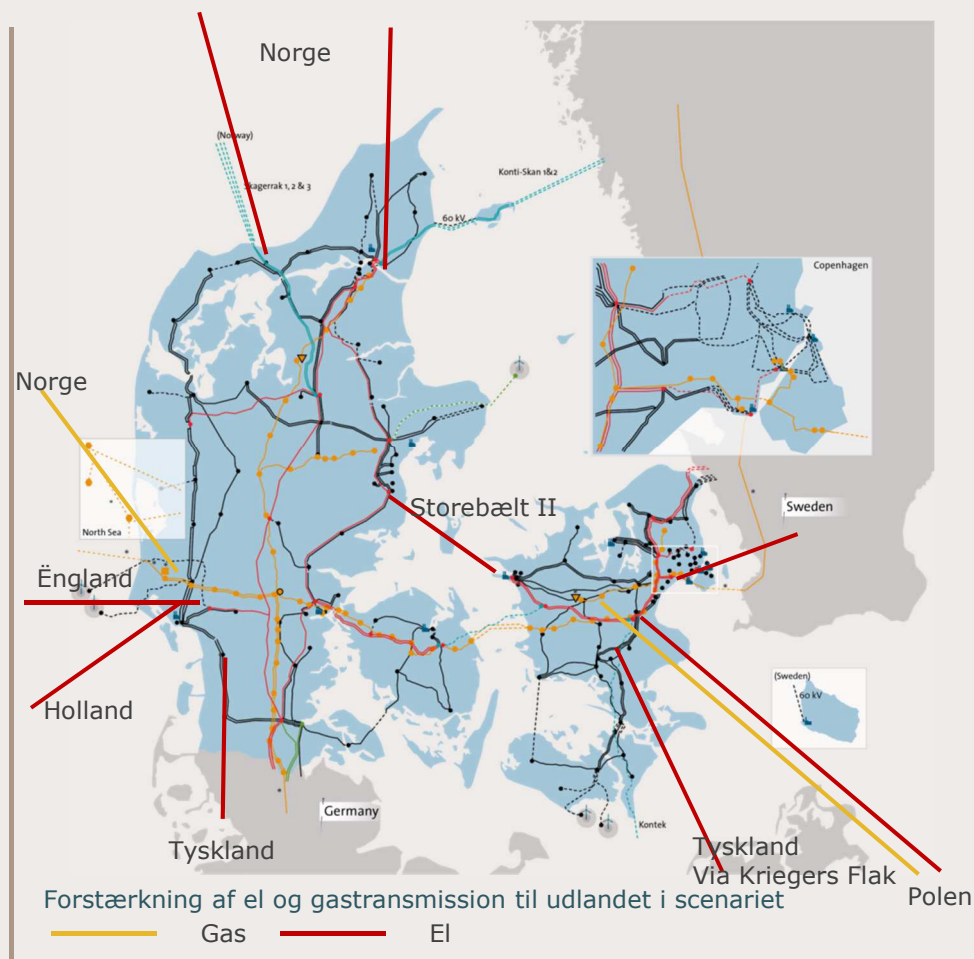
Der er etableret Smart Grid i EU efter en europæisk standardisering, og nettene drives ofte af europæiske selskaber. Udlandsforbindelser, der forbinder på tværs af Europa, styrkes. Udbygning med VE-gasproduktion og elbil lynladestationer overalt har skabt behov for forstærkning på DSO-niveau for både el og gas.

By med kraftvarmeverk

I takt med at EU har ensartet reguleringen henover landene, er der kommet et øget fokus på byen som den enhed, der i hverdagen sørger for produktion af grøn energi, håndtering affald osv. De enkelte kraftvarmeverker er derfor mange steder ombygget til byens "energicentral" og samler de energiaktiviteter, der stadig ligger lokalt.

Investor i vind, sol og kraftværker

Der gennemføres mange store udbud af VE-el på EU niveau. Det gælder både offshore og onshore vind samt , store solcelleparker. EU VE-certifikater og støtteordninger har helt overtaget gamle støtteordninger, og investorer ser Europa som et stort marked med harmoniseret regulering.



Scenarieoversigt

	Scenarie 1 Moderate nationer	Scenarie 2 Moderat Europa	Scenarie 3 Grønne nationer	Scenarie 4 Grønt Europa
DKs bidrag til at opfylde EU's energiambition	Lille (6°)	Mellem (4°)	Stort (2°)	Ambitiøst (1.5°)
Brændsels- og CO ₂ -priser	Fra IEA's Current policies scenarier	Fra IEA's Current policies scenarier	CO ₂ -pris sættes lokalt	Fra IEA's 450 ppm scenarie
Internationalt samarbejde	Trægt. Udpræget nationale løsninger	Tæt politisk samarbejde	Trægt, dog med nordisk samarbejde	Tæt politisk og TSO-samarbejde. Fokus på klima
Udvikling af rammer og marked	Nationalt drevet	Internationalisering. Harmonisering af afgifter og tilskud	Nationalt drevet. Tilpasning af afgifter og tilskud for at anvende indenlandske ressourcer	Ny markedsmodel for energi og effekt. Harmonisering af afgifter og tilskud
Vedvarende energi (VE) og biogas	Minimal VE- og biogasindsats	Nuværende tilskudsordninger udfases	Kraftig udbygning	Kraftig udbygning
Fremherskende balanceringsmekanisme	Udlandsforbindelser som i dag og et mindre fleks. forbrug	Udlandsforbindelser	Fleks. forbrug. Batterier	Udlandsforbindelser + Varmepumper og fjernvarme
Energieffektivisering	Som i dag	Nogen fokus	Højt fokus, elektrificering	Højt fokus, elektrificering
Transport	3 % elbiler. Halvdelen plug-in hybrid	10 % elbiler. 1/3 plug-in hybrid. Naturgas og LNG (flydende naturgas) i tung transport	20 % elbiler. Mulighed for at levere strøm fra elbil til nettet (V2G). Langt flere elbiler og plug-in hybrid. Biogas anvendes i tung transport	35 % elbiler. Langt flere elbiler og plug-in hybrid. Mulighed for at levere strøm fra elbil til nettet (V2G).
Individuel opvarmning	15 % varmepumper Træpiller og Naturgas	24% varmepumper Olie udfases til fordel for VP	57 % varmepumper Olie og naturgas udfases til fordel for VP	57 % varmepumper Olie og naturgas udfases til fordel for varmepumper

Fortsat	Scenarie 1 Moderate nationer	Scenarie 2 Moderat Europa	Scenarie 3 Grønne nationer	Scenarie 4 Grønt Europa
Fjernvarme	3 % varmepumper	4 % varmepumper og elvarme	26 % varmepumper. Solvarme med lagring. Overskudsvarme fra brændstofproduktion	20 % varmepumper. Solvarme med lagring. Overskudsvarme fra brændstofproduktion
Kortidsfleksibilitet i klassisk forbrug	1 %	5 %	5 %	10 %
Smart Grid	Nej	Kun til Varme. Standardiseret i EU.	Ja	Ja
CO ₂ -fangst (CCS)	Nej	Nej	Nej	Ved kraftvarmeværker til produktion af brændsel
EL netudviklingsfokus	Vedligehold TSO & DSO	TSO	TSO og DSO nationale løsninger	TSO og DSO internationale løsninger
El udlandsforbindelser	Vanskeligt at gennemføre nye og planlagte projekter. Polen	Planlagte + Storbælt II og udbygning mod Norge	Planlagte + Storbælt II og udbygning mod Norge	Planlagte + Udbygning til Sverige, Norge og Polen
Gasudlandsforbindelser	Ingen nye	Mellem Nordsøen og Polen via Danmark	Ingen nye	Mellem Nordsøen og Polen via Danmark
Elproduktionsapparat	Lidt kul	Kul, naturgas, a-kraft i Europa, decentral KV reduceres	Kul udfases. Storskala lagring i form af batterier mv.	Kul udfases, naturgas til backup og meget vind og sol. Storskala lagring i form af grøn gas mv.
Teknologisk udvikling			Kraftig udvikling af batterier til biler og lokal lager. Solceller meget billige. Pilotanlæg: Power 2 gas og termisk forgasning til fremstilling af brændsler	Kraftig udvikling af batterier til biler og lokal lager. Fokus på store enheder som havmøller. Power 2 gas og termisk forgasning til fremstilling af brændsler
Biomassens anvendelse?	Opvarning og kraftvarme	Opvarmning, kraftvarme og lidt biofuel	2G brændstof til lokale målsætninger	2G brændstof suppleret med P2G produceres til internationalt marked. Producere varme til byerne

Udvalgte scenarieresultater

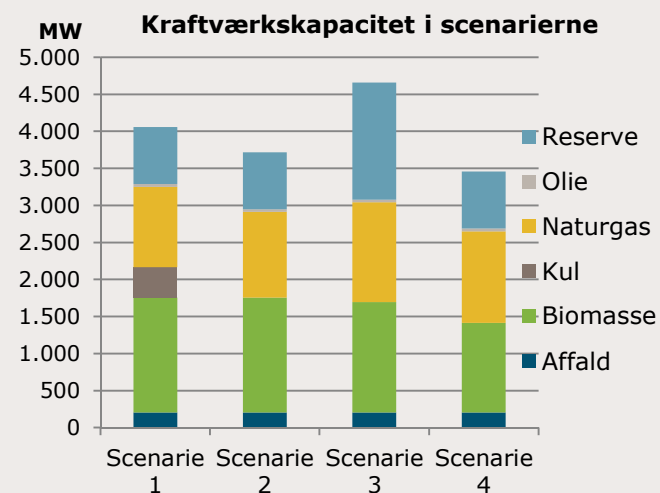
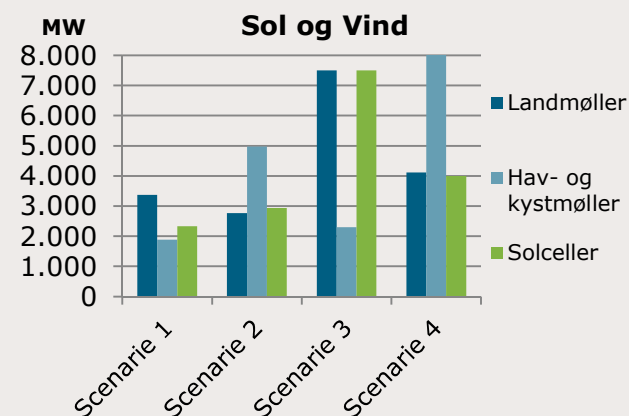
Første resultater fra simulering af scenarierne

Elproduktionskapacitet i scenarierne

Scenarie 2 (Moderat Europa) og scenarie 4 (Grønt Europa) er europæiske scenarier, hvor sol, vind og termiske kraftværker udbygges for at dække et europæisk behov frem for et nationalt behov. Det betyder fx en kraftigere udbygning af VE i de lande i Europa, hvor det kan gøres bedst og billigst for det samlede europæiske energisystem. For Danmark betyder det en kraftig udbygning af havvind i scenarie 4. Behovet for termisk produktion til at dække forbrugsspidserne når vind eller sol mangler, koordineres ligeledes på europæisk plan. Kraftværkskapaciteten er derfor mindre i Danmark i både scenarie 2 og 4. Scenarie 1 og 3 er mere nationale scenarier, hvor udbygning med VE og forsynings-sikkerhed helt er nationale anliggender.

Scenarie 3 (Grønne nationer) og 4 er begge scenarier, hvor vind og sol udbygges for at opnå CO₂-reduktion. I scenarie 3 satses på sol og landvind, som i scenariet begge er relativt billige i forhold til havvind. Scenarie 1 (Moderate nationer) bærer præg af begrænset investering i al ny produktionskapacitet. Eksisterende planlagte projekter inden for havmøller eller ombygning af kraftværker til biomasse gennemføres, men der kommer meget få nye til. Der sker en svag udbygning af solceller, drevet af økonomien ved at producere og anvende strøm før elmåleren.

Flere af de store centrale kraftværker er allerede i dag ombygget eller planlagt ombygget til at anvende biomasse i stedet for kul eller naturgas. Når et værk først er ombygget, vil det sandsynligvis fortsætte drift på biomasse en årrække ind i scenarieperioden. Derfor er biomassekapaciteten nogenlunde ens i alle scenarierne. I scenarie 1 og 2 anvendes naturgas som en kilde til relativt CO₂-lav produktion af varme. I scenarie 3 er en del gasfyrede decentrale anlæg bevaret som en billig kilde til effektreserve. Der anvendes fortsat kul i scenarie 1, og enkelte kulkraftværker er bevaret i scenarie 3 som reserve. Øvrige er enten lukkede eller ombyggede. Det er ikke undersøgt om scenarierne lever op til målsætningen om maks. 20 min. elforsyningsafbrud per år.



El- og gasforbrug i Danmark i scenarierne

Forbrug af naturgas og VE-gas

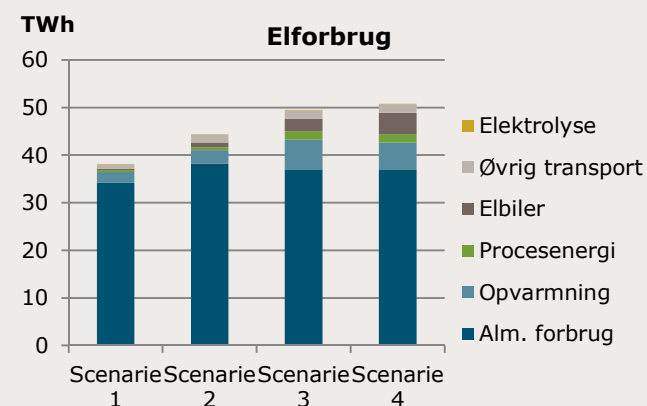
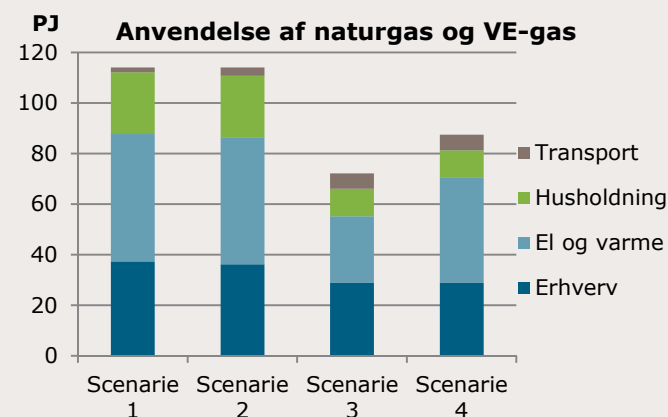
Der anvendes naturgas og VE-gas i alle scenarierne til opvarmning, erhverv og kraftvarme. Desuden anvendes VE-gas og naturgas til bus-, skibs- og lastbilsdrift. Primært naturgas i scenarie 1 og 2 og i højere grad VE-gas i scenarie 3 og 4. Der er i scenariet overskud af VE-gas, som vil kunne anvendes til transport, fremstilling af brændsel eller som erstatning for naturgas.

Gassens rolle bliver i scenarie 3 og 4 noget mindre. Opvarmning i huse og erhverv konverteres til varmepumpe og i mindre grad til biobrændsel. En del anvendelse af procesenergi i erhvervslivet konverteres til el og biobrændsel. Kraftvarmeværker udskiftes ligeledes med varmepumper og biomasseopvarmning. Gassen spiller dog stadig en relevant rolle, da den forventes at kunne fungere som spidslastbrændsel, når elpriserne er høje. Varme fra spidslastenheder på gas bruges til at aflaste elkedler og varmepumper, når elprisen er høj, eller hvis der mangler elproduktion.

Elforbrug

El anvendes i stigende omfang i alle scenarierne og særligt i scenarie 3 og 4, hvor der til tider er meget stor VE-produktion fra sol og vind. Nyt elforbrug består af opvarmning i form af varmepumper og elkedler, el erstatter en del procesenergi i industrien og desuden til transport. Nye datacentre forventes desuden at bruge en betydelig mængde strøm i scenarierne, særligt i de grønne scenarier. I mindre omfang anvendes el også til elektrolyse for at fremstille brint, som indgår i produktion af VE-gas og grønne brændsler.

Fælles for mange nye anvendelser er, at de kan gøres fleksible i forskellige grader. Store varmepumper og elkedler i byen vil fx i perioder helt kunne stoppes og erstattes med varme fra gas, hvis der ikke er tilgængelig energi i elnettet.

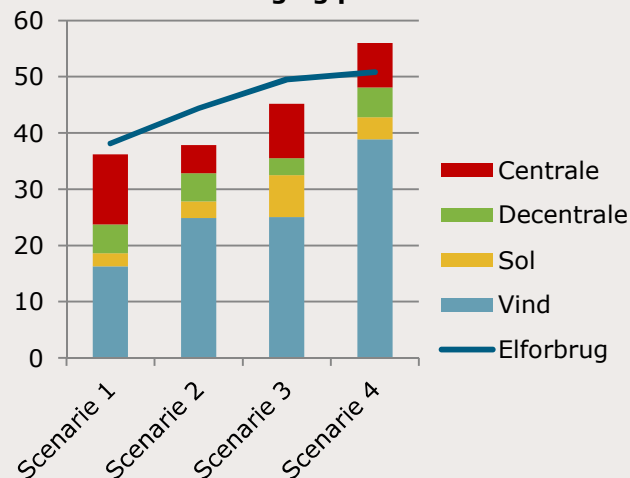


Produktion, forbrug og udveksling af el i scenarierne

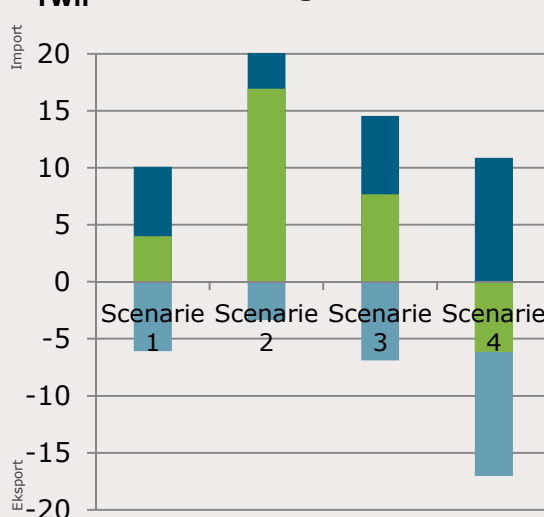
Produktionen på kraftværker samt udvekslingen med nabolande afhænger ikke bare af det, som sker i Danmark, men også af udviklingen i nabolandene samt prisen på brændsel og CO₂. Elpriser i udlandet samt brændselspriserne er i scenarierne defineret ud fra ENTSO-E's modeller for scenarier fra TYNDP16-projektet. Dette er med til at drive en transport af el fra Norden (Norge og Sverige) til Europa syd for Danmark (England, Holland, Tyskland og Polen) og omvendt. I alle scenarierne ses der således store transporter af el gennem Danmark. I scenarie 1 til 3 går el i gennemsnit fra nord mod syd. I scenarie 4 eksporteres der i gennemsnit mere el fra Danmark til Norden, end der importeres, og udvekslingen mod syd er i gennemsnit meget lille.

Udvekslingen skifter fra time til time afhængigt af forbrug, vind, sol samt driften af konventionelle kraftværker og vandkraft i Danmark og i landene omkring os. De nedenstående grafer over den årlige udveksling dækker således over store daglige udsving.

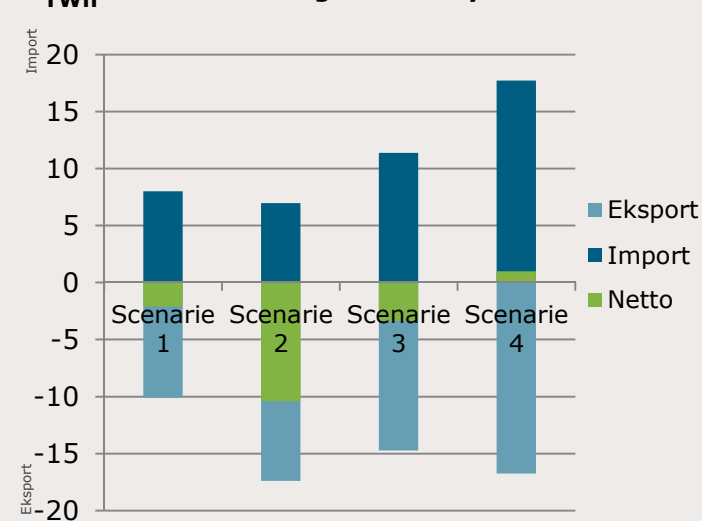
TWh **DK Forbrug og produktion**



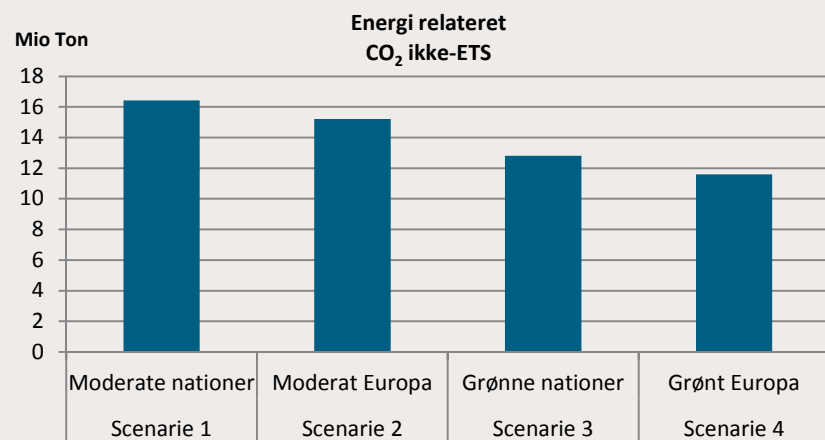
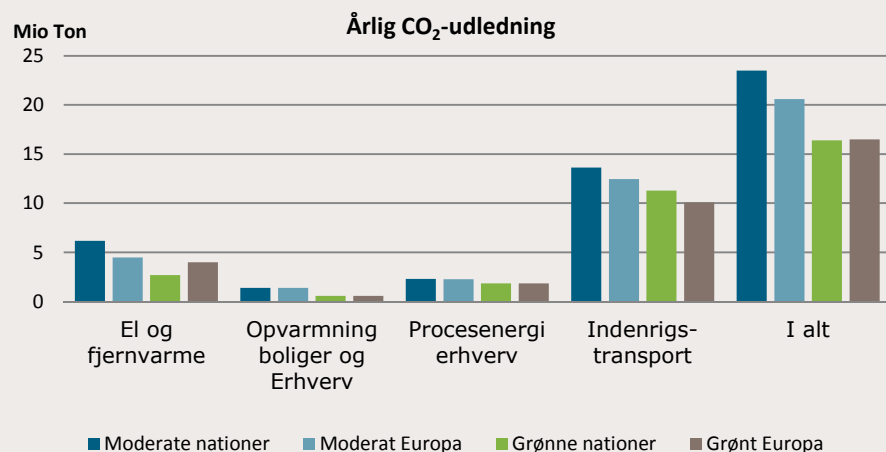
TWh **Udveksling DK mod Norden**



TWh **Udveksling DK mod syd**



CO₂-udledning fra energianvendelse i scenarierne



De fire scenarier beskriver udelukkende den CO₂-udledning der stammer fra energianvendelse inden for kvotehandelssystemet (ETS) og den CO₂-udledning der stammer fra energianvendelse uden for ETS. Udledninger fra landbruget mv. er ikke beskrevet i scenarierne.

Danmark forventes som en del af EU's byrdefordeling at få et CO₂-reduktionsmål for de ikke-kvoteomfattede sektorer (ikke-ETS) på 39 pct. i 2030 set i forhold til 2005. For den energirelaterede del af ikke-ETS CO₂, dvs. uden emissioner fra landbrug mv., er reduktionen for scenariet "Grønt Europa" og for "Grønne nationer" indenfor eller under dette. Der findes dog ikke et specifikt mål for den energibærende ikke-ETS udledning.

CO₂-udledning fra landbruget og andre sektorer uden energiforbrug er ikke beskrevet i scenarierne. Derfor kan man ikke fra scenarierne udlede, om Danmark samlet set opfylder sin forpligtigelse eller ej. En lavere emission inden for den energirelaterede emission kan blive opvejet af en højere emission fra den ikke-energi-relaterede sektor og omvendt.

Med en samlet energirelateret CO₂-udledning på ca. 16 mio. ton CO₂ i 2030 i de to grønne scenarier er Danmark på sporet med et langsigtet mål om fossil uafhængighed i energiforsyningen. Transportsektoren er dog stadig relativt CO₂-tung.

Game changers

Begivenheder, som kan skabe helt nye scenarier og udfaldsrum

Analyse af game changers

De fire scenarier udspejler et udfaldsrum for energisystemet frem mod 2030. De enkelte scenarier er tilstræbt opbygget som "helstøbte" beskrivelser. Omgivelsesbetingelser udvikler sig imidlertid løbende. Udviklingen i de omgivende betingelser i form af politiske rammer, teknologi, brændselspriser, forbrugerpræferencer osv. sker ofte i "stød". Disse typer af ydre "stød" kan i nogle tilfælde ændre radikalt på både retning af udvikling og driften af systemet, og de betegnes derfor "game changers".

En game changer kan bringe hele systemet over i retning af et andet scenarie. Eksempelvis vil en stor miljøkatastrofe kunne øge fokus på grønne løsninger. Eller internationale kriser kan reducere tiltro til internationalt samarbejde og øge det nationale fokus. Der er ud fra en såkaldt "PESTEL" analyse identificeret en række potentielle game changere, som vurderes i særlig grad at kunne påvirke systemet. De generelle udviklingstendenser, som ligger til grund for analysen, fremgår af figuren til højre. De enkelte emner er uddybet på de følgende sider.

Listen er ikke udtømmende, men giver et bud på nogle væsentlige opmærksomhedspunkter, som kan indgå i forbindelse med anvendelse af scenarierne. Eksempelvis ved supplerende analyser af robusthed af forskellige strategiske tiltag i energisystemet.

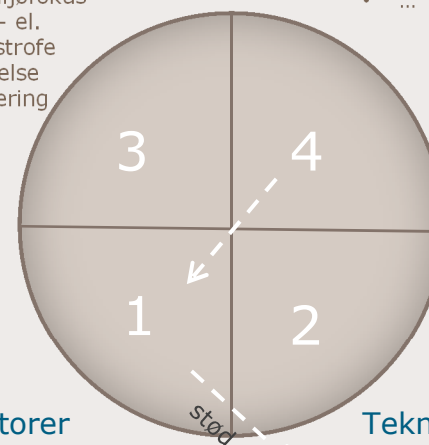
I det følgende afsnit er udvalgt en række game changers, som hver især kan betyde store omvæltninger for energisystemet.

Politiske faktorer (P)

- Regeringsgrundlag og rammer
- Politisk stabilitet/ustabilitet
- Ændret miljøfokus pga. miljø- el. naturkatastrofe
- Beskæftigelse
- Miljøregulering
- ...

Økonomiske faktorer (E)

- Økonomisk vækst
- Tiltag mod arbejdsløshed
- Inflation, diskontering
- Forbrugertillid
- ...



Sociale faktorer (S)

- Indkomstfordeling
- Demografiske ændringer
- Livstilsændringer
- ...

Teknologiske faktorer (TEL)

- Ny innovation og udvikling
- Hurtig teknologioverførsel fra andet område
- Levetid og drift
- ...

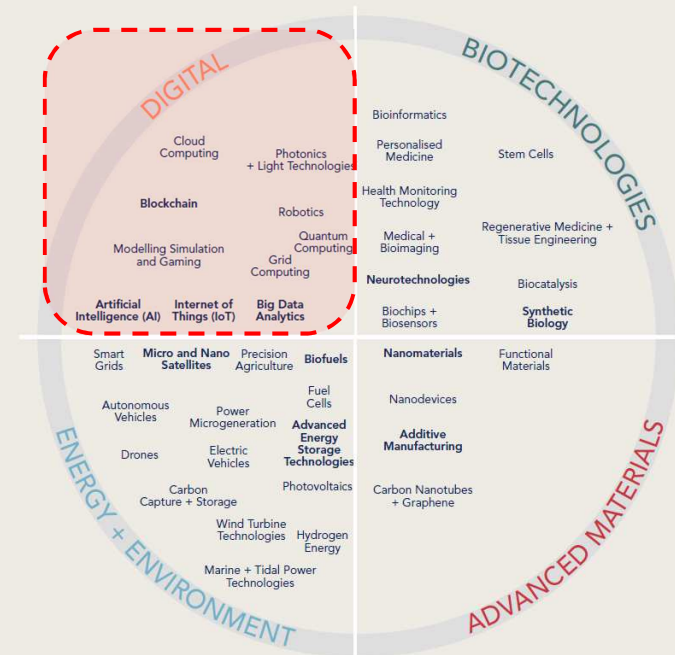
Game changer: Digital udvikling skaber helt nye markedsløsninger

Den digitale udvikling muliggør nye former for forretninger og handel, som kan skabe store ændringer på energiområdet og ændrer rollerne i elmarkedet. Mikrohandel med el muliggør, at alle forbrugere - og selv små enheder - kan være sin egen balanceansvarlig og dermed undgå at skulle købe el via en mellemandler. Teknologien muliggør, at mindre enheder (varmepumper, elbiler, solceller, køleskabe osv.) handler direkte via web-services. Elbilen kunne købe overskydende strøm fra naboens solceller, en vindmølle eller via day-ahead og intraday- markedet. Balanceafregning kan ske direkte på et realtidsmarked, og betaling sker udelukkende digitalt med digitale valutaprodukter som fx Bitcoin.

Det er en række generelle digitale udviklingstrends fra andre sektorer, der kan føre til denne udvikling. Prisfald på energimåling, sikker datakommunikation, datalagring i cloud og digital finansiell transaktion medfører muliggørelse af nye markedsløsninger med direkte mikrohandel. Eksempelvis kan det muliggøre udnyttelse af lokal overskud af VE-energi i distributionsnettet. Apparater kan sælges inklusive levering af grøn energi.

Løsningerne medfører, at transaktionsomkostninger for energihandel, måling og energi-afregning reduceres meget markant. Det medfører videre, at både store og små elforbrugende enheder kan agere fleksibelt og meget dynamisk i markedet, og håndtering af lokale flaskehalse i elnettet kan håndteres markedsbæst med "nodal pricing-lignende" principper. For elsystemet samlet set en fordel, men for TSO'en kan det blive vanskeligt at få overblik over produktion, forbrug og handel med el på de lavere spændingsniveauer.

For elhandlere og balanceansvarlige medfører det, at meget aktivitet med handel og balancering går direkte mellem slutkunde og elbørs. Elhandlere må derfor ændre markant på deres markedsprodukter for fortsat at have en rolle i forhold til kunder, som får mulighed for at handle direkte på børsen og er deres egne balanceansvarlige. Handel med el bliver en service på linje med at finde et tilbud på en feriebolig eller en taxa.



Kilde til figur: An OECD Horizon scan of megatrends and technology trends in the context of future research strategy, 2016

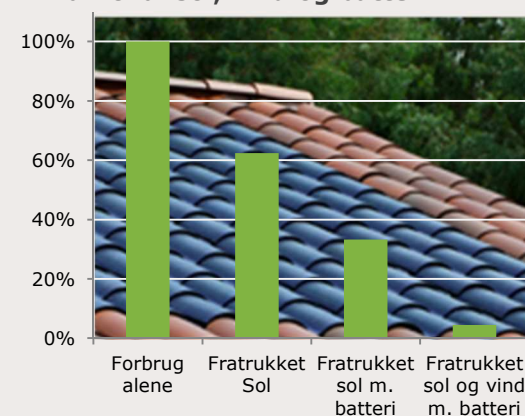
Game changer: Massiv "off-grid" bølge med lokale løsninger

Privat el- og varmeproduktion kan i stort omfang flytte fra kollektiv forsyning til egenforsyning på lokalt niveau. Udviklingen ses i første omgang ved, at elforbrugere investerer i solceller og siden batteriteknologi og evt. vind eller mikrokraftvarme. Udnyttes sol, batteri og en lokal vindmølle, er det praktisk muligt helt at koble sig af forsyningsnettet. Overskydende el, som ikke kan håndteres i batteriet, kan bruges til opladning af elbil eller til varme og varmt vand. Spørgsmålet er, om forbrugerne kobler sig de facto af elnettet, ved fortsat at være tilsluttet og kun benytter det meget lidt eller helt kobler sig af nettet for at undgå betaling af afgifter og udgifter til nettet.

Udviklingen drives af faldende omkostninger på især solceller og batteriteknologi samt afgifter og tariffer på energi fra det offentlige forsyningsnet. Udviklingen bliver forstærket af skepsis omkring fremtidig forsyningssikkerhed og klimamål samt ønske om sikker og billig forsyning af både varme og el. Forbrugerne frygter en markedsudvikling med høje priser og systemernes fordringer om forbrugerfleksibilitet i spidslastsituationer og kan derfor vælge at etablere egne løsninger.

Off-grid bølgen har lidt forskellige konsekvenser. Målt på årligt elforbrug vil op mod en tredjedel af elforbruget kunne forsvinde fra elnettet. Dette vil i første omgang få konsekvens for betalingen for nettet, som i dag finansieres via tariffer for brugen af el. For at kompensere for nedgangen i tarifindtægter vil tarifferne skulle øges, hvilket kan forstærke tendensen til at gå off-grid. Hvis forbrugerne reelt kobler sig af elnettet, betyder det, at nettet får mere overkapacitet og mindre behov for at blive udbygget. Nettilsluttet VE-produktion kan desuden hurtigt komme til at udgøre 100 pct. af forbruget, når forbruget falder. Hvis forbrugerne bliver på elnettet, er risikoen, at forbruget vender fuldt tilbage på særligt udfordrende dage (fx under en storm). Elsystemet vil skulle klare det fulde forbrug fra før, men er måske blevet tilpasset en situation med et lavere elforbrug.

Reduktion behov for nettet som følge af lokal sol, vind og batteri



Game changer: Prischok på biomasse?

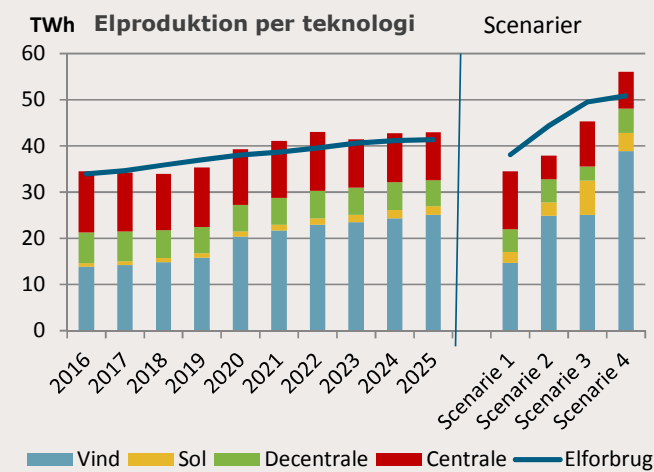
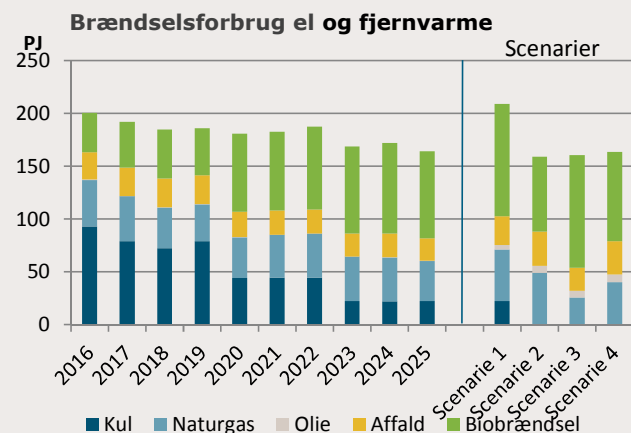
Biomasse forventes at udgøre over 50 pct. af brændslet til el og varme i 2025, og denne tendens afspejles i alle scenarierne. En så stor andel af ét brændsel giver anledning til spørgsmålet: Hvad vil der ske, hvis biomasse bliver utilgængeligt eller meget dyrt? Vil det få stor betydning for energisystemet eller emissionerne?

Der er flere udviklinger, som kan gøre biomassen utilgængelig eller uinteressant til anvendelse pga. høje omkostninger:

- Strengere krav til certificering og bæredygtighedskrav af biomasse
- Konkurrence fra andre lande eller sektorer med højere betalingsvillighed kan medføre kraftige prisstigninger
- For lokal biomasse: Fald af produktion af biomasse som følge af skift i afgrøder
- Biomasseforsyningen bliver utilgængelig pga. uroligheder eller naturkatastrofer
- Hvis biomasse ikke længere bliver anerkendt som CO₂-neutralt, men tillægges en ILUC-faktor.

Overordnet set kan energisystemet godt klare sig uden biomassen, men det vil få betydelige økonomiske omkostninger for især varmeselskaber og ejere af kraftværker og give anledning til øgede emissioner:

- For varmekunden vil det sandsynligvis betyde en væsentlig forhøjelse i varmeprisen
- For ejeren af kraftvarmeværket kan det betyde ekstra omkostninger til alternative brændsler, varmekilder samt øgede udgifter til afgifter
- For miljøet kan alternative brændsler eller varmekilder være kul, olie eller gas, som medfører højere emissioner og kan betyde, at emissionsmål ikke nås
- For Energinet.dk kan det betyde, at elproduktionsanlæg, som er baseret på biomasse uden mulighed for andet brændsel, bliver utilgængelige. Størrelsesmæssigt udgør denne type kun ca. 120 MW, og biomasse står for en mindre del af den samlede elproduktion.



Game changer: Zero marginal cost

Teknologisk udvikling betyder, at energi og energiforsyning i højere grad bliver et spørgsmål om den rette teknologi fremfor et spørgsmål om ressourcer. Både forsyningsvirksomhed og produktion af energi vil være karakteriseret ved meget store investeringsomkostninger og marginale produktionsomkostninger gående mod nul. Eksempler på dette er vindmøller, solceller, vandboringer og vejvæsen.

En markedsbestemt pris vil således i overvejende grad skulle dække investeringsomkostningerne til produktion, hvilket rejser et problem om prispolitikken efter afskrivningsperioden og brugen af markedsprisen, som signalgiver til markedernes aktører. Indtil for ca. 10 år siden planlagde og produceredes næsten alt el på landets kraftvarmeværker. I dag fremstilles mere end 40 pct. af vores forbrug via vind og solceller. I en ikke så fjern fremtid vil 100 pct. af vores elforbrug blive produceret med marginalomkostninger gående mod nul, hvilket bliver en udfordring for signalgivningen i markedet. Prisen på markedet vil blive sat af prisen for ikke at bruge el. Konsekvensen kan blive, at de eksisterende modeller for elhandel fejler.

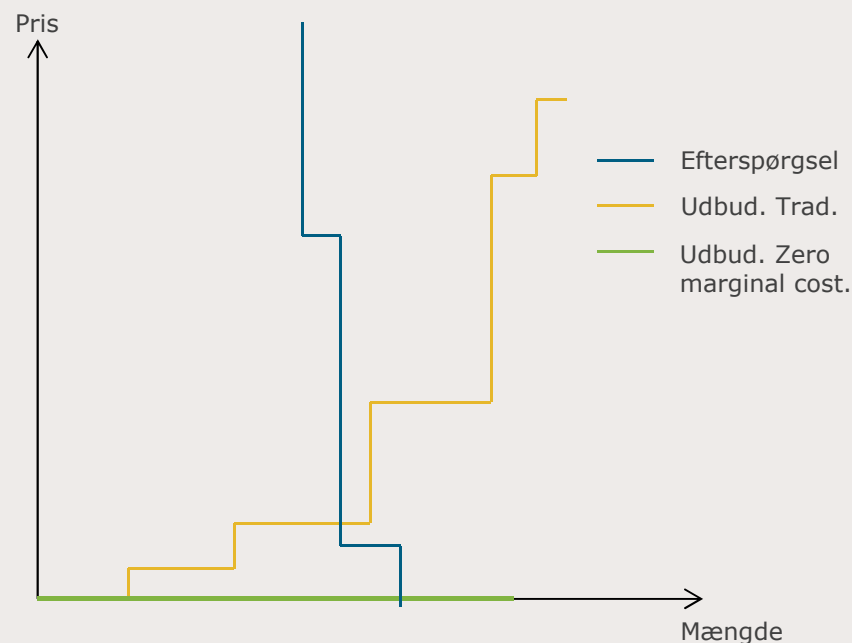
En både privat- og samfundsøkonomisk marginalpris gående mod nul vil kunne erstattes af nye markeds- eller forretningsmodeller. Fx vil en model, hvor el ikke sælges pr. kWh, men sælges bundlet med andre karakteristika ved oprindelse eller forsyningssikkerhed, ikke være et urealistisk bud. Gradvist i forbindelse med større andel af produktion uden omkostning kan nye forretningsmodeller opstå parallelt med de eksisterende elmarkeder for at sikre afsætning af strøm til så høj en pris som muligt.

Fastpris BASIS	Fastpris GRØN	Fastpris GIGA
Ubegrænset forbrug 3 kW forsyningssikker*	Ubegrænset forbrug 3 kW forsyningssikker*	Ubegrænset forbrug 9 kW forsyningssikker*
El fra VE. Fossil backup.	El alene fra sol, vind og batteri.	El fra VE. Fossil backup.
699 KR/MD.	799 KR/MD.	1.499 KR/MD.

* I perioder med begrænset udbud af el begrænses forbruget til 3kW

 NonameEL.com

Fiktiv reklame for fremtidigt elprodukt?



Baggrundsmateriale

Baggrundsmateriale til scenarierne i Excel format indeholder følgende:

Elforbrug

Elforbrug, herunder alm. elforbrug, varmepumper og elvarme, elbiler, datacentre og elektrolyse til fremstilling af grøn gas

El- og kraftvarmeproduktion

Oversigt over elproduktionskapacitet fra sol, vind og kraftværker

Udlandsforbindelser

Overføringskapacitet fra Danmark til udlandet og mellem Øst- og Vestdanmark

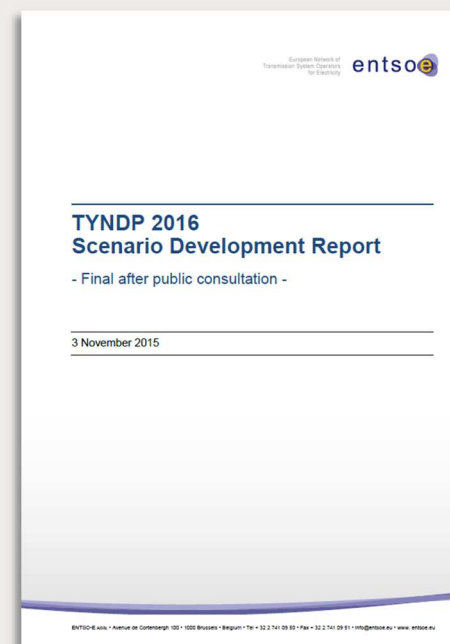
Gas og brændsler

Gasforbrug, produktion af grøn gas, fremstilling af brændsler

Fjernvarme

Elpatroner, solvarme, geotermi og varmepumper i fjernvarmesektoren.

<http://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/Klimaogmiljo/15-08958-152%20Energiscenarier%20Baggrundsmateriale%2004.10.2016.XLSX>



ENTSO-E's scenarier for 2030 som er anvendt som ramme for scenarierne og som beskriver udlandet.

Link:

<https://www.entsoe.eu/Documents/TYNDP%20documents/TYNDP%202016/rqips/TYNDP2016%20Scenario%20Development%20Report%20-%20Final.pdf>



Tonne Kjærvej 65
7000 Fredericia
Tlf. 70 10 22 44

E-mail: info@energinet.dk
www.energinet.dk

Om Energinet.dk's analyser

Energinet.dk har ansvaret for forsyningssikkerheden for el og gas, både i nuet og i fremtiden, hvor meget mere vedvarende energi skal ind i ikke bare el- og gassektoren, men i hele energisystemet. Energisystemet står derfor overfor store forandringer og der er behov for meget mere sammentænkning i energisektoren.

Energinet.dk tager ansvar for en samfundsøkonomisk effektiv omstilling. For at skabe fundamentet for den bedst mulige omstilling, belyse udfaldsrum og sikre værdien af de store investeringer, der skal foretages, analyserer Energinet.dk løbende udviklingen af både energisektoren som helhed og enkelte dele af energisystemet.

Energinet.dk anvender som udgangspunkt på alle analyser altid samme fundament, der opdateres årligt. Fundamentet består blandt andet af forudsætninger om priser, teknologidata samt beregningsmodeller.

www.energinet.dk/energianalyser

