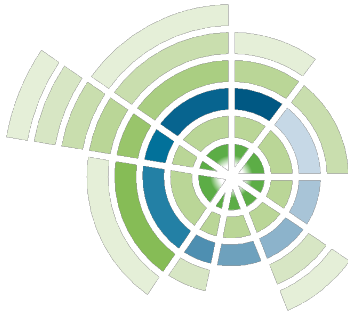




Elbaseret fjernvarme

Konsekvenser for et 100 %
elbaseret fjernvarmeværk



Grøn Energi er fjernvarmens tænketank. Vi omsætter innovation og analyser til konkret handling til gavn for den grønne omstilling, vækst og beskæftigelse i fjernvarmebranchen. Grøn Energi bygger på et dynamisk fællesskab mellem Dansk Fjernvarme, de toneangivende danske eksportvirksomheder, rådgivere, interesseorganisationer samt universiteter.

Dato: 19. marts 2021

Udarbejdet af: Alexander Boye Boes

Kontrolleret af: Christian Holmstedt Hansen, Hanne Kortegaard Støchkel og Nina Detlefsen.

Beskrivelse: Denne analyse undersøger konsekvenserne for et fjernvarmeværk, hvis omstillingen væk fra fossile brændsler baseres udelukkende på elbaseret varmeproduktion.

Grøn Energi udgiver løbende rapporter og analyser. Konklusioner, anbefalinger og evt. synspunkter i det udgivne materiale er ikke afstemt med Grøn Energis medlemmer og er derfor ikke nødvendigvis udtryk for holdningerne hos Grøn Energi's medlemmers.

Grøn Energis medlemmer:



Opsummering

Analysens resultater kan opsummeres til følgende:

100 % elbaseret fjernvarme: Fjernvarme kan leveres af et fjernvarmeværk, hvor varmeproduktionen er baseret udelukkende på el som brændsel. Herved kan fossil varmeproduktion fra blandt andet naturgas erstattes med grøn varme. Det 100 % elbaserede fjernvarmeværk i analysen har 2-7 % højere varmepris, afhængigt af fremtidige elpriser, sammenlignet med et alsidigt fjernvarmeværk, hvor der også anvendes biomasse.

Risikolementer: Beregningerne i analysen tager ikke højde for visse betydelige risikolementer, der er forbundet med investering i 100 % elbaseret fjernvarme. Alsidighed i varmeproduktionen giver flere muligheder for fjernvarmeværket og skaber bedre systemintegration der sikrer en robust grøn omstilling. Et 100 % elbaseret fjernvarmeværk vil have større omkostninger til el-tilslutning, der er forbundet med stor usikkerhed. Herudover fjernes muligheden for fleksibilitet gennem afbrydelighed.

Fleksibilitet: Varmelageret yder en betydelig fleksibilitet for fjernvarmeværket i analysen. Et 100 % elbaseret fjernvarmeværk er tvunget til at udnytte denne fleksibilitet mere end et alsidigt fjernvarmeværk, for at undgå høje elpriser. En elvarmepumpen muliggør opladning af varmelageret i timer, hvor elprisen er lav og afladning af lageret i timer med høje elpriser.

Diversitet i varmeproduktionen: Diversitet er en væsentlig faktor i den grønne omstilling. Gennem diversitet kan fordele og ulemper ved forskellige grønne varmeproducerende enheder udligne hinanden. Brændselsdiversitet ved kombinationen af en biomasse og en el kan afværge situationer med meget høje elpriser og samtidig aflaste elnettet. Mange parametre er i spil og selv mindre udsving kan gøre en ellers god investering til en dårligt investering - og omvendt. Risikoafdækning gennem alsidighed kan være en afgørende faktor for at sikre stabile og lave varmepriser når fjernvarmeselskaberne skal investere i den grønne omstilling.

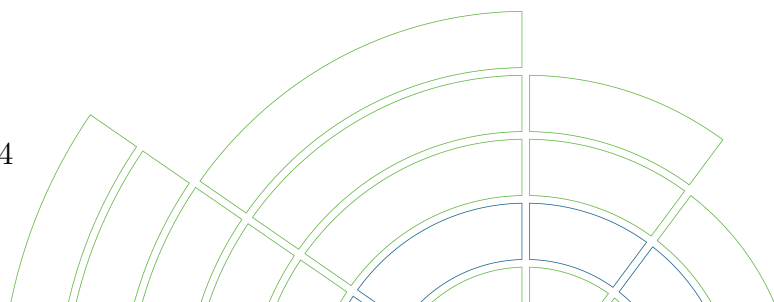
Indledning

Denne analyse undersøger konsekvenserne for et mindre decentralt fjernvarmeselskab, hvis omstillingen til grøn og fossilfri varme baseres udelukkende på el. Med en stærkt reduceret elvarmeafgift der er gældende fra i år, er der store forventninger til, at fjernvarmens omstilling baseres på el, fx gennem elvarmepumper og elkedler. Det er i sig selv ikke problematisk, da investering i elvarmepumper skaber en omkostningseffektiv grøn omstilling. Der kan dog opstå problemer, hvis fjernvarmeværkerne mister diversitet og satser udelukkende på el som brændsel.

Udgangspunktet, er et naturgasfyret fjernvarmeværk, der har afholdt investering i en elvarmepumpe baseret på udeluft. Denne varmepumpe dækker 68 % af varmeproduktionen. For at komme i mål med omstillingen væk fra fossilt naturgas mangler fjernvarmeværket at investere yderligere i ny grøn varmeproduktionskapacitet. Denne analyse undersøger to forskellige veje mod grøn omstilling for et fjernvarmeværk:

- 1) Et alsidigt fjernvarmeværk med elvarmepumpe, fliskedel, bionaturgas og et varmelager.
- 2) Et 100 % elbaseret fjernvarmeværk med elvarmepumpe elkedel og et varmelager.

Det alsidige fjernvarmeværk investerer i en fliskedel mens det elbaserede fjernvarmeværk investerer i en ekstra elvarmepumpe og en elkedel. Analysen undersøger hvilken investering der giver den laveste varmepris for forbrugeren samt fordele og ulemper ved 100 % elbaseret fjernvarme.



Fjernvarmeværket

Fjernvarmeselskabet har ca. 2600 forbrugere og repræsenterer typisk decentral fjernvarme. Varmeprisen beregnes ved årlige driftsberegninger i EnergyPRO over en 20-årig periode. Her medtages altså den forventede udvikling i el- og brændselspriser baseret på [Energinet \(2020\)](#) og [Energistyrelsen \(2020a\)](#). Herudover medregnes investeringsomkostninger til varmeproducerende enheder for de to omstillingsscenarier ([Grøn Energi, 2020a](#); [Energistyrelsen, 2020b](#)). Investeringsomkostningerne for elvarmepumpen og fliskedlen er henholdsvis 8,0 mio.kr./MW_{varme} og 6,0 mio.kr./MW_{varme}. Beregningsmetoden og øvrige forudsætninger er hentet fra [Grøn Energi \(2020b\)](#).

Tabel 1 viser el- og varmekapaciteter for de varmeproducerende enheder for referencen, det alsidige værk og det 100 % elbaserede værk. For det alsidige værk er der regnet på flere kombinationsmuligheder for elvarmepumpen og fliskedlen. Den laveste varmepris fås ved at investere i yderligere 1,0 MW_{el} elvarmepumpe og en fliskedel med en varmekapacitet på 3,24 MW. For det 100 % elbaserede fjernvarmeværk investeres der i 1,5 MW_{el} ny varmepumpekapacitet, hvilket bringer den samlede varmepumpekapacitet op på 3,0 MW_{el} og der kan derved ydes 8,2 MW ved en udetemperatur på 0 °C. Hertil investeres i en 5 MW elkedel, som kan levere spids- og reservelast.

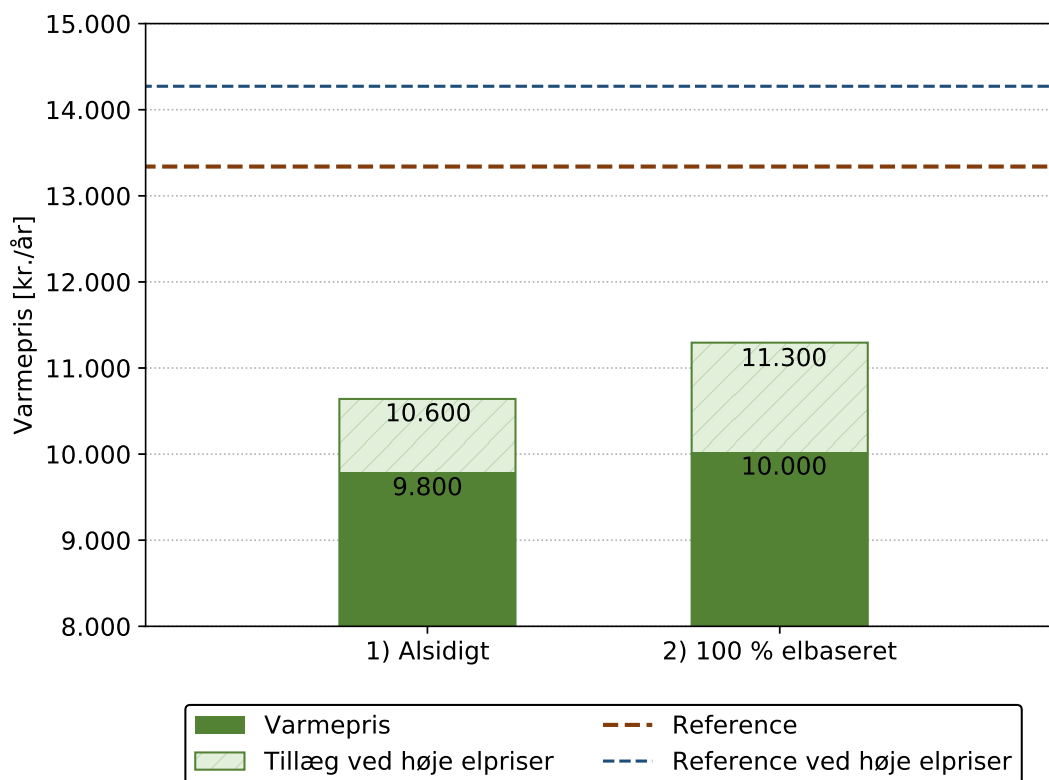
	Naturgaskedel [MW _{varme}]	Varmepumpe [MW _{el} / MW _{varme}]	Fliskedel [MW _{varme}]	Elkedel [MW _{el}]
Reference	18,6	1,5 / 4,1	0	0
Alsidigt værk	18,6*	2,5 / 6,8	3,24	0
100 % elbaseret værk	0	3,0 / 8,2	0	5

Tabel 1: El- og varmekapaciteter for referencen, det alsidige værk og det 100 % elbaserede værk. Varmekapaciteten for varmepumpen er beregnet ved 0 °C. *Naturgaskedlen anvender bionaturgas for det alsidige værk.

Der regnes for det alsidige fjernvarmeværk og det 100 % elbaserede fjernvarmeværk også en følsomhedsanalyse, hvor timepriserne for el forøges med en faktor på 1,5. Denne følsomhedsanalyse kaldes “høje elpriser”.

To veje mod grøn omstilling

Figur 1 viser varmeprisen for en forbruger for det alsidige fjernvarmeværk, hvor der investeres i en biomassekedel, og det 100 % elbaserede fjernvarmeværk, hvor der investeres i en elvarmepumpe og en elkedel. Det ses, at begge veje væk fra naturgassen resulterer i betydeligt lavere varmepriser - der er en lille forskel på 200 kr./år mellem de to omstillingsmuligheder, svarende til 2 %.



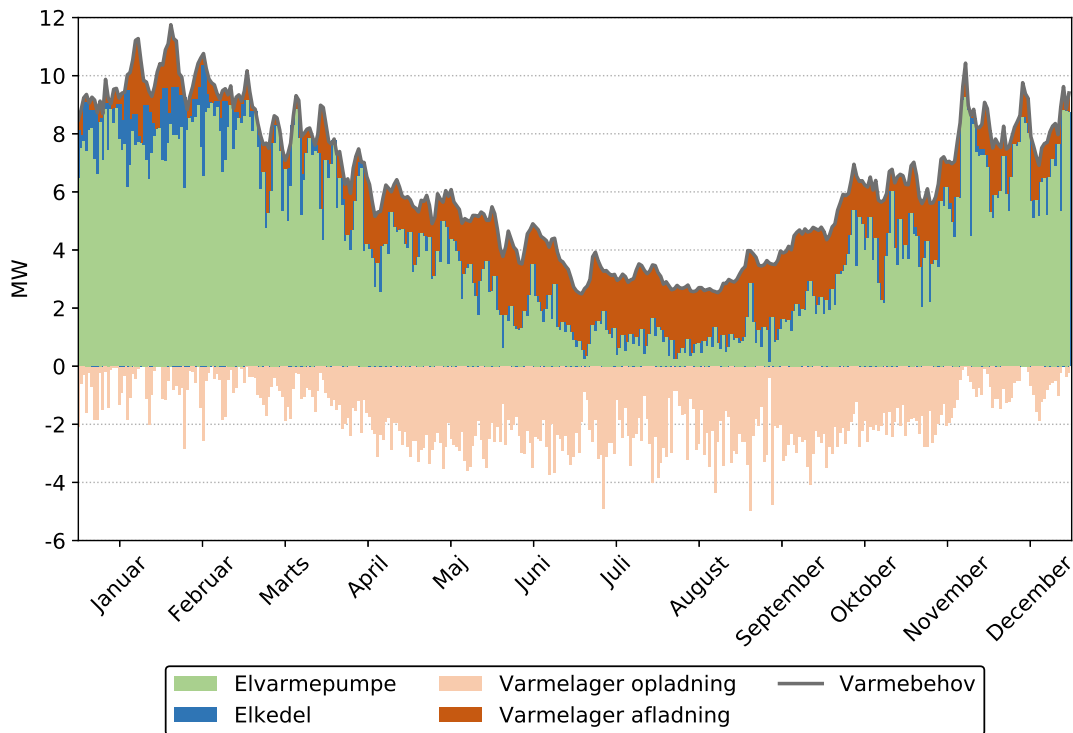
Figur 1: Varmepriser for to veje mod grøn omstilling: 1) et alsidigt fjernvarmeværk med elvarmepumpe, biomassekedel og bionaturgas og 2) et 100 % elbaseret fjernvarmeværk med elvarmepumpe og elkedel. For varmepriser med høje elpriser forudsættes, at elpriserne er øget med 50 %.

Det 100 % elbaserede fjernvarmeværk påvirkes i høj grad af elpriserne, da der ikke er nogle varmeproduktionsenheder med alternative brændsler til el. For høje elpriser stiger varmeprisen med 1300 kr./år for det elbaserede fjernvarmeværk, mens den stiger med 800 kr./år for det alsidige fjernvarmeværk. Varmeprisforskellen mellem de to er nu 7 %.

Hvor elvarmepumpen i referencen producerer 68 % af varmen, produceres der i de to omstillingsmuligheder betydeligt mere varme baseret på el. Det alsidige fjernvarmeværk producerer 82 % af varmen med el som brændsel mens det elbaserede fjernvarmeværk naturligvis producerer udelukkende på el. For sidstnævnte kommer 3 % af varmeproduktionen fra elkedlen, som primært leverer spidslast. Ved høje elpriser vil varmeproduktionen fra fliskedlen på det alsidige fjernvarmeværk stige fra 18 % til 32 % - altså tæt på en fordobling. Det er blandt andet denne diversitet, der begrænser prisstigningen for forbrugeren sammenlignet med det 100 % elbaserede fjernvarmeværk.

Figur 2 viser varmeproduktionen for det 100 % elbaserede fjernvarmeværk for 2021. Figuren viser endvidere op- og afladning af fjernvarmeværkets varmelager. Elvarmepumpen, der kan yde $8,2 \text{ MW}_{\text{varme}}$ ved 0°C , suppleres specielt i vintermånederne af elkedlen. Herudover dækkes spidslasten af varmelageret, der oplades når elprisen er relativt lav. Elvarmepumpen, der er baseret på udeluft, har højere effektivitet i sommerhalvåret samtidig med, at varmebehovet lavt. Det giver større mulighed for at udnytte varmelageret og tilføje ekstra fleksibilitet til varmeproduktionen. Dette ses på figuren, hvor størstedelen af varmeproduktionen i sommermånederne kommer fra varmepumpen via varmelageret.

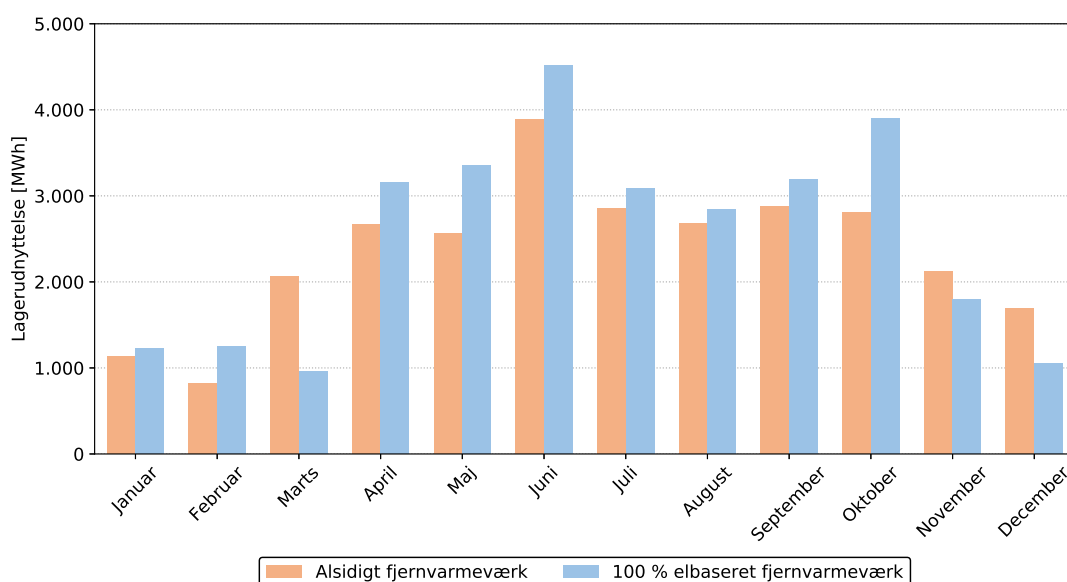
I beregningsforudsætningerne er den gennemsnitlige elpris i 2021 321 kr./MWh. For timer med opladning af lageret er den gennemsnitlige elpris 293 kr./MWh, hvilket er 9 % lavere end gennemsnittet for hele året. Omvendt er den gennemsnitlige elpris i timer med afladning af lageret 354 kr./MWh, hvilket er 10 % højere. Elvarmepumpen muliggør altså opladning af varmelageret i timer med lave elpriser og afladning i timer med høje elpriser.



Figur 2: Varmeproduktion for det 100 % elbaserede fjernvarmeværk for 2021. Varmeproduktionen er omregnet til et gennemsnit for et døgn, hvorved de enkelte timer med fx stort varmebehov eller stor varmeproduktion fra elvarmepumpen ikke kan ses. Opladning af lageret med varmeproduktion fra elvarmepumpen er på figuren angivet med negativ kapacitet.

Elkedlen på det 100 % elbaserede fjernvarmeværk har blot 320 fuldlasttimer. Dette er betydeligt under normalen for denne type anlæg og skyldes, at der i beregningerne ikke medregnes fleksibilitetsydelse gennem blandt andet regulerkraftmarkedet og specialregulering. Elkedlen vil have betydeligt flere driftstimer på et rigtigt fjernvarmeværk, hvilket erstatter varmeproduktion på elvarmepumpen. Det har ikke været muligt at inkludere dette i beregningerne.

Varmeakkumuleringstanken yder en betydelig fleksibilitet for fjernvarmeværket. Figur 3 viser lagerudnyttelsen for henholdsvis det alsidige fjernvarmeværk og det 100 % elbaserede fjernvarmeværk. Lagerudnyttelsen dækker over både opladning og afladning af lageret, og indikerer altså hvor meget lageret anvendes. Når lageret er fyldt indeholder det 6600 m³ vand. Det ses, at lageret bruges meget uanset hvilken investering der foretages. Specielt i sommerhalvåret er der stor lagerudnyttelse, hvor det lave varmebehov giver mulighed for at øge fleksibiliteten. Den 100 % elbaserede fjernvarmeværk udnytter lageret knap 8 % mere end det alsidige værk henover hele året. En fordobling af lagerstørrelsen, vil ikke være økonomisk rentabelt for fjernvarmeværket i denne analyse. Dette afhænger naturligvis af størrelsen på fjernvarmeværkets eksisterende varmeakkumuleringstank. For fjernvarmeværket i denne analyse, vil varmeakkumuleringstanken kunne dække varmeforsyningen i 23 timer i spidsbelastningen, såfremt lagertanken er helt fyldt. Det 100 % elbaserede fjernvarmeværks varmelager er i gennemsnit 46 % fyldt, hvilket svarer til at dække gennemsnitsbelastningen henover et år i 22 timer. Det relativt store lager giver altså god mulighed for at gøre fjernvarmeproduktionen fleksibel.



Figur 3: Lagerudnyttelse for henholdsvis det alsidige og det 100 % elbaserede fjernvarmeværk for 2021. Den maksimale lagerkapacitet er 6600 m³, hvilket her svarer til et energiindhold på 306 MWh. Dette svarer til, at varmeakkumuleringstanken kan dække varmeforsyningen i 23 timer i spidsbelastning.

I analysen ligger en antagelse om CO₂-neutral elproduktion fra 2030. Derfor vil både det alsidige fjernvarmeværk og det 100 % elbaserede fjernvarmeværk være CO₂-neutral i 2030. I tillæg hertil er der hos begge fjernvarmeværker næsten ingen afgiftsbetaling, når elvarmeafgiften er reduceret til 4 kr./MWh.

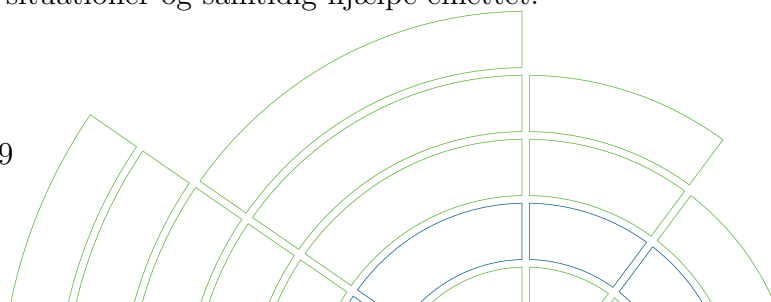
Konsekvenser for 100 % elbaseret fjernvarme

Resultaterne viser, at der ikke er store besparelser på varmeprisen ved at vælge diversitet og flere forskellige varmeproducerende enheder med forskellige brændsler. Beregningerne giver i en gennemsnitsbetragtning af værket over en lang tidshorizont. Her vil varmeprisen ikke være udslagsgivende i forhold til hvilken vej mod grøn omstilling værket bør vælge. Der er dog andre og betydelige risikoelementer som beregningerne ikke tager højde for.

Alsidigheden giver flere muligheder for fjernvarmeværket og skaber bedre systemintegration. Dette stemmer overens med tidligere beregninger af risikoafdækning og diversitet for investeringer i fjernvarmen ([Grøn Energi, 2019](#)). 100 % elbaseret fjernvarme giver betydeligt større usikkerhed i forhold til fremtidige varmepriser sammenlignet med en mere alsidig investering. Investering i varmeproduktion baseret på flere forskellige grønne brændsler giver en lavere varmepris, sikrer en robust omstilling og bidrager til fortrængning af fossile brændsler. I tilfælde af havari på elvarmepumpen vil det alsidige værk være bedre stillet, da der her både kan produceres med biomasse eller bionaturgas. Det 100 % elbaserede værk vil i dette tilfælde være meget afhængig af elkedlen med højere omkostninger til følge.

Omkostningerne til investering i eventuel udvidelse af elnettet er ikke medregnet i analysen. I denne analyse investerer det elbaserede fjernvarmeværk i 6,5 gange højere elkapacitet sammenlignet med det alsidige fjernvarmeværk. Der er altså følgelig større omkostninger forbundet med tilslutning af enhederne, men også afledte effekter, som fx investering i udvidet elkapacitet i de højere spændingsniveauer. Det vurderes, at nettilslutning af en elkedel udgør en stor del af de samlede omkostninger ved etableringen, da omkostningerne afhænger meget af lokale forhold. For eksempel kan eltilslutningen udgøre over 50 % af de samlede investeringsomkostninger for en elkedel, hvis installeringen også kræver lægning af nye elkabler og en transformerstation ([COWI, 2020](#)). Herudover afhænger omkostningerne for nettilslutning af eventuelle aftaler om afbrydelig eller begrænset netadgang. Afbrydelighed kan have store konsekvenser for varmeforsyningsikkerheden og bør derfor overvejes nøje ([Grøn Energi, 2017](#)). Afbrydelighed vil ikke være en gangbar mulighed hvis værket baseres 100 % på el. For at højne forsyningsikkerheden kan driftslederen vælge en minimumsgrænse for lagerkapaciteten. Dette vil dog reducere elvarmepumpens og elkedlens muligheder for at levere fleksibilitetsydelse i elmarkederne. Samtidig vil det naturligvis påvirke selve lagerkapaciteten og dermed begrænse fjernvarmeværkets muligheder for fleksibilitet på varmesiden.

Fremtidens elpriser vil blive mere fluktuerende i takt med udbygning af vedvarende energi. Dette bør afvejes nøje, hvis et fjernvarmeværk baseres udelukkende på el. Situationer med høje elpriser vil sandsynligvis forekomme på tidspunkter, hvor varmeværket er nødsaget til at drifte enhederne, hvilket ultimativt kan føre til høje omkostninger. Brændselsdiversitet ved kombinationen af en biomassekedel og en elvarmepumpe, kan afværge disse situationer og samtidig hjælpe elnettet.



Litteratur

- COWI. Etablering af 30 MW elkedel - Projektforslag i henhold til Varmeforsyningsloven, 2020. URL <https://mariagerfjord.dk/-/media/Files/Annoncefiler/Horing/2020/Projektforslag-om-etablering-af-30-MW-elkedel-hos-Hobro-Varmevrk-AmbA/Projektforslag.pdf>.
- Energinet. Analyseforudsætninger til Energinet 2020 (AF20) - Data-sæt med elpriser på timeniveau (Opdateret d. 14.10.2020), 2020. URL <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/analyseforudsætninger-til-energinet>.
- Energistyrelsen. Samfundsøkonomiske analysemetoder, 2020a. URL <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/samfundsøkonomiske-analysemetoder>.
- Energistyrelsen. Teknologikatalog for produktion af el og fjernvarme, 2020b. URL <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger/teknologikatalog-produktion-af-el-og>.
- Grøn Energi. Drejebog - elkedler. Etablering af elkedler i fjernvarmen, 2017. URL <https://www.danskfjernvarme.dk/groen-energi/projekter/drejebog-om-elkedler-i-fjernvarmen#:~:text=Drejebogen%20er%20en%20h%C3%A5ndbog%20til,af%20b%C3%A5de%20driftsledelse%20og%20bestyrelse.&text=Form%C3%A5let%20med%20drejebogen%20er%20at,en%20elkedel%20i%20et%20fjernvarmesystem>.
- Grøn Energi. Investeringsanalyse, 2019. URL <https://www.danskfjernvarme.dk/groen-energi/analyser/090119-investeringsanalyse-del-2>.
- Grøn Energi. Beregningsforudsætninger, erfaringstal fra branchen, 2020a.
- Grøn Energi. Værksinterne varmekilder - effektiviseringspotentiale ved intern drift af en elvarmepumpe, 2020b. URL <https://www.danskfjernvarme.dk/groen-energi/analyser/220121-interne-varmekilder>.