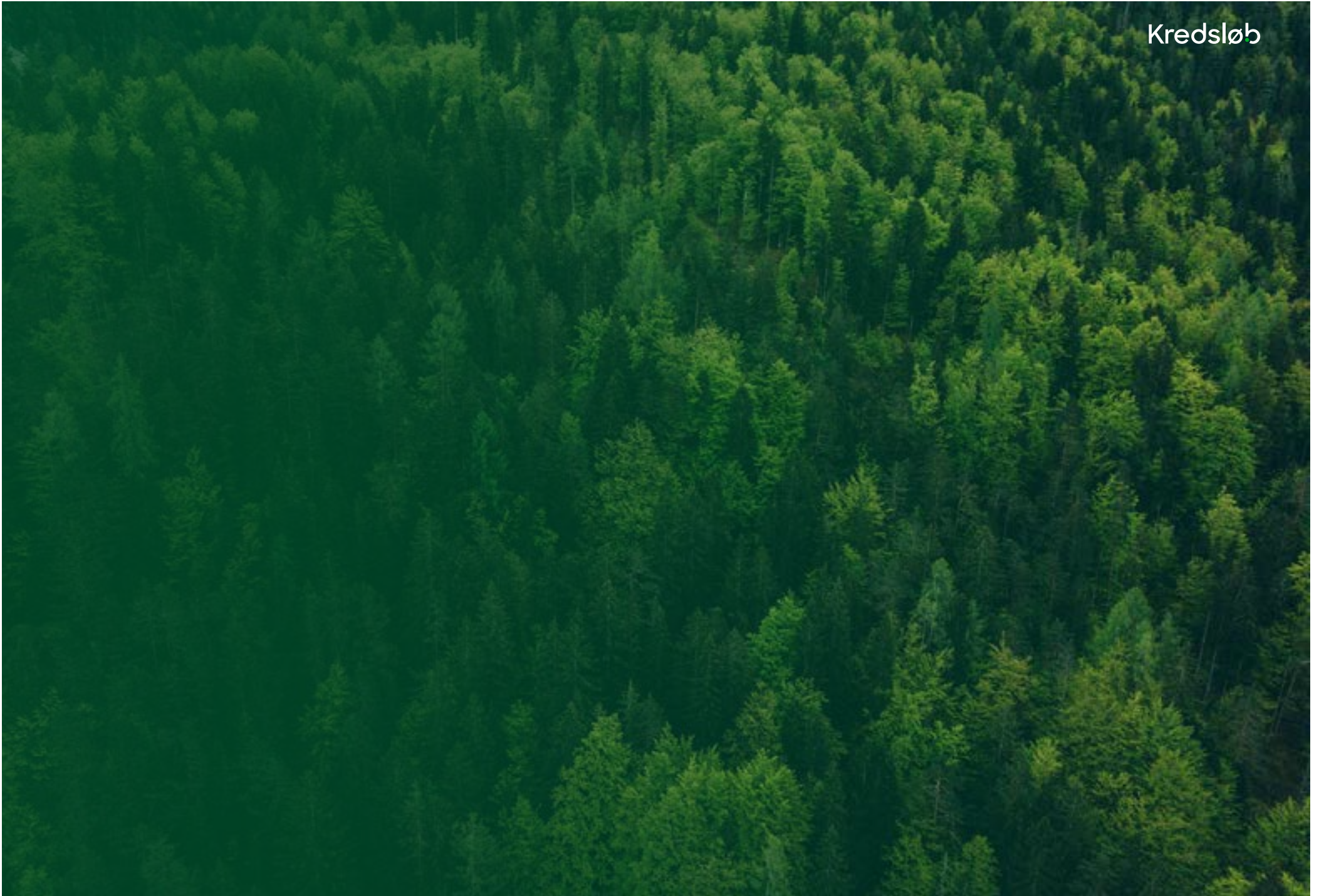


A woman with long brown hair, wearing a light blue sweater, is sitting and looking out a large window. She is holding a grey mug with both hands. The background outside the window is a blurred view of a city street with buildings and trees.

Fremtidens fjernvarme

grøn omstilling begynder
med grøn indstilling

Kredsløb



Forord

I Kredsløb har vi i snart 100 år leveret fjernvarme til vores kunder i Aarhus og flere af de omkringliggende kommuner. Fjernvarme har i alle årene handlet om at sikre vores kunder en stabil og konkurrencedygtig varmeforsyning. I alle årene har vi haft fokus på at levere varmen på en effektiv måde med mindst mulig belastning af omgivelserne. Med dette planforslag fortsætter vi ad det spor, og præsenterer en sammenhængende og ambitiøs plan for, hvordan Fremtidens fjernvarme i Aarhus bør se ud.

Løsningen i planforslaget giver en bæredygtig omstilling af energisystemet, der både er til glæde for vores kunder og har positive effekter langt ud over kommunegrænsen og langt ind i fremtiden. Planen sikrer nemlig både stabile og konkurrencedygtige priser og en høj forsyningssikkerhed for vores kunder, og samtidig har den positive effekter på klimaet og miljøet. Den fremlagte plan understøtter desuden sektorkoblingen og på den måde har den også en stabiliserende effekt på elmarkedet.

Planen er den største omstilling af energisystemet i Østjylland nogensinde. Dette er nødvendigt for at komme i mål med energisporet i Aarhus Kommunes Klimastrategi 2025-2030 Klimaneutralt Aarhus 2030.

I december 2025 besluttede Aarhus Byråd, at realisering af CO₂-fangst på energianlæggene i Kredsløbs Energipark Lisbjerg for nuværende skal udsættes. Men både Kredsløb og Aarhus Kommune forventer fortsat, at CO₂-fangst vil blive en realitet i løbet af 2030'erne, og dermed en del af den langsigtede energiplanlægning. I Fremtidens fjernvarme planlægges derfor fortsat med, at overskudsvarmen fra et fremtidigt CO₂-fangstanlæg kan indgå i den Aarhusianske fjernvarmeproduktion. Realiseringen af et CO₂-fangstanlæg indgår dog ikke direkte i Fremtidens fjernvarme, da investeringen vil skulle ske på kommercielle vilkår i særskilt selskab adskilt fra varmekunderne.

Med Energiplanen har Aarhus Kommune nu et stærkt afsæt for den store omstilling, der kommer til at ske. Fremtidens fjernvarme udgør et element i Teknik og Miljø's Energiplan. Med den samlede plan skabes sikkerhed for, at Aarhus i de næste mange år har et solidt og gennemtænkt energisystem, som understøtter byrådets ambitioner i forhold til den grønne omstilling.



A person is sitting on a long, thin pier that extends into a calm blue sea under a clear sky. The person is seen from behind, looking out towards the horizon. The word 'Resume' is written in large white letters on the left side of the image.

Resume

Fremtidens fjernvarme er en ambitiøs plan for en gennemgribende omstilling af varmeproduktionen i en stor del af Østjylland. Planen ændrer markant på de strukturer, der i mange år har været grundlæggende for fjernvarmesystemet. Siden starten af 80'erne har fjernvarmesystemet i Aarhus været et centralt kraftvarmeområde, hvor varmeforsyningen uløseligt har været bundet sammen med det store kraftvarmeværk i Studstrup. Tiden for de store kraftvarmeværker er ved at rinde ud, og derfor er der brug for en ambitiøs plan for Fremtidens fjernvarme.

I planen præsenteres et fremtidigt system, hvor der ikke investeres i ny biomasseafbrænding. I stedet vil varmen i fremtiden komme fra el-baserede løsninger, der henter energien fra vores omgivelser i form af luft, vand, spildevand og varmen i undergrunden. Op mod halvdelen af energien til opvarmning af vores boliger vil i fremtiden komme fra omgivelserne eller elektricitet. Det betyder, at vi kan reducere vores brug af biomasse fra ca. 70 % til ca. 20 %.

Det er en ambitiøs plan, og den kræver derfor også store investeringer. Men forventningen er, at vi efter 2030, med realisering af de nye

produktionsteknologier, kan producere varmen meget mere effektivt end i dag. Et centralt element i planen er etablering af varmelagre, som gør det muligt at anvende de svingende elpriser til fordel for varmekunderne.

Når man samfundsøkonomisk sammenligner planen med et tænkt referencescenarie, hvor man fortsætter med det nuværende varmesystem, viser planen sig at være en fordel. Med de nuværende beregningsforudsætninger er der en samfundsøkonomisk fordel på ca. 1,1 mia. kr.

Et alternativ til den fremlagte plan kunne være etableringen af et nyt stort biomassebaseret kraftvarmeanlæg. Et sådan anlæg vil dog ikke give det samme forventede fald i varmeprisen, og hvis ikke alle indtægter fra elproduktion bruges til at reducere produktionsomkostningerne, vil varmekunderne opleve stigende priser. De samfundsøkonomiske beregninger viser desuden, at en sådan løsning med de nuværende beregningsforudsætninger vil have en dårligere samfundsøkonomi end planen for Fremtidens fjernvarme. Den samfundsøkonomiske værdiskabelse af Fremtidens fjernvarme er ca. 950 mio. kr. højere end et nyt stort biomassefyret kraftvarmeværk.

Fremtidens grønne fjernvarme er en ambitiøs omstilling af varmesystemet, som samtidig giver en robust og konkurrencedygtig fjernvarme til kunderne i Aarhus.

Indhold

1 Indledning	6	3 Fremtidens fjernvarme	16	4 Største risikoelementer	32
1.1 En æra er forbi	6	3.1 Fjernvarmen elektrificeres med naturens kræfter	18	4.1 Tidsaspektet	32
1.2 En vision om et grønt energisystem baseret på naturens kræfter	7	3.2 Fjernvarmenet sammenbygges	22	4.2 Prisaspektet	32
1.3 Flere skridt er allerede taget	9	3.3 Varmeakkumulering sikrer maksimal fleksibilitet	22	4.3 Elektricitet	33
1.4 En sammenhængende plan for fremtidens varmeproduktion	10	3.4 Fjernvarmen produceres effektivt fra mange forskellige anlæg	23	4.4 Teknologi	33
2 Det østjyske fjernvarmesystem	11	3.5 En omstilling baseret på vedvarende energi	25	4.5 Fleksibilitet reducerer risici	34
2.1 Fjernvarme der "hviler i sig selv"	11	3.6 Elforbrug	27	5 Bilag	35
2.2 Udvikling af fjernvarme i Aarhus	12	3.7 Lav klimapåvirkning	28	5.1 Metode og beregningsforudsætninger	35
2.3 Fremtiden for Varmeplan Aarhus	14	3.8 Investeringer og varmepris	29	5.2 Referencescenariet: SSV3 fortsætter efter 2030	37
2.4 Varmebehovet i årene frem	15	3.9 Samfundsøkonomi	31	5.3 Alternativ løsning: Nyt centralt kraftvarmeanlæg	38
				5.4 Samfundsøkonomisk sammenligning ..	41

1 Indledning

1.1 En æra er forbi

Fra Studstrupværkets blok 3 (SSV3) sælger Ørsted årligt ca. 1.500 GWh varme til Kredsløb, baseret på afbrænding af importerede træpiller og kul. Værket producerer herved i dag ca. 50% af den samlede varme i det Østjyske fjernvarmesystem. Men tiden er ved at rinde ud for det aldrende kraftvarmeværk, og ved udgangen af 2030 udløber Kredsløbs driftsaftale med Ørsted om køb af varme fra SSV3.

Med udfasning af varmeproduktionen fra SSV3 er det nødvendigt at gentænke og etablere ny varmeproduktion, der skal sikre fjernvarmeforsyningen til Aarhus fra 2031 og de næste mange år ud i fremtiden. Det skaber en unik og omkostningseffektiv mulighed for at transformere og modernisere varmeforsyningen, så den i endnu højere grad understøtter en fortsat grøn omstilling af Østjylland og samfundet generelt.

Kredsløb



Varme baseret
på naturens
kræfter

Kredsløb



Klima
og miljø



Reduceret
biomasse



Leverance-
sikkerhed



Økonomi

Figur 1. Fremtidens fjernvarme er
– et energisystem i balance.

1.2 En vision om et grønt energisystem baseret på naturens kræfter

Det er Kredsløbs vision for Fremtidens fjernvarme i Østjylland efter 2030, at den bliver baseret på vedvarende og lokale energikilder fra fx luft, vand og varmen fra undergrunden. Forbruget af biomasse skal reduceres væsentligt. Samtidig skal fjernvarmen fortsat være kundernes foretrukne valg af varme – ikke kun fordi den er baseret på vedvarende og lokale energikilder, men også fordi den østjyske fjernvarme er konkurrencedygtig og stabil.

Ved at koble forskellige sektorer i et samlet energisystem med el som den primære drivkraft, skal fjernvarmen spille en meget større rolle i det samlede energisystem. Store varmepumper skal sikre, at strømmen effektivt bliver brugt til fjernvarme, når vinden blæser, og

solen skinner og som et stort og fleksibelt batteri, skal store varmelagre sikre, at strømmen ikke bliver brugt i de timer, hvor elpriserne er højest. På den måde ønsker Kredsløb, at fjernvarmesystemet med udspring i Aarhus skal indgå som en vigtig brik i omstillingen af det samlede energisystem til gavn for både samfund, klimaregnskab og ikke mindst kunderne.

Figur 2. Opnåede gevinster ved Fremtidens fjernvarme



Men at ændre brændselssammensætningen i fjernvarmesystemet er ikke en lille opgave. Det er tvært imod den største samlede omstilling af det østjyske fjernvarmesystem i nyere tid. Det kræver omstilling af både teknik og aftaler, at skabe den ønskede effekt, ligesom det

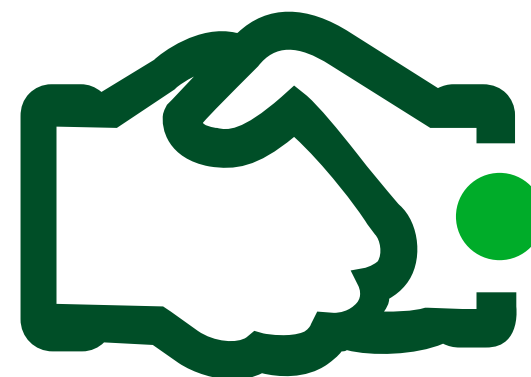
kræver beslutninger om, hvor energianlæggene skal ligge. Det kræver en samlet plan for Fremtidens fjernvarme.

1.3 Flere skridt er allerede taget

Kredsløb tog de første skridt mod at indfri disse ambitioner i 2022, da der blev indgået aftale med Innargi om etableringen af 111 MW geotermisk varmeproduktion i Aarhus. Der skal laves borer til geotermisk varme på tre lokaliteter, og når anlæggene er fuldt indfaset i 2030, vil de årligt levere, hvad der svarer til op mod 15% af varmebehovet i Kredsløbs dækningsområde. Det første anlæg er allerede i drift, og i varmesæsonen 2025/2026 er der leveret stabil geotermisk varme fra boringen på Skejbyvej.

Herudover blev der i 2024 godkendt etablering af op til 11 MW varmeproduktion fra kombinerede fjernkølings- og havvandsvarmepumper ved Aarhus Ø (Maskinrummet), der efter planen skal levere den første varme i 2026. Disse synergivarmepumper producerer i sommerhalvåret effektiv fjernvarme ved at udnytte overskudsvarmen fra fjernkøleproduktion. Om vinteren, hvor der ikke er et behov for fjernkøling, udnytter havvandsvarmepumperne energien fra havvandet til at producere fjernvarme.

Geotermi og havvand er ikke alene nok til at erstatte varmeproduktionen fra SSV3. Der mangler fortsat en plan for ca. 1/3 af den fremtidige produktionskapacitet.



Kredsløb +  INNARGI

1.4 En sammenhængende plan for fremtidens varmeproduktion

I dette planforslag præsenteres en sammenhængende og optimeret plan for, hvordan Kredsløb vil komme i mål med at sikre varmeforsyningen fra 2031 og dermed omstille produktionen fra afbrænding af træpiller og kul på Studstrupværkets blok 3 (SSV3). I forslaget indgår de allerede godkendte anlæg som en del af den samlede omstilling.

Dette planforslag er resultatet af et omfattende analyseforløb, udført i samarbejde med det rådgivende ingeniørhus Added Values, der tidligere har hjulpet store fjernvarmeværker som bl.a. DIN Forsyning i Esbjerg, Silkeborg Forsyning, Sønderborg Varme og flere, med lign. omstilling af fjernvarmeproduktion.

I det følgende begynder vi med at beskrive forudsætningerne for analysen og den model, der er brugt. Begge dele har ledt frem til planforslaget, som beskriver den mest optimale løsning for samfund, klimaregnskab og ikke mindst kunderne.

Til slut sammenlignes planforslagets økonomi, energikildesammensætning og klimapåvirkning med det nuværende fjernvarmesystem og en alternativ biomassefyret kraftvarmeløsning.



2 Det østjyske fjernvarmesystem

2.1 Fjernvarme der ”hviler i sig selv”

I Danmark reguleres varmforsyningen efter Varmeforsyningsloven. Den første varme-forsyningslov trådte i kraft i 1981, og var resultatet af et omfattende politisk arbejde med at sikre Danmarks energiuafhængighed efter 70'ernes energikrise. Et væsentligt element, i arbejdet med at blive energiuafhængig, var en omfattende planlægning af, hvordan opvarmningen af de danske hjem og produktionen af varmt brugsvand skulle sikres i forskellige dele af landet. Ved at planlægge og skabe kollektive systemer for henholdsvis fjernvarme og naturgas i store dele af det danske land, blev en effektiv omstilling af energisystemet en realitet. Denne omstilling sikrede meget hurtigt og energieffektivt, at opvarmningen af de danske hjem ikke længere var afhængig af importeret olie fra Mellemøsten. Det var et meget vigtigt og banebrydende skridt imod større forsyningssikkerhed og billigere varme. En forudsætning for etableringen af de store kollektive systemer var at etablere dem som monopoler med tilslutningspligt for forbrugerne. Af den grund er et af de bærende principper i Varmeforsyningsloven det såkaldte hvile-i-sig-selv princip, som betyder, at virksomhedens indtægter og omkostninger skal balancere. Lovgivningen sætter derfor både grænser for overskuddet, og for hvad et eventuelt overskud må anvendes til.

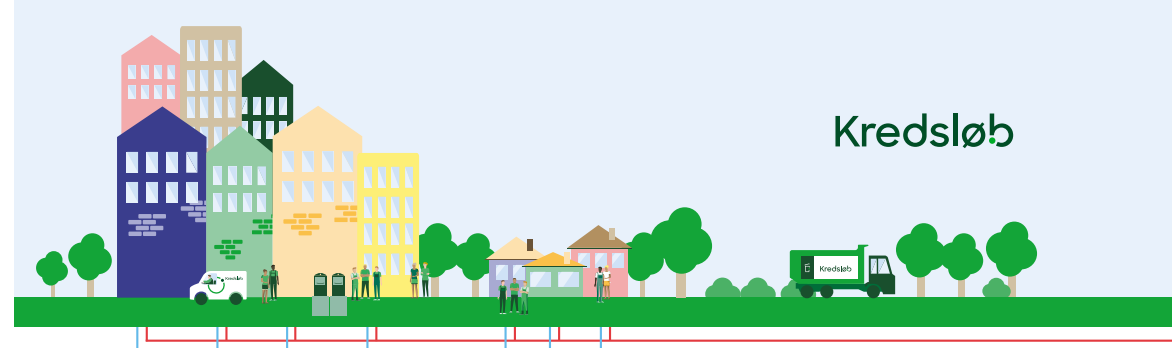
Hvile-i-sig-selv princippet betyder i praksis, at alle nødvendige omkostninger kan indregnes i varmeprisen. Nødvendige omkostninger er f.eks.

løn- og omkostninger og andre driftsomkostninger, finansieringsudgifter ved fremmedkapital og driftsmæssige afskrivninger af investeringer. På nuværende tidspunkt indgår afskrivninger på de eksisterende anlæg i de takster, der opkræves hos kunderne. Når nye anlæg erstatter de eksisterende anlæg, erstatter de nye afskrivninger de eksisterende afskrivninger. Selvom der investeres meget store beløb, betyder det altså ikke automatisk stigende priser hos kunderne.

Varmeforsyningsloven stiller krav om at forsynings-virksomhederne drives på en for samfundet optimal måde. Derfor er varmforsynings-selskaberne forpligtet til at vælge de billigste produktionsformer, og samtidig skal det dokumenteres, at investeringer i ny varmeproduktion er det samfundsøkonomiske bedste alternativ til den eksisterende varmeproduktion.

Kredsløbs forslag til en plan for Fremtidens fjernvarme indebærer omfattende investeringer i en ambitiøs omstilling til vedvarende energiformer, som 1) finansieres fuldt ud af varmekunderne, 2) er det klart bedste samfundsøkonomiske alternativ og 3) sikrer en stabil prisudvikling, der fortsat er konkurrencedygtig og robust.





2.2 Udvikling af fjernvarme i Aarhus

I 2028 kan vi fejre 100-året for etableringen af den første fjernvarme i Aarhus. Det skete i 1928, da Aarhus Elværk begyndte at bruge overskudsvarmen fra elproduktionen til at opvarme vand og føre varmen ud til nærliggende husholdninger igennem et ledningsnet.

I de første mange år blev fjernvarmen langsomt udbygget som selvstændige rørsystemer i takt med, at efterspørgslen efter elektricitet også tiltog. I de efterfølgende år fandt fjernvarmen vej til mange østjyske hjem. Med kommunesammenlægningen i 1970 fik Aarhus Kommune med ét pennestrøg fordoblet antallet af fjernvarmeforbrugere i sit forsyningsområde, da de tidligere forstadskommuners fjernvarmenet blev en del af det aarhusianske fjernvarmenet, som man havde i forvejen. I 1978 blev affaldsforbrændingen i Kredsløb Energipark Lisbjerg etableret med tilknyttet kraftvarmeværk. Det var dog først med vedtagelsen af den første Varmeforsyningslov i 1979, at en omfattende national og kommunal varmeplanlægning blev igangsat, og udviklingen af fjernvarmenettet i Aarhus-området for alvor tog fart.

Vedtagelsen af Varmeforsyningsloven og den kommunale varmeplanlægning blev i Aarhus udmøntet i etableringen af et dengang 71 km stort transmissionsnet, som skulle føre overskudsvarmen fra Studstrupværket (etableret i 1968) ind til hele Aarhus og flere omkringliggende kommuner. Studstrupværket blev samtidig

udvidet med yderligere to store kulfyrede blokke. Ambitionen var, at fjernvarmesystemet inden 1995 skulle dække 90% af Aarhus' samlede varmeforbrug. Den kommunale varmeplanlægning og samarbejdet mellem en række forbrugerejede varmeværker i Østjylland og det kommunale varmeværk, blev i slutningen af 1980 endeligt vedtaget af byrådet under navnet Varmeplan Aarhus.

Siden da er fjernvarmenettet vokset og blevet yderligere forgrenet. Antallet af forbrugerejede varmeværker er blevet reduceret igennem sammenlægninger. I 2010 vedtog Aarhus Byråd Klimavarmeplan 2010, der lagde op til en gradvis grøn omstilling frem mod CO₂-neutral varmeproduktion i 2030. Som konsekvens heraf blev Studstrupværkets ene kulfyrede blok (SSV3) i 2016 ombygget til at kunne afbrænde træpiller, og i 2017 stod det nye halmfyrede kraftvarmeværk i Lisbjerg klar til levering af CO₂-neutral fjernvarme.

Fjernvarmesystemet består i dag af et tæt forgrenet rørsystem, der strækker sig på tværs af Aarhus Kommune og ud til de omkringliggende nabokommuner Syddjurs, Skanderborg og Odder. Kredsløb forsyner derved i dag ca. 330.000 mennesker med varme gennem ca. 66.000 fjernvarmeinstallationer igennem et næsten 2.300 km langt rørsystem.

Senest har Aarhus Kommune godkendt etableringen af 11 MW varmeproduktion

fra kombinerede fjernkølings- og havvandsvarmepumper ved Aarhus Ø, og i alt 111 MW varmeproduktion fra geotermiske anlæg i Aarhus fordelt på 3 lokationer. Når de geotermiske anlæg er fuldt indfaset i 2030, vil de årligt levere, hvad der svarer til op mod 15 % af varmebehovet i det østjyske fjernvarmesystem. Det første anlæg på Skejbyvej blev sat i drift i efteråret 2025, og har leveret en stabil varme.

Foruden det centrale fjernvarmesystem i Aarhus, som er ledningskoblet til Studstrupværket, driver Kredsløb også adskilte fjernvarmesystemer i byerne Sabro, Harlev og Solbjerg. Her forsynes borgerne med varmt vand fra lokale halmvarmeværker.

Kredsløb har færdiggjort en ny rørforbindelse fra Harlev til Galten i Skanderborg Kommune, hvorved Kredsløb og Galten Varmeværk effektivt kan samarbejde om varmeproduktion. Dette har også muliggjort at Kredsløb nu kan hjælpe borgere i byerne omkring Galten med konvertering fra gasfyr til fjernvarme

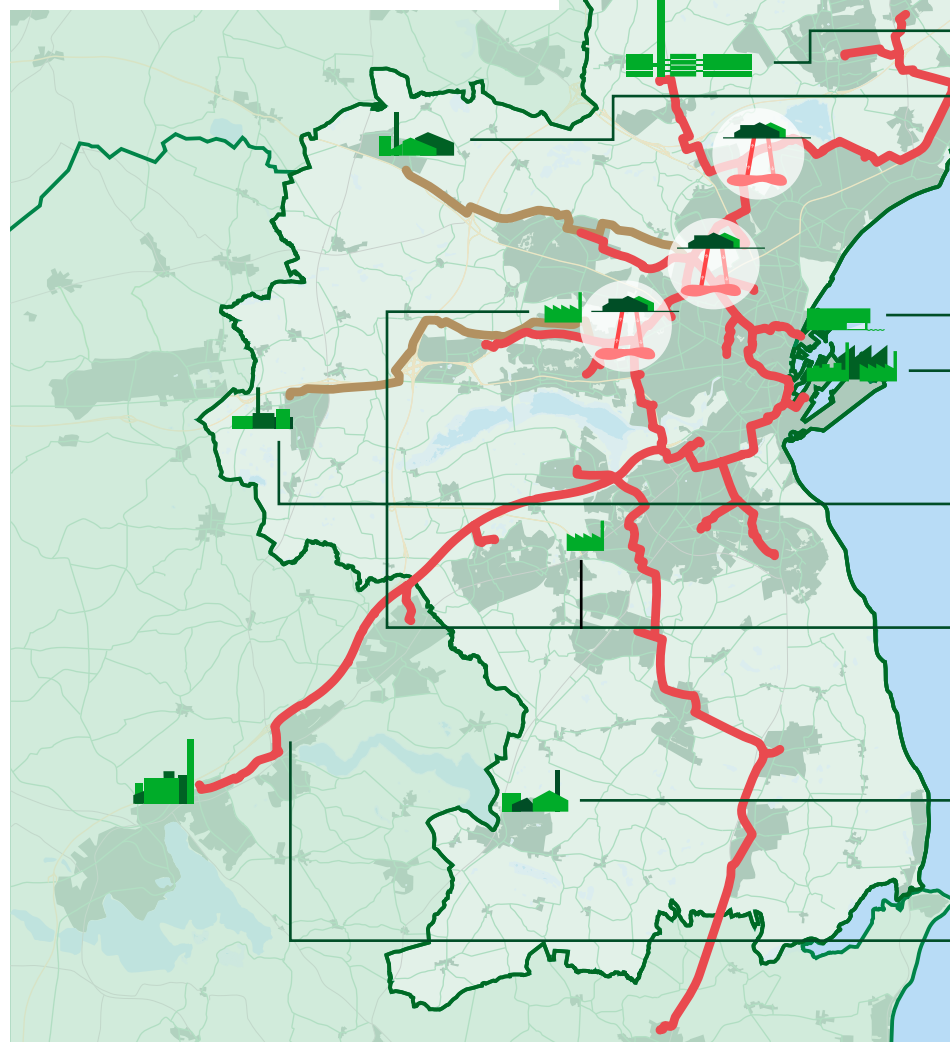
Kortet på næste side (Figur 3) beskriver det nuværende fjernvarmesystem og de anlæg, der allerede er projekteret. I forhold til vurderingen af samfundsøkonomien i det præsenterede planforslag udgør dette referencescenariet.

Referencescenariet



Aarhus (3 arealer)

111 MW geotermiske
varmepumper i samarbejde
med Innargi A/S



Energipark Studstrup

550 MW træpillefyret kraftvarme (SSV3)
280 MW elkedler
27.000 m³ varmeakkumuleringstank

Energipark Lisbjerg

78 MW (97 MW) affaldsfyret kraftvarme
80 MW (104 MW) halmfyret kraftvarme
15.000 m³ varmeakkumuleringstank

Sabro

5,4 MW halmkedel
6 MW oliekedel
1.800 m³ varmeakkumuleringstank

Maskinrummet/Aarhus Ø

+11 MW fjernkøl- / havvandsvarmepumpe

Harlev

5,4 MW halmkedel
15 MW oliekedel
2.000 m³ varmeakkumuleringstank

Aarhus

75 MW oliekedel (Gellerupværket)
140 MW oliekedel (Aarhusværket)
120 MW oliekedel (Jens Juuls Vej)

Solbjerg

7 MW halmkedel
10,6 MW oliekedel
2.000 m³ varmeakkumuleringstank

Kredsløb Energianlæg Skanderborg

24 MW (27 MW) affaldsfyret kraftvarme

Figur 3. Varmeproduktionsanlæg og akkumuleringstanke indeholdt i referencescenariet. Disse anlæg eksisterer allerede og/eller er projektdokumenterede af varmemyndigheden.

Note: Tal i parentes, fx. (97 MW) angiver varmeproduktionskapacitet ved turbine bypass på kraftvarmeværk.

2.3 Fremtiden for Varmeplan Aarhus

Samarbejdsaftalen mellem medlemmerne af Varmeplan Aarhus er blevet genforhandlet flere gange. Det nuværende aftalegrundlag er fra 2014 med aftaleudløb ved udgangen af 2030.

Kredsløb har i løbet af de seneste år været i en dialog med de forbrugerejede varmegværker om fremtiden efter 2030. Dialogen startede med en temadag for varmegværkeres bestyrelser, hvor perspektiverne i et fremtidigt samarbejde blev drøftet. Efterfølgende har der været en række bilaterale dialogmøder, hvor de enkelte varmegværker har tilkendegivet deres interesse i et fremtidigt samarbejde. Forhandlingerne blev afsluttet ultimo 2025, og stort set alle værkerne ønsker et fortsat tæt samarbejde efter 2030, hvor alle parterne deler både fordele og ulemper. Odder Varmegværk har ikke ønsket at forlænge samarbejdet, hvorfor samarbejdet ophører 31. december 2030. Skanderborg-Hørning har også valgt ikke at ville forlænge samarbejdet, og deres aftale ophører 31. december 2028. Hornslet Fjernvarme har forlænget deres nuværende aftale til 31. december 2030, og hvad der sker herefter er fortsat under afklaring.



2.4 Varmebehovet i årene frem

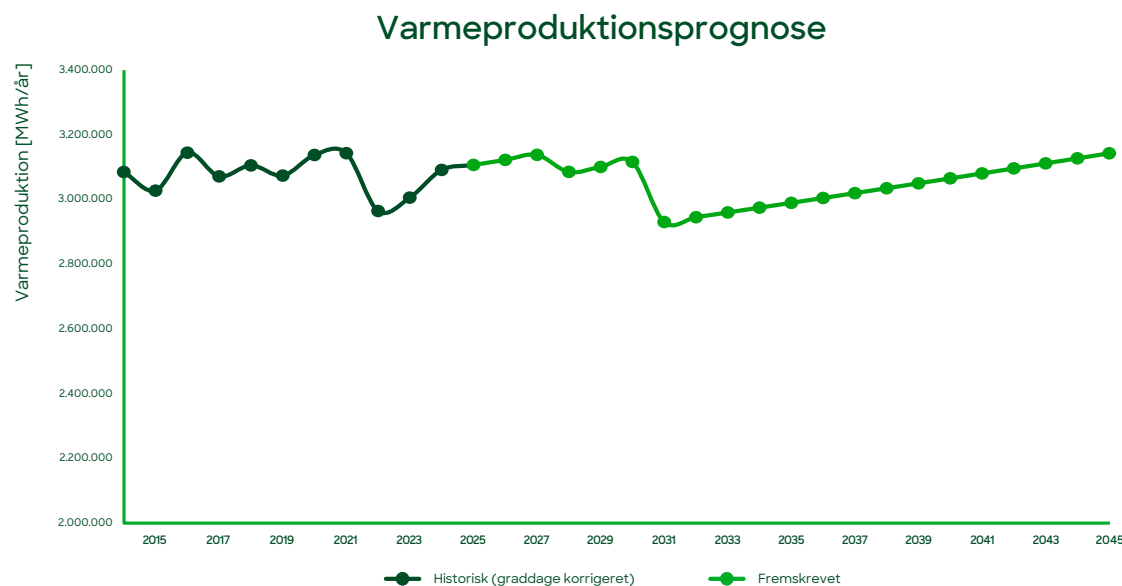
Behovet for fjernvarme fra kunderne har været stabilt i de sidste mange år. Selvom Aarhus Kommune har oplevet en stor befolkningstilvækst og udbygning af bygningsmassen igennem de seneste 10 år, forventes varmebehovet i de kommende år alligevel stort set at blive det samme, som det var i 2014.

Antallet af tilsluttede forbrugsinstallationer i Kredsløbs forsyningsområder har været stødt stigende fra ca. 54.000 installationer i 2014 til 66.300 installationer i juli 2025. Det er en vækst på ca. 23 % over en 10-årig periode. Varmeproduktionen varierer naturligt fra år til år, men når den korrigeres for den samtidige variation i udetemperaturen (graddage-korrigeres), er varmereproduktionen tæt på konstant. Den umiddelbare modsætning mellem et stigende antal kunder og en konstant varmereproduktion skyldes en udpræget energieffektivisering og energirenovering af den eksisterende bygningsmasse, som nogenlunde svarer til væksten i bygningsmassen. I Energistyrelsens "Klimastatus og -fremskrivning 2022 (KF22): Husholdninger" opgøres de danske husholdningers varmereforbrug pr. kvadratmeter. Her finder man, at varmereforbruget pr. kvadratmeter samlet set er faldet med 11% fra

2010 til 2020 i enfamiliehuse, mens det for etageboliger er reduceret med 13% i samme periode. Denne udvikling, kombineret med et mere modulært produktionssystem, betyder, at det i den fremlagte plan har været muligt at reducere varmepumpekapaciteten i forhold til tidligere opgjort behov.

Med afsæt i den historiske udvikling af varmereproduktionen og forventningerne til fremtiden har Kredsløb udarbejdet en prognose for den forventede varmereproduktion (Figur 4). Prognosen er udarbejdet med afsæt i et forsigtighedsprincip, og derfor er den historiske varmereproduktion ikke fastholdt på det nuværende niveau, men i stedet tillagt en svag stigning svarende til en årlig vækst på 0,5 %.

Forventningerne til det fremtidige Varmepan Aarhus-samarbejde er indlejret i prognosen for den nødvendige varmereproduktion. Det ses bl.a. ved at der i 2030 sker en nedgang som følge af at Odder Varmeværks aftale ophører.



Figur 4.
Prognose for den nødvendige varmereproduktion fra 2025-2045 til de dele af Kredsløbs fjernvarmesystem, der er rørforbundne til Studstrupværket. Prognosen tager højde for forventningerne til det fremtidige omfang af Varmepan Aarhus-samarbejdet, herunder varmebehov i de forsynede nabokommuner. Prognosen omfatter ligeledes produktionsbehovet i de nuværende fritstående fjernvarmenet i Harlev og Sabro, da disse foreslås ledningskoblet med transmissionsnettet i Aarhus som et led i Fremtidens fjernvarme. Produktionsbehovet til Solbjerg er ikke omfattet af denne prognose

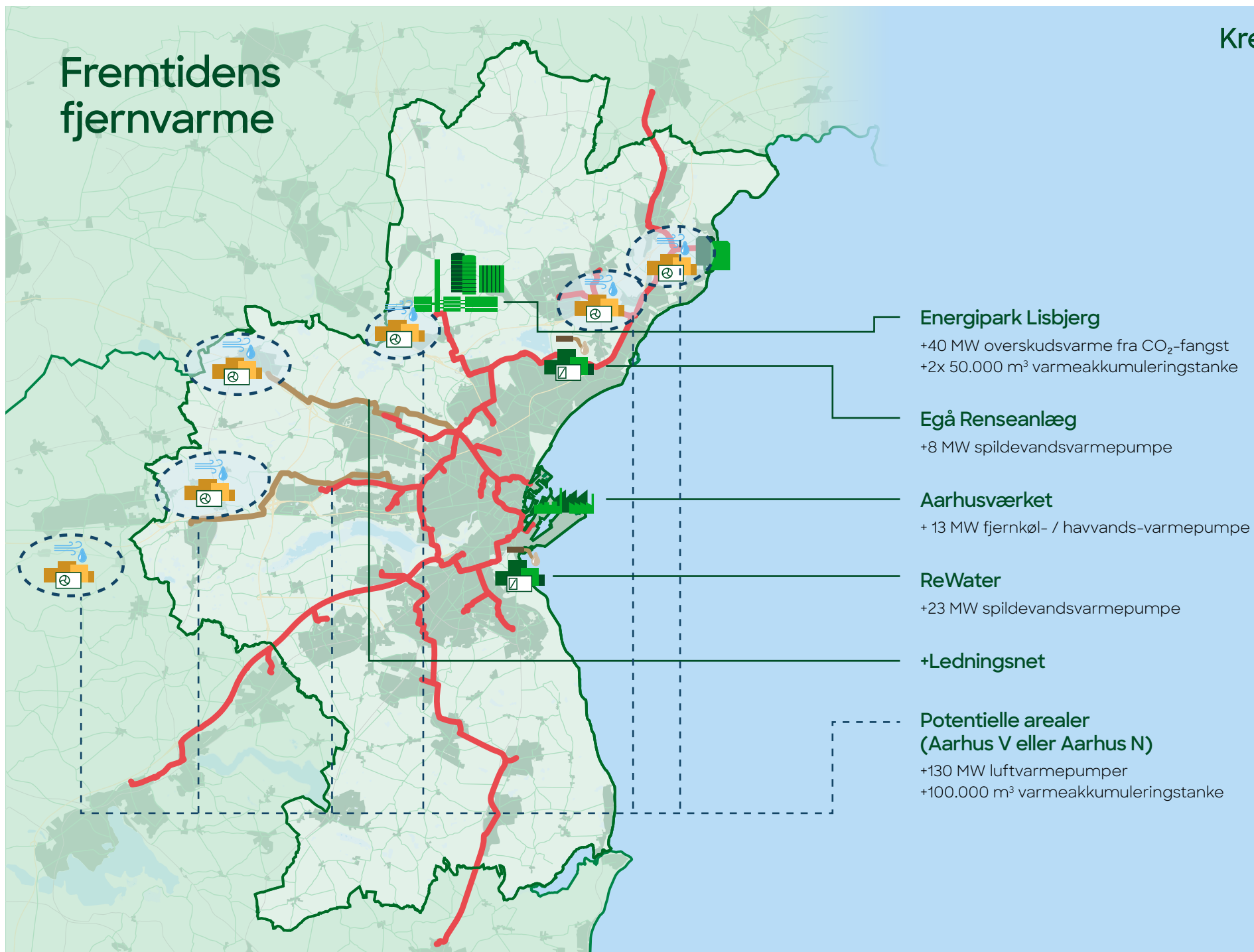
3 Fremtidens fjernvarme

Fremtidens fjernvarme sikrer varmeforsyningen til Kredsløbs fjernvarmekunder efter 2030. Det omfatter opførelsen af flere nye anlæg frem mod udfasningen af varmeproduktionen fra Studstrupværket. Disse nye anlæg består af både varmepumper, der udnytter den omkringliggende energi i udeluften, havet, spildevandet, og overskudsvarmen fra industrien til produktion af fjernvarme, samt enheder til varmelagring og nye fjernvarmerør.

I afsnit 5 fremgår en beskrivelse af hvorfor netop disse teknologier bringes i spil til produktion af fremtidens fjernvarme. Her beskrives den anvendte modelbaserede analysemetode, de vurderede teknologier til varmeproduktion og anvendte beregningsforudsætninger



Fremtidens fjernvarme



Figur 5. Nye varmeproduktionsanlæg og varmeakkumuleringstanke indeholdt i den foreslåede løsning for Fremtidens fjernvarme. Herudover fortsætter alle eksisterende anlæg, på nær Studstrupværket, efter 2030.



3.1 Fjernvarmen elektrificeres med naturens kræfter

Med Fremtidens fjernvarme vil Kredsløb erstatte varmeproduktionen fra Studstrupværket (SSV3) med flere mindre og decentralt placerede varmepumper og varmeakkumuleringsstanke.

I samme stil som det allerede igangværende geotermiske varmeprojekt, som byrådet principgodkendte januar 2023, vil de foreslåede varmepumper drage nytte af den tilgængelige og vedvarende omgivelsesenergi fra både luft, havvand, spildevand og overskudsvarme fra et kommende CO₂-fangstanlæg i Kredsløb Energipark Lisbjerg.

Havvandsvarme og fjernkøling går hånd i hånd på Sydhavnen

Ved Aarhusværket vil Kredsløb etablere et anlæg til produktion af fjernkøling efter samme princip som det allerede godkendte projekt på Aarhus Ø, som skal levere køling til bl.a. kontorer og hoteller ved de bynære havnearealer. Den strategiske placering af anlægget gør, at overskudsvarmen fra produktionen af fjernkøling effektivt kan udnyttes i fjernvarmesystemet. Ved at føre havvand ind til de kombinerede køle- og varmepumper, kan de også producere fjernvarme om vinteren, når der ikke er brug for fjernkøling. Der planlægges en produktionskapacitet af fjernvarme på ca. 13 MW om vinteren, som kan stå klar til drift i 2028.



Spildevand bliver til fjernvarme

Ved Egå Renseanlæg vil Kredsløb i samarbejde med Aarhus Vand etablere en 8 MW spildevandsvarmepumpe, der udnytter restvarmen i spildevandet efter, at det er rensat. Det er en rigtig god ide at udnytte restvarmen i spildevandet til effektiv fjernvarme, så den ikke udledes til naturen. Spildevandsvarmepumpen planlægges at kunne stå klar til endelig drift i 2028.

Ved det kommende ReWater renselanlæg er der potentiale for en større spildevandsvarmepumpe på 23 MW, der på samme vis skal udnytte restvarmen i spildevandet. Dette varmepumpeanlæg forventes at kunne stå klar til endelig drift i 2036.



Effektiv udnyttelse af overskudsvarme fra CO₂-fangst i Kredsløb Energipark Lisbjerg

Selvom realiseringen af et CO₂-fangstanlæg i Energipark Lisbjerg for nuværende er udskudt, arbejder Kredsløb og Aarhus Kommune fortsat på at kunne realisere et CO₂-fangst anlæg, som kan fange og lagre CO₂ fra bl.a. affaldsforbrændingen i Kredsløb Energipark Lisbjerg. Præcis hvornår anlægget kan forventes at stå klar er uvist på nuværende tidspunkt, men det er forventningen, at der kommer CO₂-fangst på Energipark Lisbjerg i løbet af 2030'erne. Kredsløb var meget langt i planlægningen af et teknisk anlæg, og med det eksisterende projekt forventes CO₂-fangstanlægget årligt at fange op til 420.000 ton CO₂. Det betyder at de ca. 110.000 ton fossile emissioner, der i dag årligt bliver udledt aldrig vil ramme atmosfæren, og vil dermed heller ikke bidrage til en forværring af drivhuseffekten.

Finansiering, etablering og drift af CO₂-fangstanlægget vil foregå adskilt fra fjernvarmekunderne i særskilt selskab, og er dermed ikke indeholdt i planen Fremtidens fjernvarme. Driften af et CO₂-fangstanlæg vil generere en større mængde overskudsvarme. Hvis ikke denne varme bliver udnyttet til andet formål, går den tabt. Det indgår derfor i planen at etablere et varmepumpeanlæg til at udnytte denne overskudsvarme, så den effektivt kan bruges i fjernvarmesystemet. Det er ikke alene en økonomisk god ide, det er også det bedste for klimaet.

Mængden af overskudsvarme afhænger af fangst-teknologien. Baseret på det eksisterende projekt, Kredsløb har arbejdet med, er det i planen for Fremtidens fjernvarme antaget, at CO₂-fangstanlægget kan generere ca. 40 MW varme ved hjælp af varmepumper.

Luften er fuld af energi

Vi synes ofte, at der er dejligst i vores lille land på de vindstille sommerdage. Men hvorfor ikke værdsætte vindens susen og energien i den friske luft som en vedvarende naturressource, også om vinteren? Vi kan drage nytte af naturens energi i luften til varmeproduktion i samme stil, som vindmøllerne høster vindens kræfter til at producere el.

Kredsløb vil veksle varmeenergien fra luften til brug i fjernvarmesystemet. Tilsammen skal ca. 130 MW luftvarmepumper levere den resterende varmeproduktion for en fuld og endelig erstatning af varmen fra Studstrupværket.

Kredsløb har gennemført en dybdegående screening af egnede arealer i Aarhus Kommune. På baggrund af screeningen er der prioriteret fem arealer beliggende i Aarhus N og Aarhus V.





3.2 Fjernvarmenet sammenbygges

Vest for Aarhus etableres en forlængelse af det nuværende transmissionsnet, der kobler fjernvarmenettet i Aarhus med fjernvarmenettene i Harlev og Sabro.

Fjernvarmenettet i Solbjerg kobles ikke til nettet i Aarhus og vil således fortsætte på samme vis som hidtil.

Konsolideringen af disse fjernvarmenet tjener flere formål, herunder at sikre den fortsatte varmforsyning til Harlev og Sabro i årene frem, samt at muliggøre afsætning af varmeproduktionen fra de planlagte luftvarmepumper i Aarhus Vest. Desuden vil ledningsnettet øge den generelle forsyningsikkerhed i fjernvarmesystemet og driftsfleksibiliteten generelt.

Det endelige ledningsdesign og placeringen af rørene i jorden udarbejdes i sammenhæng med fastlægnning af luft/vandvarmepumpernes endelige placering. Ledningsnettet forventes klar til drift og transport af fjernvarme fra efteråret 2029.

3.3 Varmeakkumulering sikrer maksimal fleksibilitet

Når andelen af vedvarende energikilder i elproduktionen i disse år stiger, opstår der et øget behov for fleksibilitet på tværs af energisystemer, der kan sektorkobles, og dermed en varmeproduktion der kan tilpasse sig. Elektrificering af fjernvarmen sikrer, at den støt stigende udbygning af grønne og vedvarende løsninger til elproduktion fra bl.a. sol og vind effektivt kan omdannes til varme. Men den vedvarende elproduktion er i sagens natur svingende afhængig af bl.a. vind og sol. Derfor er det afgørende for en effektiv grøn omstilling af varmeproduktionen, at den er så fleksibel som mulig. Kredsløbs varmesystem er designet til at imødekomme dette behov ved at integrere en bred vifte af enheder, som alle bidrager til fleksible og effektive varmeleverancer lokalt.

En afgørende brik til at sikre denne fleksibilitet er opførelsen af varmeakkumuleringstanke med en samlet volumen på 200.000 m³.

Varmeakkumuleringstanke er centrale i sektorkobling, hvor tankene fungerer som et termisk batteri, og dermed som en buffer mellem produktion og forbrug. Tankene giver Kredsløb mulighed for at lagre overskudsvarme, som kan frigives, når efterspørgslen er høj, eller reducere vores elforbrug til varmeproduktion, når omkostningen til el er høj. Dette bidrager ikke alene til at sikre en stabil varmforsyning, men hjælper også med at stabilisere prisen på el i det kollektive elnet, hvilket i sidste ende også kommer elkunder til gode.

Dermed understøtter varmeakkumulerings-tankene både en lavere varmepris via økonomisk optimering, og er medvirkende til at facilitere den grønne omstilling via balancering af det kollektive elnet. Samtidig sikrer tankene leverancesikkerhed af varmen lokalt, og bidrager til en mere pålidelig varmforsyning, og til at energisystemet i sin helhed bliver mere modstandsdygtigt.

De mange forskellige typer af enheder og den geografiske spredning tillader, at Kredsløb nemmere kan tilpasse sig ændringer i forbrugsmønstre uden at skulle foretage store strukturelle ændringer. Denne fleksibilitet i udbygningen er afgørende for at kunne reagere på langsigtede ændringer i varmebehovet, hvilket gør systemet økonomisk effektivt og fremtidssikret.

3.4 Fjernvarmen produceres effektivt fra mange forskellige anlæg

Med opførelsen af flere mindre og forskelligartede varmepumper i samspil med bl.a. de eksisterende affaldsenergianlæg og det halmfyrede kraftvarmeanlæg i Kredsløb Energipark Lisbjerg, opnås en bredspektret og robust varmeforsyning.

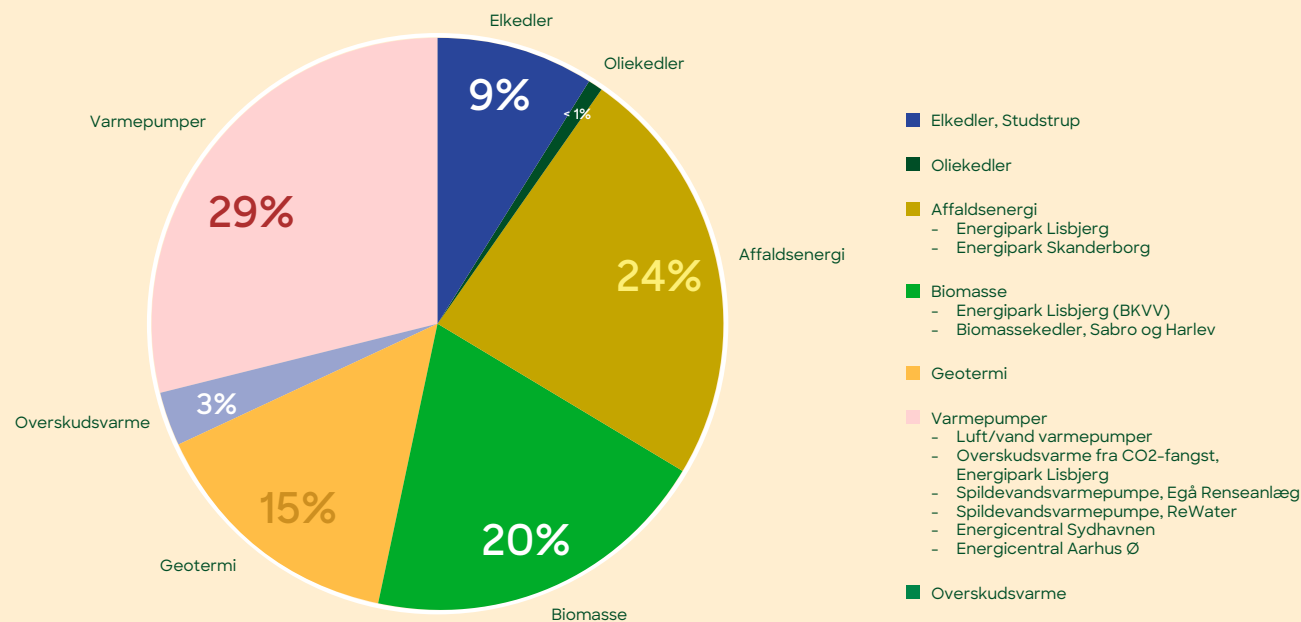
Planlægningen af den daglige varmeproduktion – altså hvilke anlæg, der skal producere varme på hvilke tidspunkter – bliver med Fremtidens fjernvarme i høj grad en optimering op mod elmarkedet for at sikre den billigste og mest

bæredygtige produktion. Med mange anlæg at vælge imellem er det muligt at sikre, at varmen altid bliver produceret med størst mulig effektivitet og fleksibilitet. Da elpriserne i sagens natur ”svinger som vinden blæser”, bliver de førortalt akkumuleringsstanke afgørende aktiver til at sikre billig fjernvarme i årene frem. Sammen med de eksisterende affaldsenergianlæg og halmfyrede anlæg i bl.a. Kredsløb Energipark Lisbjerg sikres den stabile varmeproduktion fra affald og lokal halm. De el-baserede varmepumper og elkedler kan således bruges fleksibelt i store dele af året og vil kun skulle udnytte deres fulde produktionskapacitet, når det bliver koldest.

Under normale driftsforhold, dvs. i normale år uden større udfald på produktionsanlæggene, er der ikke længere behov for de eksisterende oliekedler. Når det bliver rigtigt koldt, bliver det ekstra behov for varme dækket af de eksisterende 280 MW elkedler i Studstrup. Oliekedlerne vil dog fortsat spille en rolle ift. at sikre varmeforsyningen som reserveenheder, hvis der sker nedbrud i vinterperioden på f.eks. de store varmepumper.

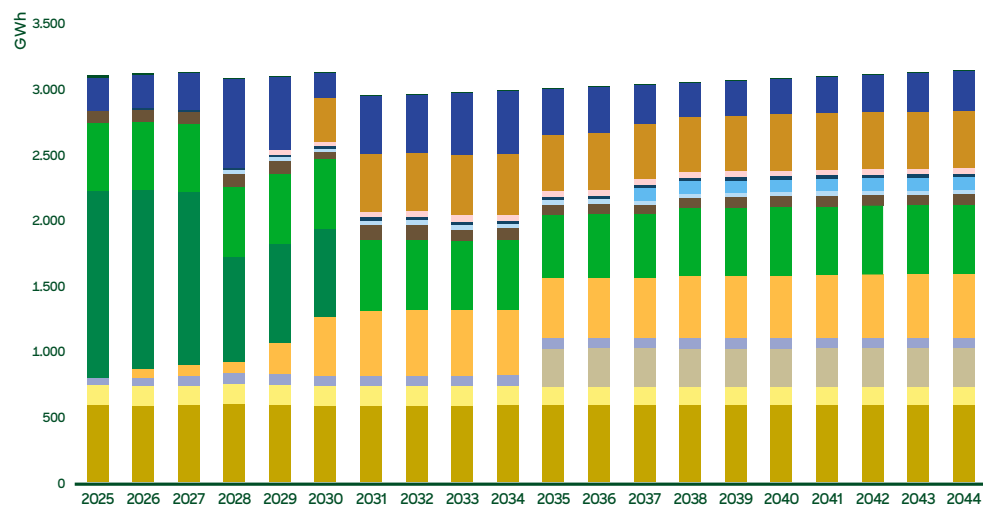
Figur 6, 7 og 8 illustrerer, hvordan fjernvarmen produceres på mange forskellige anlæg, når planen for Fremtidens fjernvarme er fuldt realiseret. Den præcise fordeling af varmeproduktionen på de enkelte anlæg vil variere, da produktionen på anlæggene afhænger af mange forskellige forhold fx elpriser og vejrforhold.

Varmeproduktion når planen er fuldt realiseret



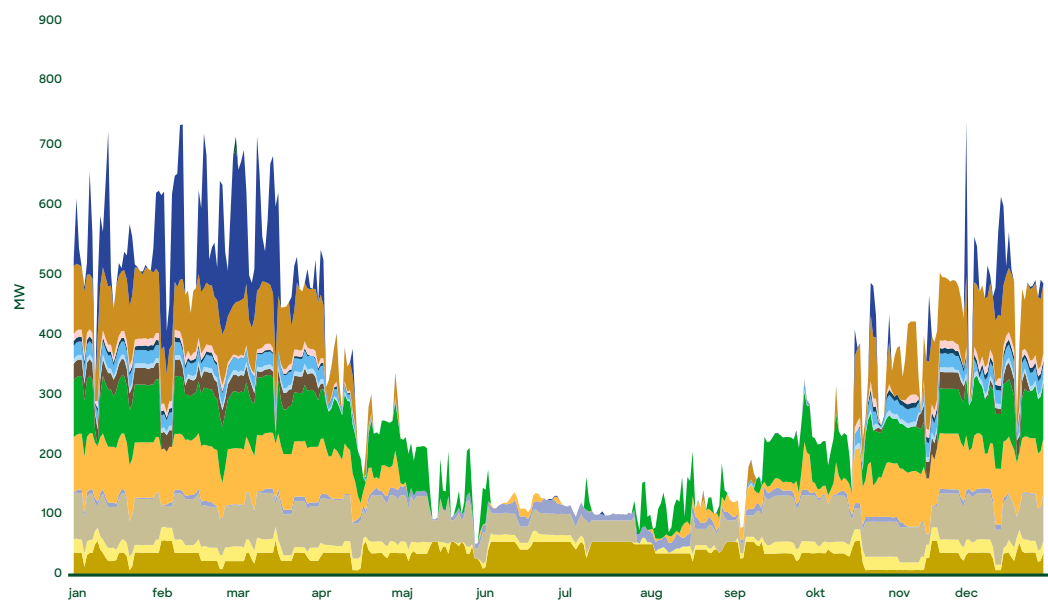
Figur 6. Varmeproduktion på anlæg når planen er fuldt realiseret.

Årlig varmeproduktion på anlæg (2025-2044)



- Oliekedler
- Elkedler, Studstrup
- Luftvarmepumper
- Energicentral Sydhavnen
- Energicentral Aarhus Ø
- Spildevandsvarmepumpe, ReWater
- Spildevandsvarmepumpe, Egå Renseanlæg
- Biomassekedler, Sabro og Harlev
- Energipark Lisbjerg (BKVV)
- Energipark Studstrup, træpillefyret kraftvarme
- Geotermi
- Overskudsvarme, industri og fjernkøl
- Overskudsvarme fra CO₂-fangst, Energipark Lisbjerg
- Energianlæg Skanderborg
- Energipark Lisbjerg

Varmeproduktion på anlæg (2040)



Note: Varmeproduktionen afspejler et tilfældigt valgt klimaår

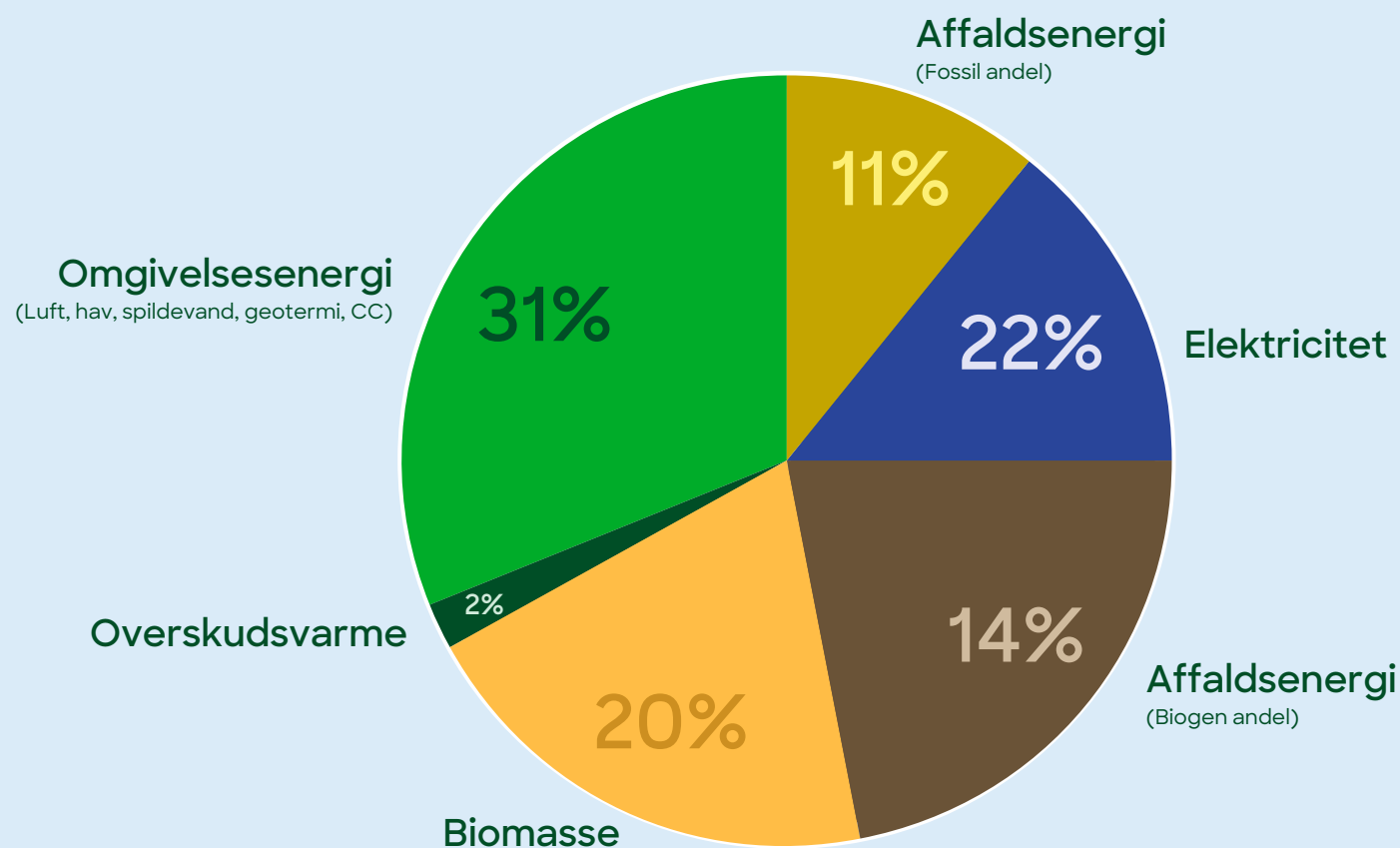
Figur 7.
Årlig varmeproduktion på anlæg (2025-2044) for Fremtidens fjernvarme ved fuld realisering af planen.

Figur 8.
Daglig varmeproduktion på anlæg efter fuld realisering af Fremtidens fjernvarme.

3.5 En omstilling baseret på vedvarende energi

Den grønne omstilling af fjernvarmeproduktionen markerer et paradigmeskifte i brugen af energi til opvarmning. Med udfasningen af afbrændingen af træpiller på Studstrupværket og den samtidige introduktion af el-baserede varmepumper til udnyttelse af den vedvarende og omgivende energi i både

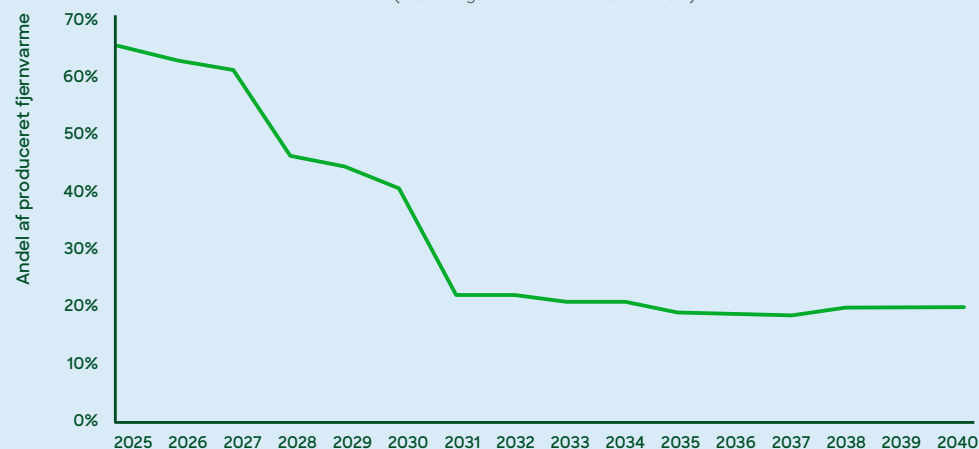
hav, luft, spildevand, undergrund og industri, sikres den mest ambitiøse og bæredygtige omstilling af energiproduktionen i Østjylland nogensinde.



Figur 9. Energikilder anvendt til fjernvarmeproduktion når plan for Fremtidens fjernvarme er fuldt realiseret

Andel af fjernvarme produceret fra biobrændsler

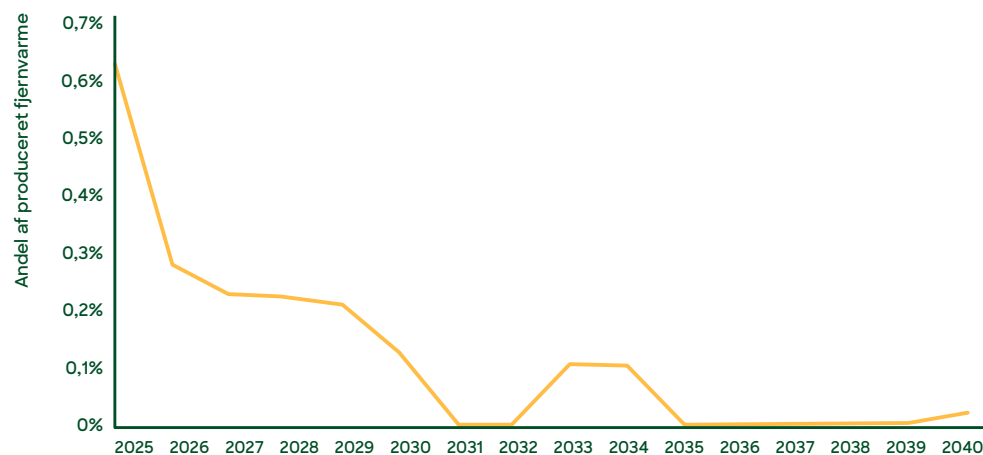
(ekskl. biogent indhold i forbrændt affald)



Figur 10.
Udviklingen i andelen af fjernvarme der er produceret fra biobrændsler (ekskl. biogent indhold i forbrændt affald) for Fremtidens fjernvarme.

Andelen af fjernvarmen som produceres fra afbrænding af biomasse, reduceres fra et niveau på ca. 70% i 2025 til blot 20% efter 2030. Afhængigt af naturlige variationer i forbrug og produktion fra år til år, vil andelen af biomasse i nogle år potentielt falde til blot 15%. Den resterende ca. 20% biomasse i fjernvarmesystemet skal primært komme fra lokalt høstet halm og sekundært fra træflis fra nærområdet.

Andel af fjernvarme produceret på olie

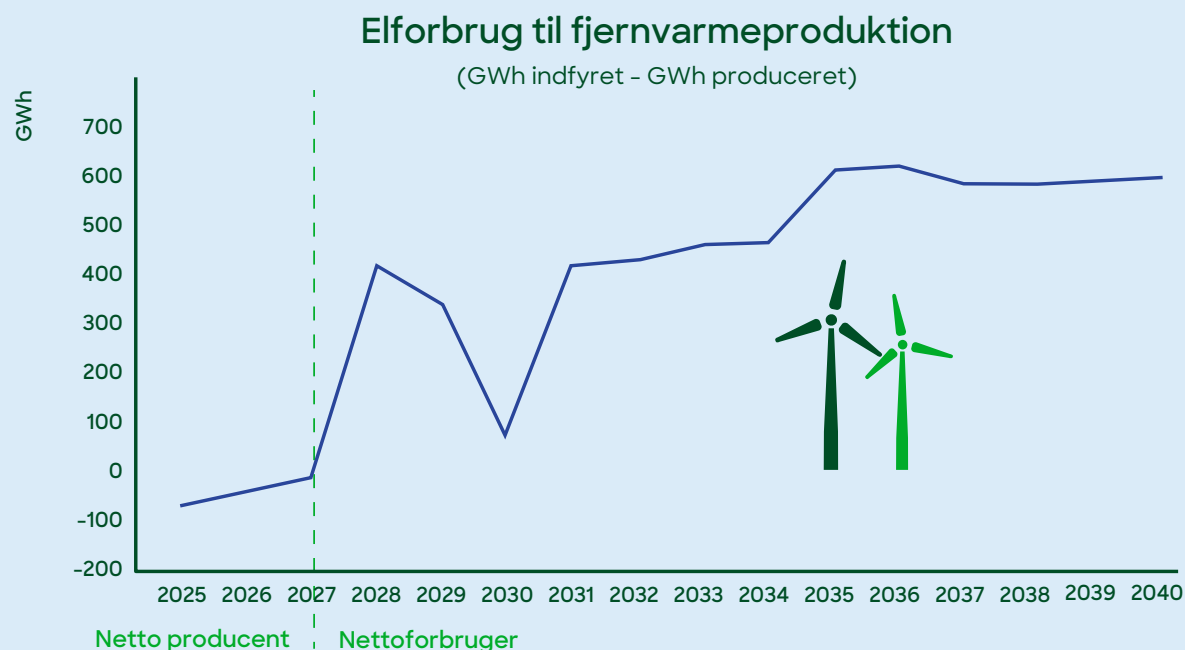


Figur 11.
Udviklingen i olieforbrug til fjernvarmeproduktion for Fremtidens fjernvarme.

Foruden en kraftig reduktion af biomasse vil Fremtidens fjernvarme sikre, at der stort set ikke længere skal bruges olie til at producere varme. Olie vil kun skulle bruges i minimale mængder i ekstraordinære udfaldssituationer og ikke under normale driftsforhold.

Den eneste tilbageværende fossile udledning er den, der indgår i det restaffald, som afbrændes og nyttiggøres i Skanderborg, samt de fossile andele, der indgår i den elektricitet, som købes fra elnettet. Den fossile udledning fra Kredsløb Energipark Lisbjerg vil blive indfanget af CO₂-fangstanlægget.

Figur 12. Udviklingen i forbruget af elektricitet til fjernvarmeproduktion for Fremtidens fjernvarme.



Uddrag fra Aarhus Kommunes aftale om klimastrategi 2025-2030.

” I takt med at Aarhus Kommunes elforbrug stiger, skal søges at etablere yderligere vedvarende energi mod en målsætning om 65 % selvforsyning.

Forligsparterne er enige om, at det forudsætter, at Kredsløb kan opsætte VE i hele Danmark. Forligsparterne anmoder derfor Teknik og Miljø og Kredsløb om at fremlægge en plan for at kunne opstille vedvarende energi i form af sol og vind uden for kommunegrænsen med henblik på at opnå målet.”

3.6 Elforbrug

Overgangen fra at være nettoproducent til at blive nettoforbruger af elektricitet er en af ændringerne, der har betydning for specielt den grønne omstilling. Tidligere har Kredsløb produceret mere strøm, end der er forbrugt. Med den stigende el-baserede varmeproduktion forventes Kredsløbs samlede elforbrug at overstige elproduktionen i 2027.

Stigningen i elforbruget fører ikke til øget belastning på klimaet, tværtimod. I takt med at en større del af elektriciteten i det kollektive elnet kommer fra vedvarende kilder som vind og sol, kan Kredsløb planlægge produktionen, så der i så høj grad som muligt anvendes grøn strøm.

Når Kredsløbs varmeproduktion i videst muligt omfang er drevet af grøn elektricitet, understøttes ikke blot den grønne omstilling på el-området på europæisk og nationalt plan, men også i varmeproduktionen lokalt i Aarhus.

Dette skift reducerer Kredsløbs samlede CO₂-udledning og opfylder Aarhus Kommunes ambitiøse klimamål. På den måde bidrager Kredsløb til Aarhus Kommunes Klimaplan.

Ændringen i energibalancen kræver dog, at Kredsløb fortsætter med at investere i fleksible energiløsninger og styring af energiforbruget. Tiltagene vil være afgørende for at kunne håndtere den øgede elektrificering og sikre en stabil og sikker energiforsyning, selv når elforbruget overstiger produktionen.

Kort sagt, udnytter Kredsløb i videst muligt omfang den grønne strøm, der allerede findes i det kollektive elnet, og bidrager dermed aktivt til en mere bæredygtig fremtid.

3.7 Lav klimapåvirkning

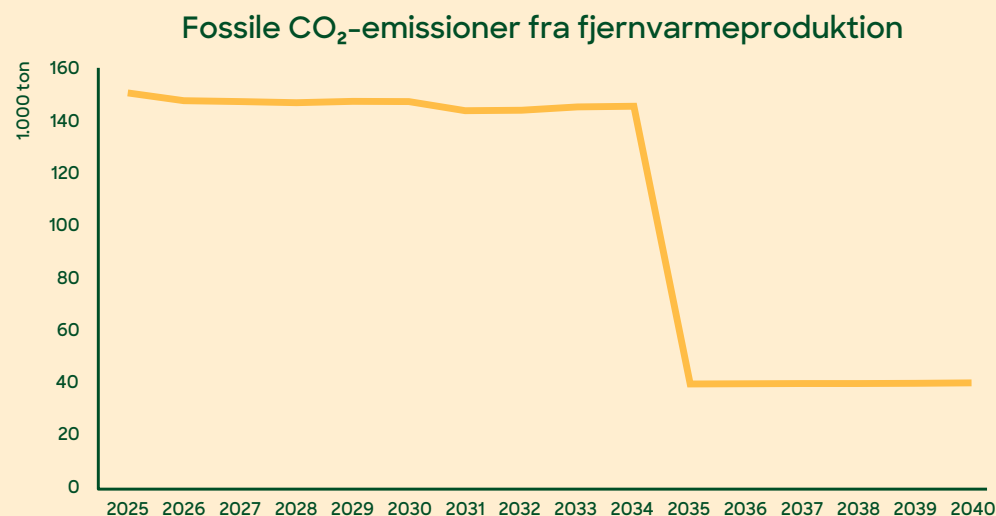
Den store reduktion i forbruget af træbiomasse er en god nyhed for klimaet. Biomasse – og især træbiomasse som fx træpiller og flis – er en begrænset naturressource. Rapporten Danmarks Klimamål 2050 (klimaraadet.dk) dokumenterer, hvordan biomassen har en central rolle i forhold til både at bringe strukturændringer og nye teknologier i spil. Konklusionen er, at biomasse skal anvendes med omtanke, da både omlægning af arealer til natur og nye typer af fødevarerproduktion og biobrændsler også vil presse vores biomassekilder. Konkret anbefaler rapporten, at det danske energisystem i fremtiden ikke baseres på import af biomasse til afbrænding.

Med etablering af et CO₂-fangstanlæg i Kredsløb Energipark Lisbjerg i løbet af 2030'erne er det Kredsløbs mål at fange og permanent lagre CO₂-emissionerne fra både affaldsforbrændingen og det halmfyrede kraftvarmeverk. Herved fanges ikke kun de fossile emissioner men også de biogene emissioner fra den afbrændte biomasse i restaffaldet og halm.

Det er alene de fossile emissioner, der bidrager til øgede CO₂ mængder i atmosfæren, mens indfangning af biogen CO₂ reducerer mængden af CO₂ i atmosfæren. At fange både de fossile og biogene emissioner bidrager positivt til klimaregnskabet.

Afhængigt af den valgte fangstteknologi, forventes et samlet fangstpotentiale fra skorstenen i Kredsløb Energipark Lisbjerg på op til ca. 420.000 ton CO₂ pr. år som en kombination af både fossile og biogene emissioner. På den måde forventes den samlede fossile udledning, der tilskrives varmeproduktionen, at blive nedbragt med ca. 110.000 ton pr. år i løbet af 2030'erne.

De tilbageværende fossile emissioner fra varmeproduktionen stammer hovedsageligt fra affaldsenergianlægget i Skanderborg samt de fossile andele, der indgår i den elektricitet, som købes fra elnettet.

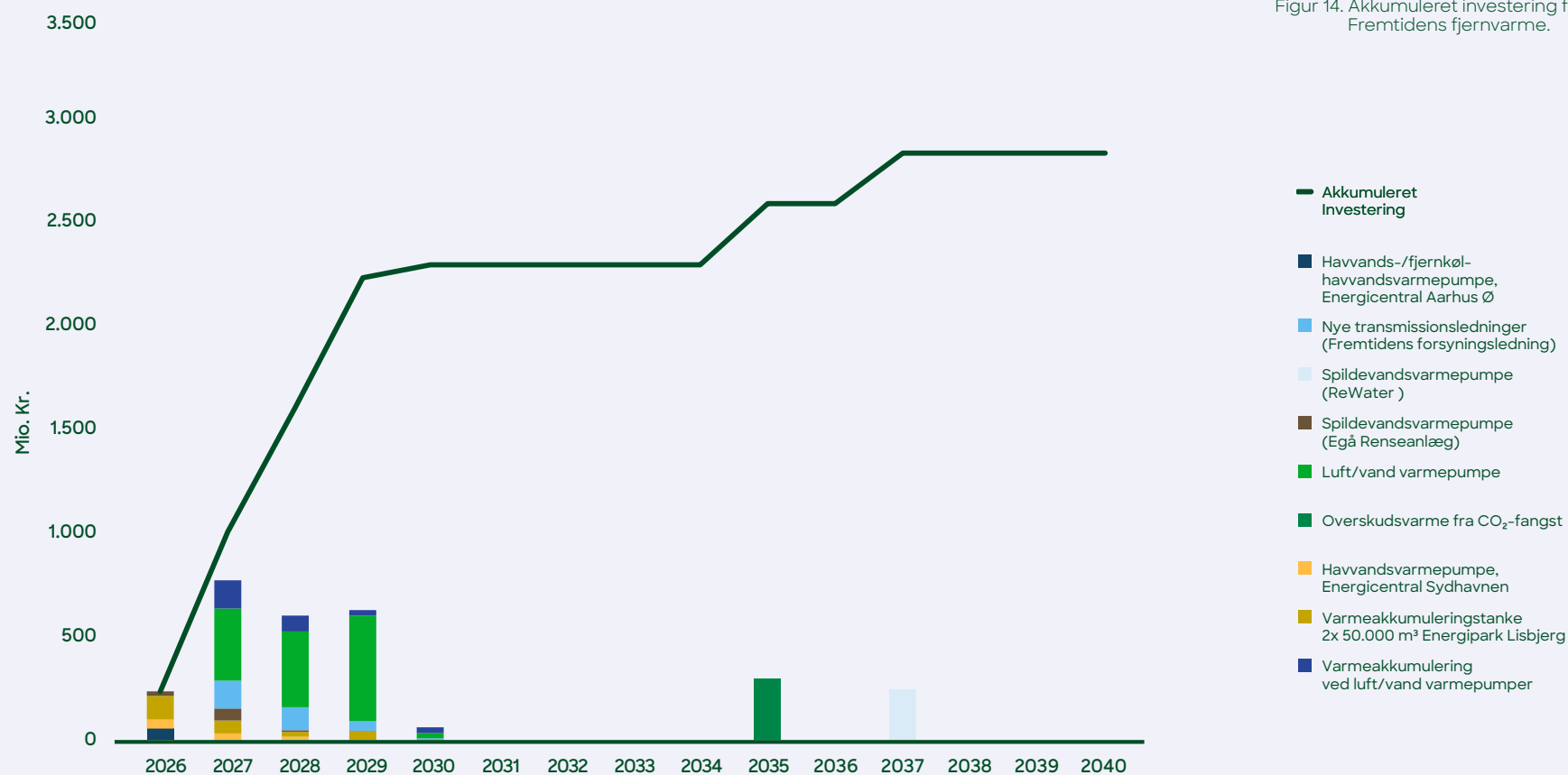


Figur 13. Udviklingen i fossile CO₂-emissioner fra fjernvarmeproduktion for Fremtidens fjernvarme.

3.8 Investeringer og varmepris

Fremtidens fjernvarme er ikke bare det klimavenlige valg, det er også det billigste valg. Til trods for at der investeres ca. 2,8 mia., betyder de nye investeringer, at vi efter 2030 er i stand til at producere varmen mere effektivt end i dag.

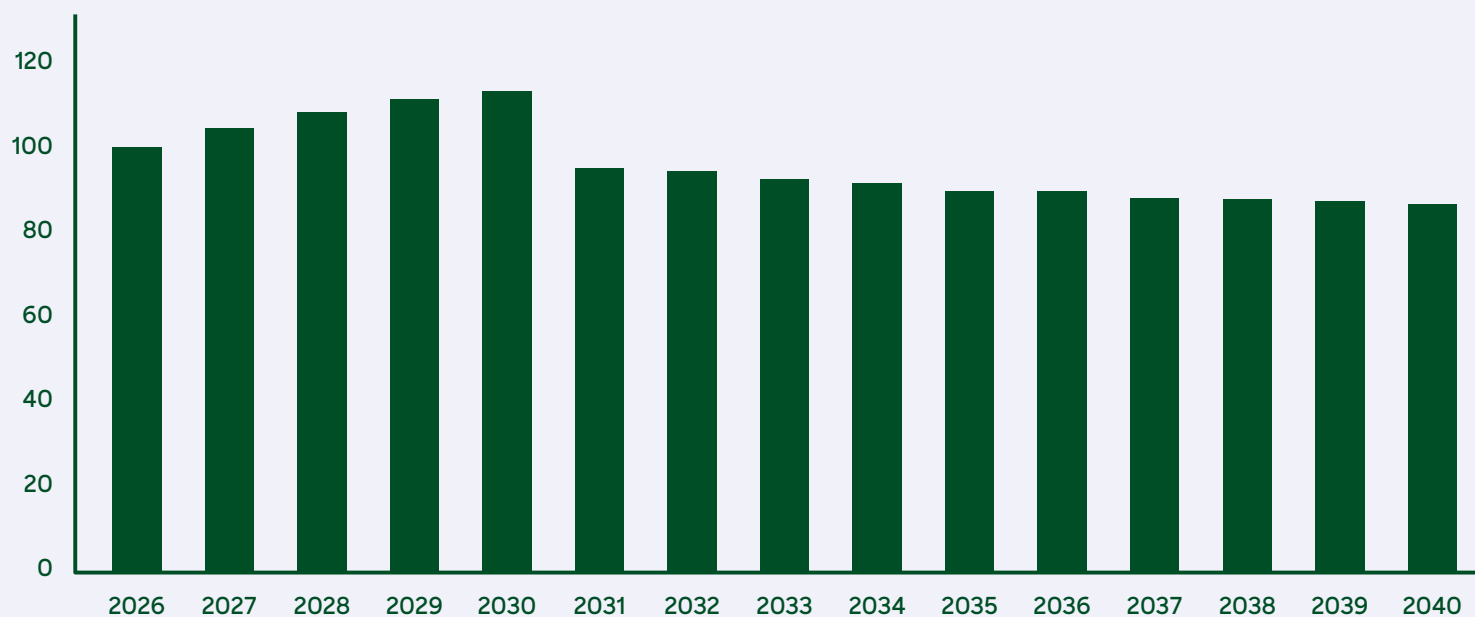
Investeringer



Prisudviklingen for en standard varmekunde er estimeret på baggrund af de aktuelle forventninger til bl.a. anlægsinvesteringer, elpriser, råvarepriser, kvoter og afgifter (Figur 15). Disse omkostningselementer er konstante i grafen nedenfor.

Kredsløb kan lave en omstilling af fjernvarmen uden, at det koster fjernvarmekunderne mere.

Varmeprisindeks, 2026 = indeks 100



Figur 15.
Udviklingen i forvarmeprisindekset
for en standardkunde.

Figur 16. Samfundsøkonomisk fordel ved Fremtidens fjernvarme med SØB22 og SØB25. Samfundsøkonomien er opgjort over en 20-årig betragtningsperiode fra 2025-2044.

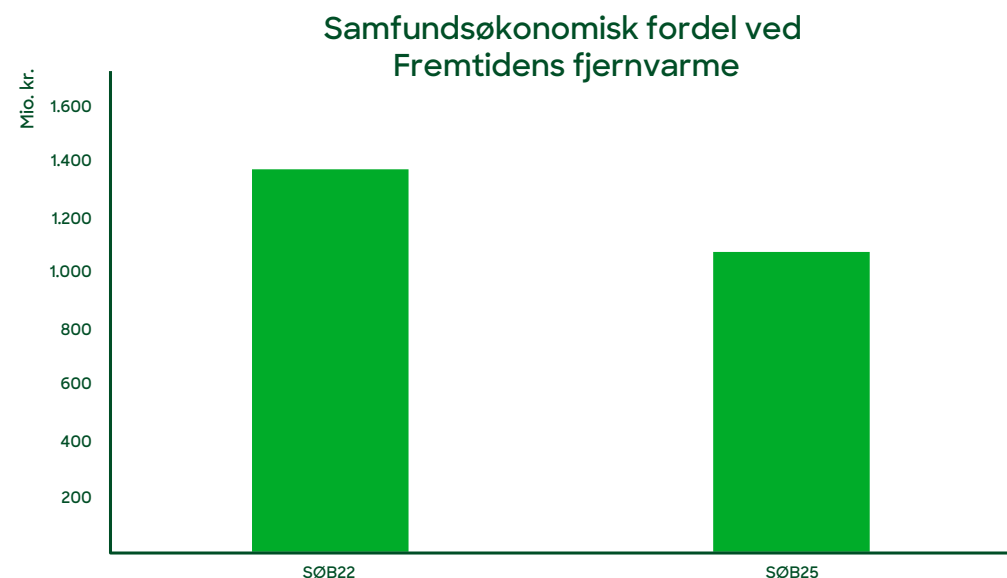
3.9 Samfundsøkonomi

Varmeforsyningslovens formål er at fremme den mest samfundsøkonomiske og miljøvenlige anvendelse af energi til bygningers opvarmning og forsyning med varmt vand.

Energistyrelsen beskriver metoden til beregning af samfundsøkonomien til godkendelse af de konkrete anlæg. Det er også Energistyrelsen, som udgiver beregningsforudsætningerne, som skal bruges til vurdering af samfundsøkonomien. De gældende samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger er fra marts 2026 (SØB25).

Når Kredsløb har vurderet den samfundsøkonomiske værdiskabelse ved gennemførelse af Fremtidens fjernvarme, er vurderingen gennemført på baggrund af den foreskrevne metodik og de foreskrevne beregningsforudsætninger fra Energistyrelsen. Der er udført to vurderinger; én med de gældende SØB25 forudsætninger og én med de tidligere beregningsforudsætninger, som indtil for ganske nyligt har været gældende, SØB22. Den samfundsøkonomiske fordel er opgjort ift. referencescenariet (beskrives i afsnit 5.2).

I afsnit 5 er der ydermere gennemført supplerende sammenligning med et alternativt kraftvarmescenarie.



Den samfundsøkonomiske vurdering af Fremtidens fjernvarme viser, at der opnås en samfundsøkonomisk fordel i forhold til referencescenariet ved anvendelse af begge sæt af beregningsforudsætninger (se afsnit 5 for yderligere om samfundsøkonomi). Ved anvendelse af SØB25 opnås en fordel (nutidsværdi) i forhold til referencescenariet på ca. 1,1 mia. kr. over en 20-årig betragtningsperiode (2025-2044), mens der ved anvendelse af de netop udgåede beregningsforudsætninger opnås en fordel på 1,4 mia. kr. over samme periode.

De samfundsøkonomiske vurderinger er et udtryk for den samlede værdiskabelse ved gennemførelse af alle anlæggene i Fremtidens fjernvarme. Vurderingerne kan ikke direkte anvendes til projektgodkendelse af de konkrete anlæg efter Varmeforsyningsloven.

4 Største risikoelementer

4.1 Tidsaspektet

Fremtidens fjernvarme skal erstatte den varme, der i dag produceres ved afbrænding af træpiller på Studstrupværket. Aftalen om levering af varme fra Studstrupværket (SSV3) udløber i 2030, og derfor skal de nye produktionsanlæg – på nær overskudsvarme fra CO₂-fangst og Rewater – være klar og indkørt til fyringssæsonen 2030. Arbejdet med fremtidens produktionsanlæg er i fuld gang. Det første geotermiske anlæg har leveret varme i løbet af 2025, og etableringen af energicentraler til produktion af fjernkøling og fjernvarme er godt i gang. Der er dog stadig en række andre projekter, der også skal realiseres. Tidsaspektet er her et vigtigt risikoelement. For at kunne realisere projekterne skal en række myndigheds- og anlægsopgaver lykkes, hvilket kræver et særligt fokus fra både Kredsløb og Aarhus Kommunes side, da projektet skal lykkes inden for en stram tidsplan. For at sikre den bedst mulige proces arbejder Kredsløb tæt sammen med de relevante myndigheder.

4.2 Prisaspektet

Den fremlagte plan omfatter meget store investeringer i ny varmeproduktion. Investeringerne omfatter bl.a. forskellige former for varmepumper og varmeakkumuleringsstanke. Dette er alle teknologier, der allerede findes mange steder, men i Aarhus er vi i gang med en omstilling af energisystemet, der ikke tidligere er set i den skala, der bliver fremlagt i planen. Projekter i dette omfang har en væsentlig risiko i forhold til de budgetterede priser, der regnes med, og der er en reel risiko for, at priserne på anlæggene bliver højere end forventet. For at imødekomme dette er der foretaget markedsafdækning, hvor de anvendte forudsætninger er bekræftet ved centrale markedsaktører i forhold til bl.a. priser, teknologier og realiserbarhed.

Følsomhedsanalyserne viser desuden, at de fremlagte løsningsforslag har en høj grad af robusthed overfor ændringer i investeringsbudgettet. Det vil sige, at de varmeproduktionsomkostninger, der hvert år bliver sendt til varmekunderne, kun i begrænset omfang påvirkes af budgetoverskridelser på anlægsbudgettet. Dette skyldes dels, at omkostningen spredes ud over mange år, og dels at investeringsomkostningerne kun udgør en andel af varmeproduktionsomkostninger, som også omfatter f.eks. el til drift af varmepumperne.



4.3 Elektricitet

Elektrificering af varmeproduktionen er et centralt element i den fremlagte plan. Det medfører en kraftig reduktion i afbrænding af biomasse, men modsvares af en markant stigning i elforbruget. Kredsløb går fra at være nettoproducent af elektricitet med årligt netto ca. 70 GWh produceret elektricitet, til at være nettoforbruger af ca. 600 GWh. For at lykkes med den grønne omstilling, er det afgørende, at det øgede elektricitetsbehov kan dækkes af vedvarende energi, og at den vedvarende elektricitet kan transporteres frem til de varmepumpeanlæg, der skal bruge elektriciteten.

I forhold til muligheden for at dække det fremtidige behov med vedvarende energi, fremgår det af Energistyrelsens Analyseforudsætninger til Energinet, at der er en forventning om en markant stigning i brugen af store varmepumper til varmeproduktion, og at dette modsvares af udbygning af både solcelle-, havvind- og landvindskapacitet.

I forhold til tilgængeligheden af grøn elektricitet i de konkrete områder, samarbejdes der intensivt med de lokale elnetselskaber omkring kapaciteten og fremtidige udbygningsbehov. I dialogen med elnetselskaberne indgår placeringen af kommende transformatorstationer som et vigtigt parameter i forhold til placering af ny varmepumpekapacitet.

4.4 Teknologi

Et væsentligt element i den fremlagte plan er en langt højere differentiering og decentralisering af varmeproduktionen end hidtil. Dette giver i sig selv en mere robust varmeproduktion, da udfordringer med én teknologi får relativt mindre betydning, end når der er tale om en centraliseret varmeproduktion baseret på få meget store anlæg. På den anden side er der også tale om en plan, der introducerer flere nye teknologier. Enkelte af teknologierne er helt nye. Fx er der ikke tidligere set anlæg, der udnytter geotermisk energi i den skala, der introduceres i Aarhus. Men selv om omfanget er nyt, er de underliggende teknologier fuldt modne og velafprøvede. Det gælder både for geotermi, hvor erfaringerne med at hente vand op fra undergrunden er store, og varmepumpeteknologier velafprøvet på andre

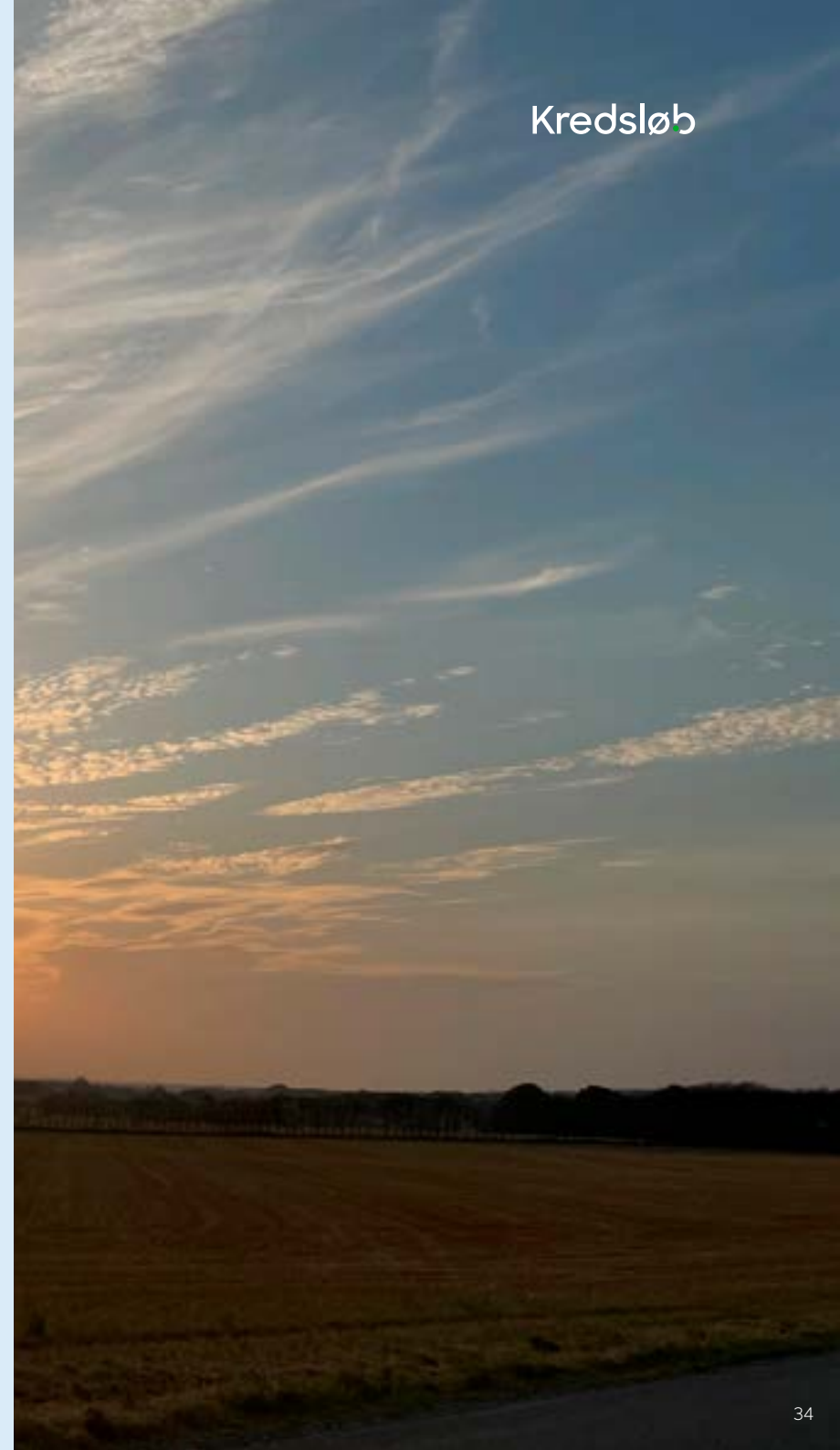
kilder. Det samme gælder for varmepumperne på både spildevand, havvand og luft. Rundt omkring i Danmark er en række projekter i det seneste år etableret, og flere er på vej også i den skala, der bliver fremlagt i i planen for Fremtidens fjernvarme.

4.5 Fleksibilitet reducerer risici

Et væsentligt aspekt af den fremlagte plan er fleksibilitet i form af en modulær tilgang. Planlægningen af energisystemet har traditionelt set være præget af et fastlåst system af store anlæg. Bygges et stort kraftvarmeværk, skal det stå i mange år, og det er ikke umiddelbart muligt at skalere hverken op eller ned. Derfor bliver anlæggene typisk bygget med rigelig kapacitet, da det er svært at spå om behovet mange år ud i fremtiden. I den fremlagte plan bliver energiproduktionen meget mere modulært, og det er relativt hurtigt at udvide kapacitetsteknisk, når behovet opstår. For et luft/vand varmepumpeanlæg er det relativt let at supplere med ekstra energioptager og kompressorenheder.

Designet af fremtidens varmeforsyningen er afgørende for at sikre stabilitet og pålidelighed. Implementering af decentrale løsninger, hvor produktion sker på flere mindre enheder, der er spredt geografisk, styrker fjernvarmesystemets samlede robusthed. Større decentralisering gør, at afhængigheden af enkelte anlæg og fjernvarmeledninger bliver reduceret, hvilket mindsker risikoen for, at en enkelt fejl kan forårsage forsyningsforstyrrelser.

Når man vurderer forsyningssikkerheden i et energisystem, regner man på konsekvenserne ved udfald på det største anlæg i systemet (en såkaldt N-1 betragtning). I den fremlagte plan er systemet baseret på mange flere og mindre anlæg. Det betyder, at det største anlæg i fremtiden vil være væsentligt mindre end i dag. Dermed er restlastbehovet væsentlig mindre og af den grund er systemet væsentligt mere robust over for udfald på anlæggene.



5 Bilag

5.1 Metode og beregningsforudsætninger

Planen for Fremtidens fjernvarme tager udgangspunkt i optimeringen af en teknoøkonomisk beregningsmodel af fjernvarmesystemet. Denne optimering af fjernvarmesystemet består i at identificere den, for fjernvarmekunderne og samfundsøkonomien, teknisk og økonomisk mest fordelagtige sammensætning af nye produktionsanlæg til erstatning af Studstrupværkets blok 3 fra 2031. Planen udtrykker således den optimerede løsning, herunder hvilke produktions- og ledningsanlæg, der skal investeres i, og hvordan disse skal disponeres og produktionsplanlægges under varierende driftsbetingelser for at sikre den teknisk mest robuste og økonomisk mest fordelagtige fjernvarme for Kredsløbs kunder.

Grundlaget for optimeringen af hvilke investeringer, der er de mest fordelagtige og dermed indgår i planen for Fremtidens fjernvarme, er etableringen af en pålidelig og detaljeret model af fjernvarmesystemet. Denne model skal ikke kun kunne simulere varme- og elproduktionen time for time, men også varmetransporten, varmetabet og forbruget af varme i de enkelte delområder af nettet. Ved hjælp af fremskrivninger og prognoser for fremtidige usikre forhold (varmeproduktionsbehov, energipriser, m.m.), simulerer modellen fjernvarmesystemets tilhørende varme- og elproduktion i årene frem.

En databaseret model af fjernvarmesystemet

Modellen af fjernvarmesystemet er udarbejdet af rådgivningsfirmaet Added Values. Den tager udgangspunkt i principperne fra Balmorel, der bredt anvendes til systemanalyser i energibranchen. Added Values har tilpasset og udbygget modellen, så den favner Kredsløbs fjernvarmesystems fysik og virkemåde. Modellen beskriver således, hvordan varmen og elektriciteten bliver produceret på de enkelte produktionsanlæg, hvordan varmen transporteres rundt i ledningsnettet og hvordan varmen forbruges i de enkelte delområder af ledningsnettet. Fordi modellen er en meget detaljeret imitation af det virkelige fjernvarmesystem, omfatter den alle væsentlige flaskehalse i ledningsnettet, tryk og temperaturforhold, driftskaraktistika for eksisterende produktionsanlæg mm.

Modellen opererer med en tidsopløsning på én time, og kan således simulere fjernvarmesystemets drift, time for time, år for år.

Efter opsætning af modellen, har den gennemgået en omfattende kalibrerings- og valideringsproces vha. historiske dataserier fra fjernvarmesystemets produktions- og forbrugsanlæg. Det er på denne måde sikret, at modellen "regner rigtigt", og at den ved simulering af produktion og forbrug kan genskabe historiske situationer. Dette skaber et meget pålideligt beregningsgrundlag for at vurdere de enkelte investeringsmuligheder og den optimale sammensætning af fremtidens fjernvarme.

Eksterne inputs

Modellen af fjernvarmesystemet hviler på en lang række eksterne inputs. Disse inputs er informationer om nuværende og fremtidige eksterne forhold, som er ude af Kredsløbs kontrol. Sådanne inputs til modellen er bl.a. prognoser for varmebehovet, el- og brændselspriser, CO₂-kvotepriser, tariffer, afgifter mm.).

Informationer om det fremtidige varmebehov er beskrevet i afsnit 2.4 "Varmebehovet i årene frem" og givet som en prognose for den fremtidige varmeproduktion.

Sammenhængende prognoser for prisen på brændsel, herunder elektricitet, de forskellige biomassebrændsler og CO₂-kvoter fra 2025-2050, er modelleret af EA Energianalyse (juni 2025).

Informationer om seneste udvikling og fremtidsplaner for eltariffer, tilslutningsforhold mm. er indhentet fra de lokale elnetselskaber Dinel og Konstant, som dækker forsyningsområderne i Aarhus, og Energinet som opererer el-transmissionsnettet. Både Dinel, Konstant og Energinet har været behjælpelig med sparring og videndeling ift. fremtidsplaner for elforsyningen, tilslutningsmuligheder og tidsplanlægning

Investeringsmuligheder

Modellen er simuleret med rigtig mange forskellige produktions- og lagerløsninger i forskellig størrelse og omfang, til erstatning af Studstrupværket blok 3 fra 2031.

Generelt for alle de analyserede og vurderede investeringsmuligheder er der anvendt data fra Energistyrelsens Teknologikatalog som grundlag. Hvor det har været muligt, er disse tekniske og økonomiske data for de enkelte anlægstyper beriget med erfaringstal og viden fra realiserede projekter for de seneste år i Danmark.

De vurderede investeringsmuligheder kan opdeles i anlæg til produktion af fjernvarme og anlæg til samproduktion af både fjernvarme og el (kraftvarme), samt anlæg til lagring af varme og ledningsanlæg.

De vurderede investeringsmuligheder ift. produktion af fjernvarme alene omfatter både elbaserede løsninger (varmepumper, direkte nyttiggørelse af overskudsvarme, mere geotermisk varme, PtX og elkedler), og løsninger baseret på afbrænding af biomasse (halmkedler, fliskedler, kedler til haveparkaffald og spildevandsslam). Især de varmepumpe-baserede løsninger omfatter en lang række af undervarianter med forskellige fordele og ulemper, alt efter de tekniske forhold og den anvendte lavtemperaturkilde (havvand, spildevand, udeluft, geotermisk varme, fjernkøling, CO₂-fangst overskudsvarme, anden overskudsvarme).

De vurderede investeringsmuligheder ift. samproduktion af fjernvarme og elektricitet (kraftvarme) omfatter løsninger baseret på afbrænding af halm og flis, både som store udtagsværker (samme princip som Studstrupværket) og som mindre modtrykswærker (samme princip som det halmfyrede kraftvarmeværk i Lisbjerg).

De vurderede investeringsmuligheder ift. lagring af fjernvarme til forøgelse af driftsfleksibiliteten omfatter både ståltanke (varmeakkumuleringstanke) og damvarmelagre. Herudover der er vurderet en række muligheder for udvidelse og opgradering af ledningsnettet.

Økonomisk optimering

Ved gentagne simuleringer af modellen, time for time, år for år, med forskellige kombinationer af investeringsmuligheder relevante for de forskellige arealer, opnås et stort antal forskellige "scenarier" for, hvordan det fremtidige fjernvarmesystem kan bestykkes. Disse scenarier performer vidt forskelligt på både tekniske og økonomiske parametre. Med den modelbaserede tilgang opnås et meget stort antal løsninger, der tilsammen udfolder det fulde udfaldsrum for, hvordan fremtidens fjernvarmesystem kan se ud i og omkring Aarhus.

Med den samlede varmeproduktionspris i hvert scenarie som den styrende økonomiske evalueringsparameter, er der anvendt en

matematisk optimeringsalgoritme til fokusering af udfaldsrummet, som går mod minimering af varmeprisen.

Den foreslåede løsning for Fremtidens fjernvarme (afsnit 3) er et udtryk for den mest optimale løsning ud af alle kombinationer af investeringsmulighederne.

Følsomhedsanalyser og robusthedstest

Den identificerede løsning for Fremtidens fjernvarme (afsnit 3) er grundigt testet for sin robusthed overfor varierende forudsætninger og usikkerhed om de eksterne inputs til modellen. Disse følsomhedsanalyser har tjent til optimering og berigelse af løsningen, så der opnås en både meget teknisk og økonomisk robust plan for Fremtidens fjernvarme.

Løsningen er bl.a. vurderet for usikkerhed om fremtidens varmegrundlag, ekstremt kolde og varme år, udfald af de største anlæg på de mest kritiske tidspunkter, ekstremt høje og lave elpriser og biomassepriser, ændringer af eltariffer, en potentiel afgift på biomasse, budgetoverskridelser, mm.

5.2 Referencescenariet: SSV3 fortsætter efter 2030

I referencescenariet indgår fjernvarmesystemet som vi kender det i dag (Figur 3). Herudover indgår alle anlæg, der er projektdokumenterede efter Varmeforsyningsloven, men endnu ikke opførte (dvs. det geotermiske projekt i samarbejde med Innargi og havvandsvarmepumper ved Maskinrummet, Aarhus Ø).

I referencescenariet antages det, at Studstrupværkets blok 3 (SSV3) ikke stopper i 2030, men fortsætter med at levere den nødvendige varme i hele planforslagets 20-årige betragtningsperiode. Referencescenariet forholder sig således ikke til det faktum, at SSV3 er et ældre anlæg, og at Kredsløb og Ørstedes varmekøbsaftale udløber i 2030. I realiteten er det usikkert om SSV3 overhovedet kan fortsætte driften efter 2030, og hvis det er tilfældet, vil det sandsynligvis omfatte en betydelig reinvestering i anlægget. I referencescenariet er indregnet en estimeret reinvestering, men referencescenariet forholder sig ikke til mulighederne for fortsat drift på anlægget. Referencescenariet betragtes således som et fiktivt scenarie og tjener alene det formål at kunne vurdere værdiskabelsen ved gennemførelsen af Fremtidens fjernvarme.





Geotermisk varme i Aarhus

Foruden de eksisterende anlæg omfatter referencescenariet et projekt bestående af i alt ca. 111 MW geotermisk varmeproduktion til nyttiggørelse af varmeenergien i undergrunden. Den geotermiske kapacitet skabes fra tre lokaliteter i Aarhus. Fjernvarmen produceres fra dels direkte veksling af geotermisk varme til fjernvarme, og dels af varmepumper.

Anlæggene leverer varme i de nærliggende lokale distributions- og transmissionsnet og idriftsættes løbende frem mod 2030.

Byrådet i Aarhus Kommune godkendte i januar 2023 projektforslaget for etablering af et samlet geotermisk projekt på 111 MW.

Havvandsvarme ved Maskinrummet, Aarhus Ø

Herudover omfatter referencescenariet også et 11 MW varmepumpeanlæg til nyttiggørelse af varmeenergien fra fjernkøling og i havvandet ved Aarhus Ø. I perioder med kølebehov hos

omkringliggende fjernkølingskunder, skifter varmepumperne fra at køle på havvandet til at køle på fjernkølingssystemet.

Varmepumpeanlægget vil levere varme i de nærliggende lokale distributionsnet og forventes at kunne stå klar til fuld drift og produktion af fjernvarme i løbet af 2026.

Aarhus Kommune har i 2023 projektkodkendt varmeproduktion på i alt 4 MW i Maskinrummet, Aarhus Ø. Et projektforslag om udvidelse med yderligere ca. 7 MW varmeproduktion til i alt ca. 11 MW blev godkendt i 2024.

5.3 Alternativ løsning: Nyt centralt kraftvarmeanlæg

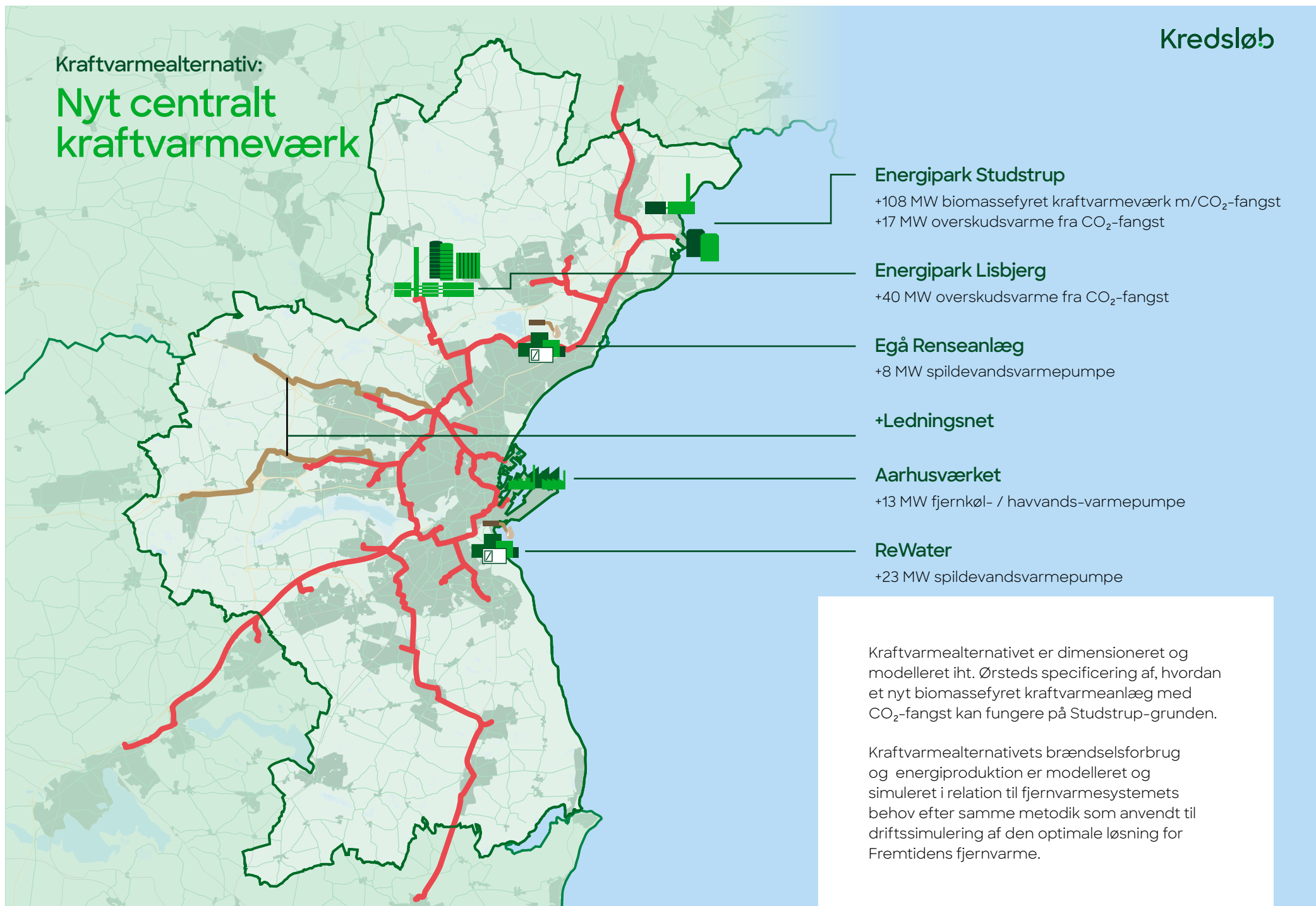
Kredsløb har identificeret en alternativ løsning for etableringen af varmeforsyningen til 2031 baseret på et nyt centralt kraftvarmeværk (herefter benævnt Kraftvarmealternativet) og sammenlignet den alternative løsning med den foreslåede løsning for Fremtidens fjernvarme (afsnit 3). Kredsløb har derfor

valgt at medtage Kraftvarmealternativet og efter hvad Kredsløb er orienteret om, ligner Kraftvarmealternativet den kraftvarmeløsning som Ørsted har præsenteret for Aarhus Kommune.

Kraftvarmealternativet består i etableringen af et nyt biomassefyret kraftvarmeanlæg med tilknyttet CO₂-fangst på Studstrupgrunden til erstatning for Studstrupværket blok 3 (SSV3), samt et nyt anlæg til nyttiggørelse af overskudsvarme fra det tilhørende CO₂-fangstanlæg. Herudover indgår også Kredsløbs planlagte nyttiggørelse af overskudsvarme fra CO₂-fangstanlæg planlagt i Kredsløb Energipark Lisbjerg, et ca. 13 MW varmepumpeanlæg til nyttiggørelse af varmen fra både havvand og fjernkøling ved Aarhusværket (Sydhavnen), udnyttelse af spildevand til fjernvarmeproduktion ved Egå Renseanlæg og ved ReWater, samt etableringen af et ledningsnet vest for Aarhus.

Kraftvarmealternativ:

Nyt centralt kraftvarmeværk



Figur 17. Nye varmeproduktionsanlæg indeholdt i Kraftvarmealternativet.

Kraftvarmeanlæg ved Energipark Studstrup

Kraftvarmeanlægget har en varmeeffekt på 108 MW (150 MW indfyret effekt). Anlægget er et halmfyret kraftvarmeanlæg af typen udtagsværk ligesom det eksisterende Studstrupværk med mulighed for at kondensere varmen i havvandet, når der ikke er brug for fjernvarmeproduktionen. Dette er fx tilfældet i sommerhalvåret.

Det kan ikke på nuværende tidspunkt fastslås, hvis og hvornår et sådant kraftvarmewærk kan etableres og idriftsættes på Studstrupgrunden. Det tager dog erfaringsmæssigt mindst seks år fra ide til idriftsættelse med et anlæg af denne type. Byggetiden må dog forventes at blive væsentligt forøget, hvis det skal samtænkes med CO₂-fangst.

Det antages i de gennemførte analyser og vurderinger af Kraftvarmealternativet at kraftvarmeanlægget står klar til drift og produktion af fjernvarme fra og med 2031, velvidende at dette vurderes urealistisk.

Overskudsvarme fra CO₂-fangst ved Energipark Studstrup

I forbindelse med et nyt kraftvarmeanlæg i Studstrup antages det, at der kan etableres et CO₂-fangstanlæg, hvortil der etableres varmepumpeanlæg til nyttiggørelse af overskudsvarmen i fjernvarmesystemet i dele af året. I de perioder af året, hvor denne overskudsvarme ikke afsættes til fjernvarmesystemet, bortkøles den til havet. Varmekapaciteten på dette overskudsvarmeanlæg udgør 17 MW.

Det fremstår uklart på nuværende tidspunkt, hvordan og hvorledes et sådan anlæg til nyttiggørelse af overskudsvarmen kan indbygges som en integreret del af kraftvarmeanlægget.

Overskudsvarme fra CO₂-fangst ved Kredsløb Energipark Lisbjerg

Et varmepumpeanlæg opføres til nyttiggørelse af overskudsvarmen fra Kredsløbs kommende CO₂-fangstanlæg i Kredsløb Energipark Lisbjerg, i umiddelbar sammenhæng med fangstanlægget. Nettoeffekten forventes at være ca. 40 MW.

Varmepumpeanlægget skal nyttiggøre den tilgængelige overskudsvarme til fjernvarmeproduktion og levere denne til transmissionsnettet. Hvornår et sådan anlæg står klar til fuld drift og produktion er pt. uvist, men det er Kredsløbs og Aarhus Kommunes forventning, at det sker i løbet af 2030'erne.

Mængden af tilgængelig overskudsvarme fra fangstprocessen afhænger af den valgte fangstteknologi.

Havvandsvarme og fjernkøling går hånd i hånd på Sydhavnen

Ved Aarhusværket etableres et anlæg til produktion af fjernkøling efter samme princip som det allerede godkendte projekt på Aarhus Ø, som skal levere køling til bl.a. kontorer og hoteller ved de bynære havnearealer. Den strategiske placering af anlægget gør, at overskudsvarmen fra produktionen af fjernkøling effektivt kan udnyttes

i fjernvarmesystemet. Ved at føre havvand ind til de kombinerede køle- og varmepumper, kan maskinerne også producere varmt vand til fjernvarme om vinteren, når der ikke er brug for fjernkøling. Anlægget har en produktion af fjernvarme på ca. 13 MW om vinteren, som kan stå klar til endelig drift i 2028.

Spildevand bliver til fjernvarme

Ved Egå Renseanlæg vil Kredsløb i samarbejde med Aarhus Vand etablere en 8 MW spildevandsvarmepumpe, der udnytter restvarmen i spildevandet efter, at det er rensat. Spildevandsvarmepumpen planlægges at kunne stå klar til endelig drift i 2028.

Ved det kommende ReWater renseanlæg opføres en større spildevandsvarmepumpe på 23 MW, der på samme vis skal udnytte restvarmen i spildevandet. Dette varmepumpeanlæg forventes at kunne stå klar til endelig drift i 2036.

Ledningsnet i Aarhus Vest

Et ledningsnet etableres vest for Aarhus, der ledningskobler det eksisterende transmissionsnet i og omkring Aarhus med distributionsnettet i Harlev og Sabro.

I kraftvarmealternativet tjener ledningsnettet det formål, at sikre den fortsatte varmeforsyning til Harlev og Sabro i årene frem. Herforuden vil ledningsnettet øge den generelle forsyningssikkerhed i fjernvarmesystemet og driftsfleksibiliteten generelt.

5.4 Samfundsøkonomisk sammenligning

Varmeforsyningslovens formål er at fremme den mest samfundsøkonomiske og miljøvenlige anvendelse af energi til bygningers opvarmning og forsyning med varmt vand.

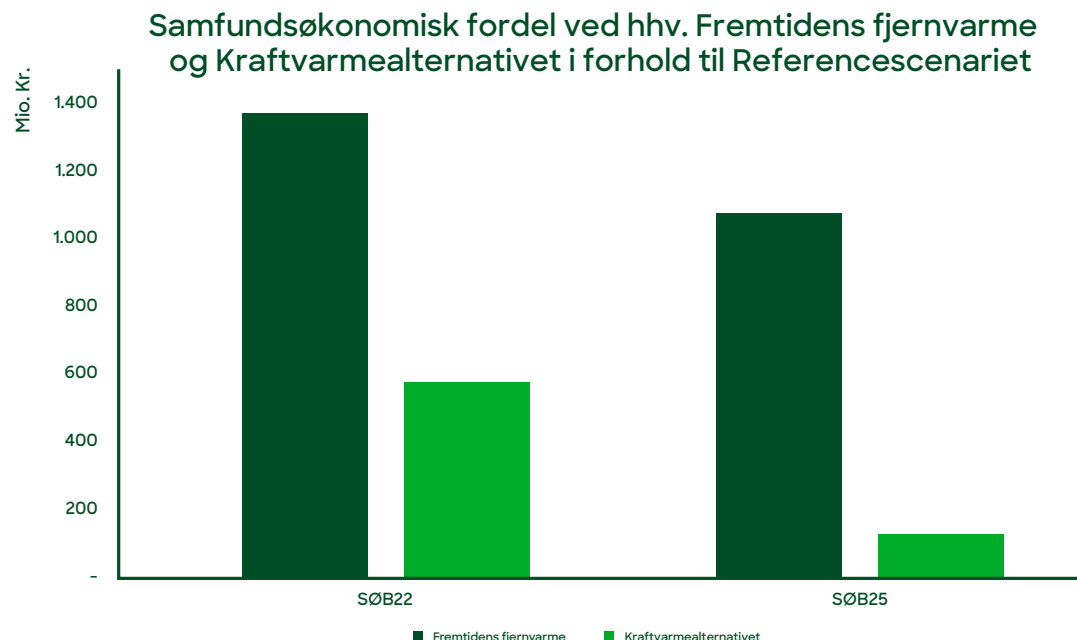
Energistyrelsen beskriver metoden til at beregning af samfundsøkonomien til godkendelse af de konkrete anlæg. Det er også Energistyrelsen, som udgiver beregningsforudsætningerne, som skal anvendes til vurdering af samfundsøkonomien. De gældende samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger er fra marts 2026 (SØB25). Der er udført to vurderinger; én med de gældende SØB25 forudsætninger og én med de tidligere beregningsforudsætninger, som indtil for ganske nyligt har været gældende, SØB22

Den samfundsøkonomiske fordel ved gennemførelse af Fremtidens fjernvarme i forhold til referencescenariet er præsenteret i afsnit 3. Herunder suppleres denne med vurderingen af Kraftvarmealternativet.

Den samfundsøkonomiske vurdering af Kraftvarmealternativet viser, at der over en 20-årig betragtningsperiode (2025-2044) opnås en samfundsøkonomisk værdiskabelse i forhold til referencescenariet ved anvendelse af de netop udgåede beregningsforudsætninger (SØB22) og de gældende beregningsforudsætninger (SØB25).

Vurderingerne viser samtidig, at Fremtidens fjernvarmes samfundsøkonomiske fordel i forhold til referencescenariet er markant større

Figur 18. Samfundsøkonomisk fordel ved hhv. Fremtidens fjernvarme og Kraftvarmealternativet ift. referencescenariet. Samfundsøkonomien er opgjort over en 20-årig betragtningsperiode fra 2025-2044



end fordelen ved Kraftvarmealternativet ved de gældende beregningsforudsætninger, SØB25.

De samfundsøkonomiske vurderinger er et udtryk for den samlede værdiskabelse ved gennemførelse af alle anlæggene i Fremtidens fjernvarme henholdsvis Kraftvarmealternativet.