

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

Case study | VLT® AQUA Drive FC 202

## Elektrificering og sektorkobling sikrer **fleksibilitet og optimal udnyttelse af energien** for HOFOR

København har sat sig et ambitiøst mål om at blive en CO<sub>2</sub>-neutral by i 2025, og her spiller varmeforsyningen en vigtig rolle. Et demonstrationsanlæg i Københavns Nordhavn, der forsyner krydstogtterminalerne med fjernvarme, viser hvor langt man kan nå med elektrificering og sektorkobling. Danfoss Drives er med på Hovedstadsområdets Forsyningsselskabs (HOFOR) grønne rejse og regulerer varmeproduktionen efter fleksibelt behov med frekvensomformere, der sikrer optimal udnyttelse af energien.

**4 MWh**

Energilagring

TERMINAL 1



## Med sektorkobling og vedvarende energikilder nåes CO<sub>2</sub>-mål

For at nå verdens mål om nedbringelse af CO<sub>2</sub>-udledningerne, vil det meste af fremtidens elforsyning komme fra vedvarende kilder som sol og vind. I Danmark er vi allerede langt fremme med produktion af miljøvenlig elektricitet, og udfordringen går mere på at få brugt den grønne strøm, når den er tilgængelig. Sagen er, at vinden ikke altid blæser i takt med behovet for strøm,

og på nogle tidspunkter genereres der mere, end vi kan aftage gennem vores normale forbrug. Derfor er der i de senere år kommet fokus på at øge behovet for el ved at elektrificere flere områder, og på at gøre forbruget af el mere fleksibelt.

En måde at skabe fleksibilitet i elforbruget er sektorkobling, hvor man gemmer overskydende el i andre energisystemer. Et eksempel på dette er fjernvarmeforsyningen, hvor

varmepumper med termisk lagring forbruger strømmen, når den er rigelig og derfor også billig, og undgår at bruge den i perioder med spidsbelastning i systemet, f.eks. sidst på eftermiddagen, hvor de fleste mennesker kommer hjem fra arbejde og tænder for lys og husholdningsapparater. Et mønstereksempel på denne type sektorkobling finder vi i HOFOR's FlexHeat projekt i Nordhavn i København. Det termiske energilager svarer til et "virtuelt batteri" på 4 MWh.



Varmepumpen styret af frekvensomformere sender ca. 70 °C - 80 °C grader varmt vand ud i systemet, og får ca. 40 °C grader varmt vand retur til centralen. Anlægget er leveret og monteret af Johnson Controls Aps med rådgivning fra COWI A/S.

## Fjernvarme baseret på grundvand

HOFOR's fjernvarmeanlæg i Nordhavn blev etableret i 2018 som et demonstrationsprojekt, der samtidig forsyner de tre krydstogtterminaler og det nærliggende UNICEF-lager. Disse bygninger er alle beliggende i Nordhavn og for langt fra centrum til, at det kan betale sig at koble bygningerne på Københavns fjernvarmenetværk. De har derfor hidtil været forsynet fra to oliefyrede varmecentraler som FlexHeat-anlægget nu har erstattet. Anlægget er en del af det store udviklingsprojekt, EnergyLab Nordhavn, der får støtte af Energistyrelsen gennem EUDP-programmet. Her fokuseres der på innovative løsninger til bæredygtig el- og fjernvarmeforsyning. Anlægget opfylder her både et reelt behov med

fjernvarmeforsyning, men er samtidig et demonstrationsprojekt i EnergyLab Nordhavn, der kan være til inspiration for andre byer i deres grønne omstilling.

FlexHeat-anlægget er en varmepumpe baseret på grundvand, som hentes op fra en 150 m dyb boring. Det saltholdige, 10,5°C varme vand pumpes gennem en varmeveksler med ammoniak som kølemiddel. Temperaturen bliver løftet i to trin gennem to kompressorer, og i en varmeveksler bliver varmen fra den kondenserede ammoniak overført til fjernvarmefønden, som herefter løber i en lagringstank og pumpes ud til brugerne i de tre krydstogtterminaler og UNICEF-bygningen.

FlexHeat-anlægget har desuden to elkedler, som i særlige situationer bruges til at hæve fremløbsttemperaturen.

Varmepumpen har en varmeydelse på 800 kW, og de to elkedler en samlet effekt på 200 kW. Hele anlægget når dermed op på en varmeydelse på i alt 1 MW.

Ifølge forsyningsaftalen skal vandet være minimum 65 °C varmt, når det løber frem til den sidste kunde eller bygning. Da der sker et varmetab undervejs i systemet, som kan være større eller mindre afhængigt af udendørstemperaturen, sender anlægget ca. 70 °C grader varmt vand ud i systemet, og får ca. 40 °C grader varmt vand retur til centralen, hvor det så varmes op igen.

## Varmeforsyning i forskellige modi

FlexHeat-anlægget kan køre i seks forskellige modi (hvor det sjette ikke bruges i den daglige drift). Tore Gad Kjeld, som er energiplanlægger hos HOFOR, forklarer, at det er intelligente skift mellem disse modi, som sikrer, at det kører så effektivt og økonomisk som muligt i forhold til elpriserne. Modus et og tre er de samme, blot med lidt forskellige indstillinger. Princippet i disse to modi er, at varmepumpen leverer ud til kunderne og samtidig lagrer overskydende varme i tanken. Det er sådan systemet skal køre, når elpriserne er billige.

I modus to er der tilføjet mulighed for at vandet, der løber ud til kunderne, kan boostes til en højere temperatur med elkedlerne. Det kan være nyttigt i

situationer, hvor vejret er særlig koldt og fremløbstemperaturen derfor skal være højere.

I fjerde modus er det lagertanken, som leverer varmen ud til kunderne, men hvis vandet øverst i tanken er lidt for koldt, kan der skiftes til modus fem, hvor der er mulighed for at varme det op ved hjælp af en elkedel i stedet for at starte grundvandsvarmepumpen op på u hensigtsmæssige tidspunkter. Dette er vigtigt for systemets fleksibilitet, da varmepumpen ikke kan tåle at blive tændt og slukket med for korte mellemrum og derfor helst skal køre nogle timer i træk. Elkedlen giver mulighed for at tilføje et lille boost i temperatur, så anlægget kan levere varmen ud til kunderne fra lagringstanken i de timer, hvor elpriserne er højest.

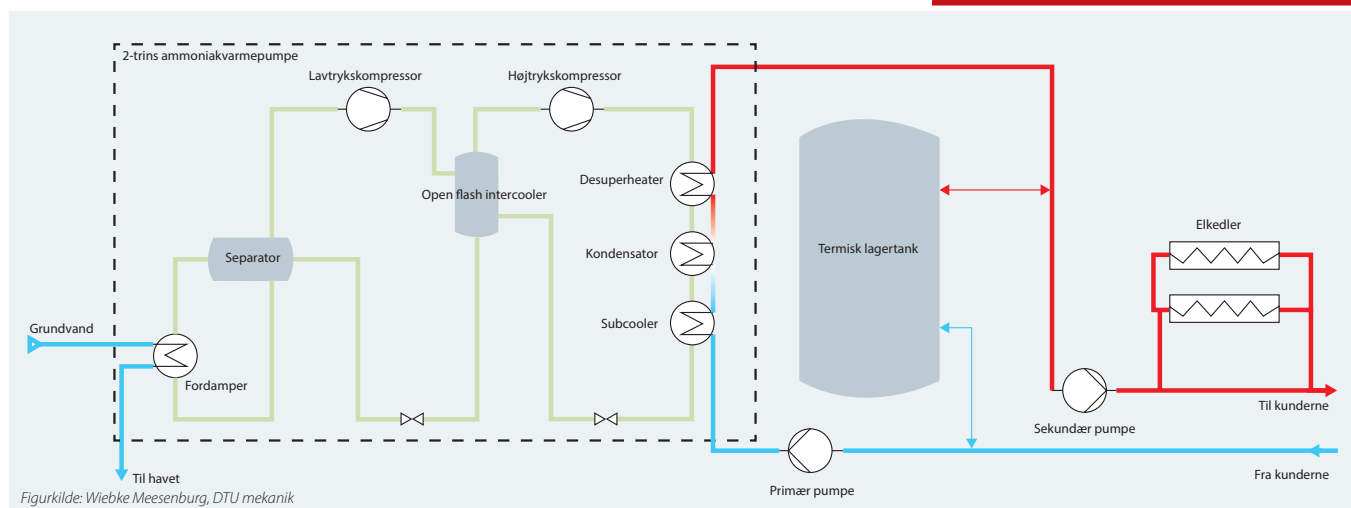


FlexHeat-anlægget oplagrer termisk energi svarende til et "virtuelt batteri" på 4 MWh i lagertanken på 100 m<sup>3</sup> i venstre side af billedet.

## Smart-drift sikrer fleksibelt elforbrug

Hvilken modus varmeforsyningen skal køre i, besluttes dels ud fra en vejrprognose, dels ud fra elpriserne, som jo også afspejler situationen hos elforsyningen. Når der er godt gang i vindmøllerne falder priserne, og FlexHeat-anlægget kan dermed bidrage til en højere udnyttelsesgrad af den grønne strøm. Udfordringen er, at indkøbet af el skal besluttes dagen før, inden markedet lukker. Tore Gad Kjeld uddyber:

"Smart-driften af anlægget er baseret på elpriser og vejrprognoser, hvor vi ser på, hvordan forbruget historisk har været i forhold til vejret. Disse data indgår sammen med anlæggets aktuelle driftsdata i nogle algoritmer, der hjælper os med at udforme en plan for næste dags forbrug. Og maskinen lærer lidt hver gang og bliver på den måde klogere og klogere på baggrund af de data, vi fodrer ind i systemet. Denne machine learning gør os endnu bedre til at drive anlægget i forhold til de billigste el-spotpriser fremover."



Figurkilde: Wiebke Meesenburg, DTU mekanik

FlexHeat-anlægget kan køre i seks forskellige modi, som sikrer, at det kører så effektivt og økonomisk som muligt i forhold til elpriser.





VLT® AQUA Drive frekvensomformere kan på få minutter accelerere varmepumpen op fra minimum til maksimum ydelse, mens elvarmeren kan reguleres op på få sekunder, forklarer Tore Gad Kjeld.

## Besparelser på elregning og CO<sub>2</sub> udledning

Hvor meget der spares på elregningen for driften af varmeforsyningen, kan det være svært at sige noget helt præcist om. HOFOR's simuleringer viser, at FlexHeat med smart-drift vil spare 8,9% på elregningen i 2022, fordi de højeste elpriser kan undgås på grund af det fleksible elforbrug. I fremtiden hvor en større andel af elprisen vil udgøres af el-spotpriser, vil besparelsen kunne blive endnu større.

Og hvor meget CO<sub>2</sub> kan FlexHeat-anlægget i Nordhavn så spare miljøet for? Tore Gad Kjeld vurderer at besparelsen i dag ligger på 315 tons CO<sub>2</sub> om året, set i forhold til LPG gaskedler, som ville være det billigste alternativ til en varmeforsyningsløsning, der ligger udenfor fjernvarmeforsyning. Og når el-optaget i fremtiden bliver 100% grønt, vil besparelsen kunne nå op på 430 tons CO<sub>2</sub> årligt.

## Udvidet samarbejde om sektorkobling

Sektorkobling er et samarbejde mellem forskellige energisystemer, i dette tilfælde mellem elforsyningsselskabet Radius Elnet og HOFOR's FlexHeat Nordhavn, som har til formål at udnytte el-energien optimalt. Efter det første succesfulde skridt er taget,

er de to selskaber nu i færd med at se på, hvilke tekniske muligheder der ligger i deres anlæg for at øge fleksibiliteten og dermed i endnu højere grad udnytte den grønne strøm, når den er tilgængelig. Man kan sige, at udnyttelsen af den grønne strøm i øjeblikket sker indirekte, idet man i så høj grad som muligt indkøber elektriciteten, når den er billigst. Næste skridt i samarbejdet vil være, at FlexHeat fremover direkte indretter driften af varmepumpen i forhold til el-nettets behov for at få afsat strøm, og man er i øjeblikket i færd med at se på, hvilke tekniske muligheder, der ligger i systemerne.

Det som er på tegnebrættet i udvidelsen af samarbejdet mellem FlexHeat og elforsyningen er at FlexHeat-anlægget tilbyder hjælp til el-nettet i form af fleksibelt behov med frekvensregulering i forhold til elforsyningens behov for at afsætte strøm. Danfoss Drives frekvensomformere kan på få minutter varme pumpen op fra minimum til maksimum ydelse, mens elvarmeren kan reguleres op på få sekunder. Dermed er det muligt at reagere med ganske kort varsel på el-produktionen fra vind og sol. Radius driver desuden et net-opkoblet batterianlæg i Nordhavn

på 460 kWh/630 kW, som også kan oplagre elektrisk energi med kort varsel. HOFOR's FlexHeat varmepumpe-anlæg demonstrerer således, hvordan elektrisk og termisk energilagring kan kobles sammen og bidrage til optimering af fremtidens varme- og el-forsyningsnet.



*HOFOR, forkortelse for Hovedstadsområdets Forsyningsselskab, er en dansk forsyningsvirksomhed, der forsyner flere kommuner i hovedstadsområdet med drikkevand samt håndterer spildevand. Virksomheden leverer ligeledes fjernvarme, fjernkøling og bygas, samt investerer i vedvarende energi som et led i Københavns Kommunes klimaplan, hvor København skal være CO<sub>2</sub>-neutral i 2025.*