

# Fjernkøling - et miljømæssigt alternativ?

Fjernkølings påvirkning af CO<sub>2</sub>-udledning og miljøet sammenholdt med traditionelle, køleanlæg.



## FJERNKØLING

Af Raoul Roestenbergt,  
VEKS & Magnus Foged, COWI

Nærværende artikel indgår i den temaserie i Fjernvarmen, som DBDH har taget initiativ til på basis af tema-nummeret af "News from DBDH" om køling.

Artiklen sætter fokus på de miljømæssige aspekter ved at introducere fjernkøling som alternativ til traditionelle små individuelle køleanlæg

i de enkelte bygninger/rum. Artiklen behandler to forskellige miljøaspekter:

1. Forbruget af primær energi (brændsel) til køling og den afledede CO<sub>2</sub>-emission til atmosfæren
2. Bidraget til "drivhuseffekten" fra forskellige kølemidler.

### Forbrug af brændsel

Hvad er mest energieffektivt: en eldrevne kølekompressor med en

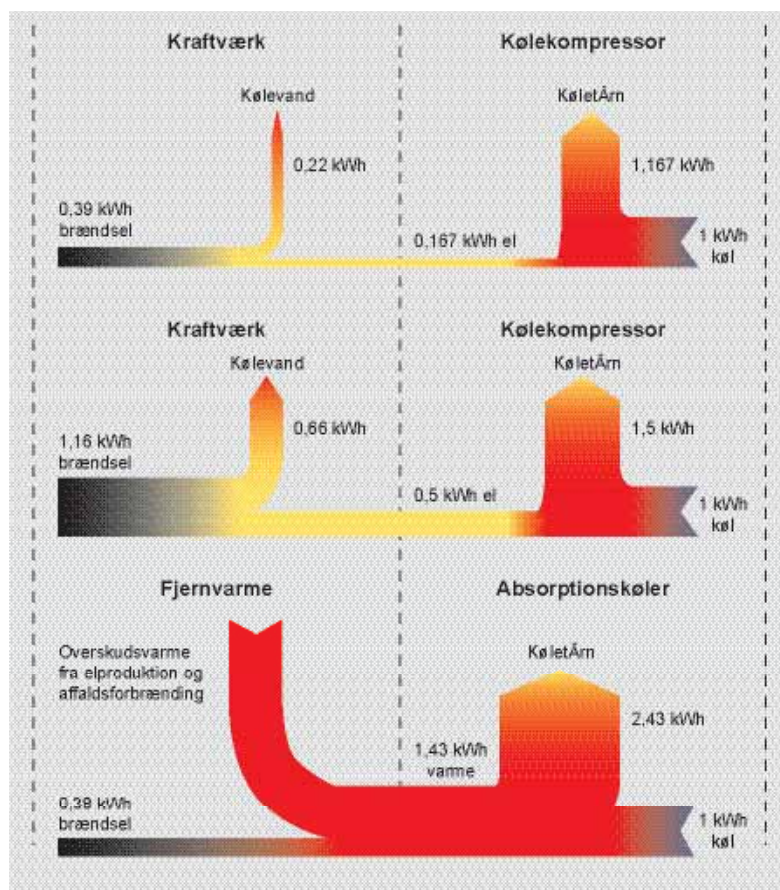
COP (virkningsgrad) på 6 eller en varmedreven absorptionskøler med en COP på 0,65? Mange vil umiddelbart svare den eldrevne kølekompressor, men i virkeligheden er det en ret kompliceret sammenligning, idet man nødvendigvis må indregne de tab, der er ved fremstilling af henholdsvis el og varme, og disse er i høj grad anlægsspecifikke.

I nedenstående fokuseres på 2 typer af traditionelle køleanlæg og det alternative, varmedrevne absorptionsanlæg:

a) Små individuelle køleanlæg for køling af et eller nogle få mindre rum. Energiflowet er typisk, at elektriciteten produceres på et kraftværk; elektriciteten driver en kompressor; kulden leveres til bygningens køleflader, medens overskudsvarmen bortkøles i tørkondensatorer udvendig på væggen eller i vinduet.

b) Større centrale kompressorer, som forsyner en større bygning med køling via et internt distributions-system (typisk et væskebaseret transportsystem kombineret med decentrale køleflader placeret i et ventilationssystem). Energiflowet er typisk, at elektriciteten produceres på et kraftværk; elektriciteten driver en kompressor; kulden leveres til bygningens interne kølesystem, medens overskudsvarmen bortkøles i køletårne på taget eller via vandindtag fra havn/fjord.

c) Større varmedrevne køleanlæg, som forsyner en eller flere større bygninger. Her er drivmidlet varmt vand i stedet for elektricitet. Det varme vand kan enten komme fra



en industri eller fra et kraftvarmeværk. Varmen transporteres via et fjernvarmenet til en absorptions- (eller adsorptions-) kølemaskine, hvorfra kulden på traditionel vis leveres til den enkelte bygnings interne kølesystem.

For de fleste typer af kølesystemer vil der kunne spares store mængder energi, hvis der er adgang til at anvende koldt vand til frikøling og kondensatorkøling. Dette kolde vand kan enten være i form af grundvand, havvand eller eventuelt spildevand fra f.eks. større industrier. Muligheden for anvendelse af frikøling stiger med anlæggets størrelse, hvorfor dette kan tale til fordel for fjernkøling, men dette aspekt medtages ikke i nedenstående beregninger.

For at illustrere energiforbruget og dermed CO<sub>2</sub>-emissionen ved drift af køleanlæg har vi valgt at se på situationen, hvor et nyt køleanlæg installeres i VEKS' forsyningsområde. Ud fra historiske data m.m. har vi fastlagt de forudsætninger, der er nødvendige for at beregne brændselsforbruget til at frembringe 1 kWh køling om sommeren.

**Elproduktion**

I en typisk sommersituation vil kraftvarmeværkerne køre på meget lav last, og når kølebehovet er størst, vil også produktionen på vindmøllerne være minimal. Dette betyder, at elforbruget til drift af kølekompresorer kan antages primært at blive dækket ved kondensdrift (dvs. uden varmeproduktion) på de kulfyrede enheder på Asnæsværket, Avedøreværket eller Amagerværket. Det er derfor antaget, at elforbruget til kompressorer dækkes fra en kulfyret enhed med en virkningsgrad på 43%. Dette giver et brændselsforbrug på 2,3 kWh/kWh<sub>el</sub>, svarende til en CO<sub>2</sub>-emission på 0,80 kg/kWh<sub>el</sub>.

Kølemiddel	ODP*	GWP**
R 12 (CFC)	0,9	8.500
R 22 (HCFC)	0,055	1.700
R 134a (HFC)	0	1.300
R 407C ("HCF")	0	1.610
R 404A ("HFC")	0	3.748
N-Butan***	0	3
Iso-Butan***	0	3
Propan***	0	3
Ammoniak***	0	0
CO <sub>2</sub>	0	1
Vand	0	0

\* ODP ~ Ozone Depletion Potential (ozon nedbrydningspotentiale)  
 \*\* GWP ~ General Warming Potential (drivhuseffekt CO<sub>2</sub> = 1)  
 \*\*\* Disse kølemidler er underkastet arbejdsmiljøregler, som kræver særlige foranstaltninger

**Varmeproduktion**

Varmen i VEKS systemet leveres om sommeren med ca. 50% fra affaldsforbrændingsanlæggene og 50% fra Avedøreværket. Det antages, at affaldsvarmen er "brændselsfri" og CO<sub>2</sub>-neutral, og at CO<sub>2</sub>-belastningen fra varmen fra Avedøreværket svarer til årsgennemsnittet på blok 2. Der forudsættes desuden en marginal varmevirkningsgrad på Avedøreværkets blok 2 på 200%, herved bliver brændselsforbruget på 50% af 0,5 = 0,25 kWh/kWh<sub>varme</sub>, svarende til en CO<sub>2</sub>-emission på 0,052 kg/kWh<sub>varme</sub> ved det gennemsnitlige brændselsmiks på denne blok i 2003.

**Køleproduktion**

Ud over energiforbruget til selve kølemaskinen er der et vist elforbrug til pumper og ventilatorer, men det antages, at forskellen i dette sekundære forbrug på de enkelte køleprincipper er af minimal betydning for det samlede energiforbrug. Dette forbrug

er derfor ikke medtaget i nedenstående.

Nedenstående tabel giver en oversigt over de resulterende energiforbrug/CO<sub>2</sub>-emissioner for de nævnte kølesystemer:

1. En mindre og simpel eldreven kølekompresor med en COP på 2,
2. Et stort moderne eldreven kølekompresor anlæg med en COP på 6<sup>1</sup>,
3. En varmedreven absorptionskølemaskine med en COP på 0,65.

Energiflowet er illustreret i Sankeydiagrammet side 14.

Af tabellen fremgår det, at kompressor anlægget med den høje COP på 6 vil have et brændselsforbrug, som er i samme størrelsesorden som absorptionskøleren med en COP på 0,65. Samtidig fremgår det, at CO<sub>2</sub>-emissionen ved absorptionskøling er væsentligt lavere end ved et kølekompresor anlæg. Det skyldes, at brændslet

(Fortsættes side 16)

	Kølebehov kWh	COP	Energibehov kWh/kWh-køl	Brændselsforbrug kWh/kWh-køl	CO <sub>2</sub> -emission kg/kWh-køl
1. Lille kompressor	1	2	1/2 = 0,50 (el)	0,5/43 % = 1,16	0,40
2. Stor kompressor	1	6	1/6 = 0,17 (el)	0,17/43 % = 0,39	0,13
3. Absorption	1	0,65	1/0,65 = 1,54 (varme)	½ x 1,54/200 % = 0,38	0,08

(Fortsat fra side 15)

der bliver brugt til varmeproduktion (fuelolie, naturgas, halm og træ) har en lavere emission af CO<sub>2</sub> pr. kWh end det brændsel, der bliver anvendt til el-produktion (kul). I ovennævnte er der ikke taget hensyn til elforbruget til bortkøling af varmen fra køleanlæggene, idet dette afhænger stærkt af, om der anvendes luftkøling, køletårne eller koldt vand. Ved varmedreven køling er mængden, der skal bortkøles, større end ved kompressorløsninger.

### Kølemidlers miljøpåvirkning

Gennem mange år har man i stort omfang benyttet kølemidlet R12 (CFC, ofte kaldet freon) som det interne medie i kølekompressorer, idet det har velegnede faseovergange mellem væske og dampform til opnåelse af effektive køleanlæg. Det har imidlertid vist sig, at netop R12 er et af de stoffer, som har den største miljøpåvirkning (drivhuseffekt).

### GWP (miljøpåvirkning)

De forskellige kølemidler påvirker atmosfæren i forskellig grad. Derfor omregnes de til fællesenheden Global Opvarmnings Potentiale (GWP). GWP udtrykker effekten af de forskellige drivhusgasser omregnet til den mængde kuldioxid, der ville give samme klimapåvirkning. 1 kg kuldioxid svarer til 1 GWP.

Tabellen øverst side 15 viser en række af de mest anvendte typer kølemidlers miljøpåvirkning i sammenligning med CO<sub>2</sub> defineret til 1.

På baggrund af disse uheldige miljøeffekter er flere af kølemidlerne under udfasning. Hovedprincipperne i den danske udfasning er:

- CFC (stærkt ozonlagnedbrydende samt drivhusgas): Har kun været tilladt at anvende i regenereret form siden 1. januar 1995.
- HCFC (ozonlagnedbrydende samt drivhusgas): Har været ulovligt at anvende til nye anlæg siden 1. januar 2000. Har kun været tilladt at anvende til eksisterende anlæg i regenereret form siden 1. januar 2002.
- HFC (drivhusgas): HFC'erne er i dag belagt med afgifter. Endvidere er kravene til tæthedskontrol ved at blive

skærpet i EU-regi. HFC'erne vil blive ulovlige at anvende til nye anlæg (herunder aircondition) med fyldning på 10 kg og derover fra 1. januar 2007. Anlæg etableret før 1. januar 2007 må serviceres med regenereret HFC. Der er visse undtagelser, men det vil føre for vidt at gennemgå disse.

Der vil på grund af ovenstående udfasning af flere af de mest anvendte kølemidler blive udskiftet et stort antal køleanlæg inden for de nærmeste år. Det må forventes, at en stor del af disse vil blive udskiftet med anlæg baseret på ammoniak, idet dette naturlige kølemiddel ikke har uheldige miljøkonsekvenser. Derimod stiller anlæg baseret på ammoniak skærpede arbejdsmiljømæssige krav.

### Opsummering

Under visse forudsætninger, er der således også plads for varmedreven fjernkøling på kølemarkedet.

Lovgivning kræver udfasning af flere kølemidler. Dette giver et større potentiale for varmedreven køling, som ikke anvender kølemidler, der har miljø- eller arbejdsmæssige konsekvenser.

Beregningen viser, at det er muligt at formindske CO<sub>2</sub>-udledningen ved

at bruge absorptionskøling i stedet for kompressorløsninger.

Forholdene beskrevet i artiklen er meget afhængige af den konkrete situation og vil derfor ikke være de samme i andre dele af landet. Forudsætninger som kølevand og elforbrug til pumper og ventilatorer er ikke taget i betragtning. Der vil derfor altid være behov for en vurdering af forholdene i den konkrete situation, men beregningerne viser, at under de rette betingelser, kan varmedreven køling have væsentlige miljømæssige fordele i forhold til eldrevne løsninger.

Her ligner fjernkølings forudsætninger fjernvarmens grundlag: Hvis der er et ledningsnet for distribution til rådighed, kan produktionsfaciliteterne optimeres ud fra de aktuelle forhold.

Noter

<sup>1</sup> Moderne køleanlæg kan under ideelle driftsbetingelser have denne høje COP-værdi; i daglig drift må der imidlertid forventes en lavere gennemsnitsværdi.

\* ODP ~ Ozone Depletion Potential (ozonnedbrydningspotentiale)

\*\* GWP ~ General Warming Potential (drivhuseffekt CO<sub>2</sub> = 1)

\*\*\* Disse kølemidler er underkastet arbejdsmiljøregler, som kræver særlige foran-

## DBDH

## DBDH

DBDH (Danish Board of District Heating) har i 25 år har arbejdet med at fremme eksport af dansk fjernvarmeteknologi. Foreningens danske navn er "Dansk Fjernvarmes Eksportråd".

Foreningen tæller i dag omkring 40 medlemsvirksomheder, spændende fra mindre nichevirksomheder over fjernvarmeselskaber til de største industrivirksomheder, samt de ledende danske rådgivere, og har fortsat som formål at fremme medlemsvirksomhedernes eksport inden for alle områder af fjernvarme-, kraftvarme- og nu også fjernkølesektoren.

Medlemskredsen har de seneste år konstateret, at markedet for fjernkøling ekspanderer voldsomt i landene omkring os, mens interessen hos danske aktører tilsyneladende er meget lille. For at kunne udvikle et eksportsegment er det imidlertid vigtigt at have et hjemmemarked som referenceramme.

Med det formål at sætte fokus på fjernkøling i Danmark har DBDH nedsat en arbejdsgruppe bestående af: Cowi, Danfoss, Energi Viborg, Grundfos, Heco, Høje-Taastrup Fjernvarme, Københavns Energi, Løgstør Rør og VEKS. Derudover deltager Energistyrelsen i arbejdsgruppen.

Gruppen vil informere om de muligheder, forskellige koncepter af fjernkøling byder på, med det formål at skærpe interessen for forretningsområdet hos danske fjernvarmeselskaber og myndigheder, som grundlag for udviklingen af sektoren i Danmark. [www.dbdh.dk](http://www.dbdh.dk)