VERSJON 1.1

VARMEPUMPE PLANLEGGER

Orientering om varmepumpas virkemåte og aktuelle anvendelser

NVE
NORGES VASSDRAGS
OG ENERGIVERK

Divisjon
KULDE
NTH - SINTEF

VARMEPUMPER I DET NORSKE ENERGISYSTEMET

Norge har med sin vannkraft et miljøvennlig system basert på fornybare ressurser. Når videre utbygging nå innebærer introduksjon av gasskraft, og dermed forbruk av ikke fornybare ressurser, blir det enda mer viktig å analysere vår bruk av energi og sørge for en rasjonell energiforvaltning.

En stor andel av det innenlandske forbruk går til oppvarmingsformål med temperaturer under 100 grader C. Med termodynamisk oppvarming ved bruk av varmepumper vil en kunne dekke dette varmebehovet med et forbruk av elektrisk energi på ca. 1 /3 av varmebehovet.

Norge har spesielt gode forutsetninger for å bruke varmepumper. Vi har et moderat klima som gir lange brukstider for oppvarmingssystemer, vi har en langstrakt kyst der sjøvann utgjør en god varmekilde, vi har bosetting som i stor grad er konsentrert langs kysten, og vi har et energisystem basert på elektrisitet.
Varmepumper er derfor et godt alternativ, og som vist i eksempler i dette heftet, er det bygget en rekke varmepumpeanlegg som fungerer godt teknisk, og som gir god økonomi.

Gasskraft og eventuelt direkte bruk av gass vil gi et mer sammensatt og komplisert system både teknisk og økonomisk. Her vil varmepumpa med sin fleksibilitet og mange anvendelsesmuligheter, fra bruk i enkeltbygg til store fjernvarmesystemer, bidra til fornuftig bruk av energiressurser. For eksempel vil varmepumper i kombinasjon med varmekraftverk gi like god total termodynamisk virkningsgrad som et kraftvarmeverk.

Derfor er det viktig å velge den energiteknologien som er best egnet til å dekke det aktuelle behovet, utfra de krav som stilles til miljø og økonomi i et rasjonelt totalsystem.

INTRODUKSJON

Dette heftet gir i kortform en beskrivelse av varmepumpas prinsipp og bruksområder, og muligheter for bruk av varmepumper i Norge. Heftet er utarbeidet på oppdrag fra NVE ved seksjon Varmepumper / Energisystemer, Divisjon KULDE, NTH - SINTEF.

For mer utfyllende opplysninger vises til referanseliste. Ved direkte spørsmål, ta kontakt med:

NVE
ENERGIDIREKTORATET
Telefon 02 - 959595

Rosemary Rawlings
Nils J. Terjesen

DIVISJON KULDE
NTH - SINTEF
Telefon 07 - 593900

Geir Eggen
Audun Årøen

INNHOLD

Varmepumper - grunnleggende fakta....1
• Hvordan virker varmepumpa.....1

Varmepumper og miljøeffekter.....2

Hvor kan varmen hentes fra?.....2

Hvor kan varmepumper benyttes?.....4
• Fjernvarme, fjernkjøling.....4
• Større bygninger, varme, kjøling..... 4
• Spesielle formål.....4

Varmesentraler med varmepumper.....5
• Effektdekning / brukstid.....5
• Dellastdrift.....5
• Sikker varmeleveranse / reservekapasitet.....6
• Temperaturnivå.....6
• Styring og regulering.....6

Nye systemløsninger.....7
• Fjernvarme/fjernkjøling med kaldfordeling.....7
• Varmekraftverk/varmepumper.....7

Økonomiske vurderinger.....8
•Samfunnsøkonomisk vurdering.....8
•Bedriftsøkonomisk vurdering.....8
•Investeringskostnader..... 8
•Kapitalkostnader.....9
•Driftskostnader..... 9
•Lønnsomhetskriterier.....9
Årskostnadsmetoden.....9
Spesifikk varmepris.....9
Tilbakebetalingstid.....9
Nåverdimetoden.....10
Internrente.....10

Planlegging.....11

Beregningseksempel.....11

Eksempler på utførte anlegg.....13
• Sandvika.....13
• Favusgården.....13
• Protan.....14

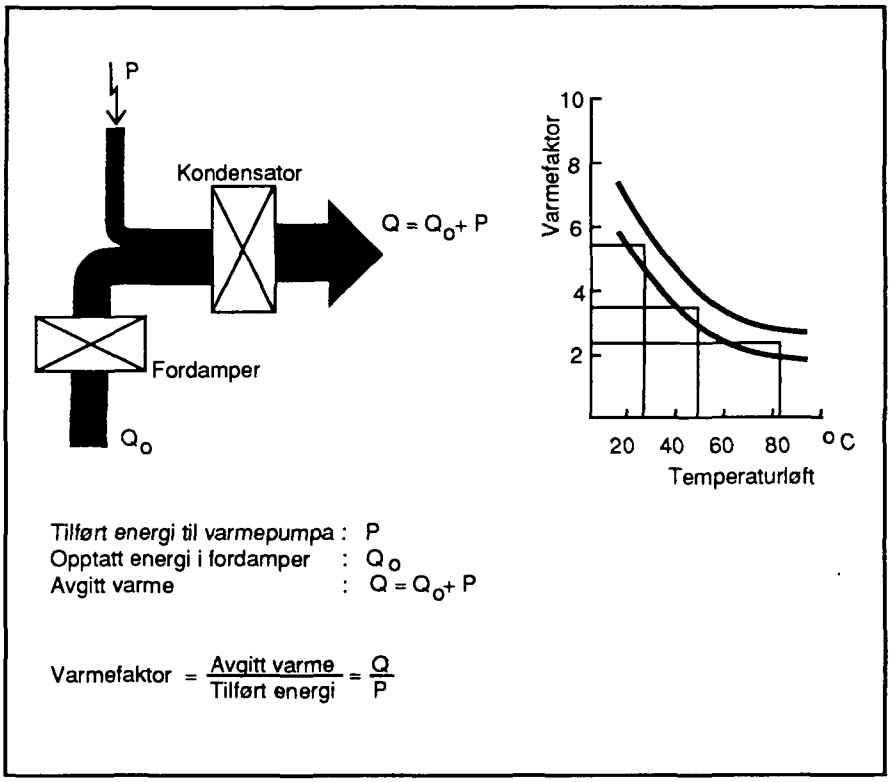
Referanser/Støttelitteratur.....15
Definisjoner.....15

VARMEPUMPER - GRUNNLEGGENDE FAKTA 1

En varmepumpe er en innretning som henter gratis varme ved lav temperatur i omgivelsene, og løfter varmen opp på et tempera-turnivå der den kan brukes, for eksempel romoppvarming. På denne måten sparer varmepumpa høyverdig energi; olje og elektrisitet.

For å kunne løfte varmeenergien opp til vårt behov må varmepumpa tilføres energi, som regel elektrisk energi til kompressormotoren. Varmepumpa produserer en varmemengde som er lik summen av opptatt varme fra omgivelsene og tilført elektrisk energi. Forholdet mellom avgitt varme fra varmepumpa og tilført elektrisk energi, betegnes varmefaktoren. Den er et mål på hvor god varmepumpa er.

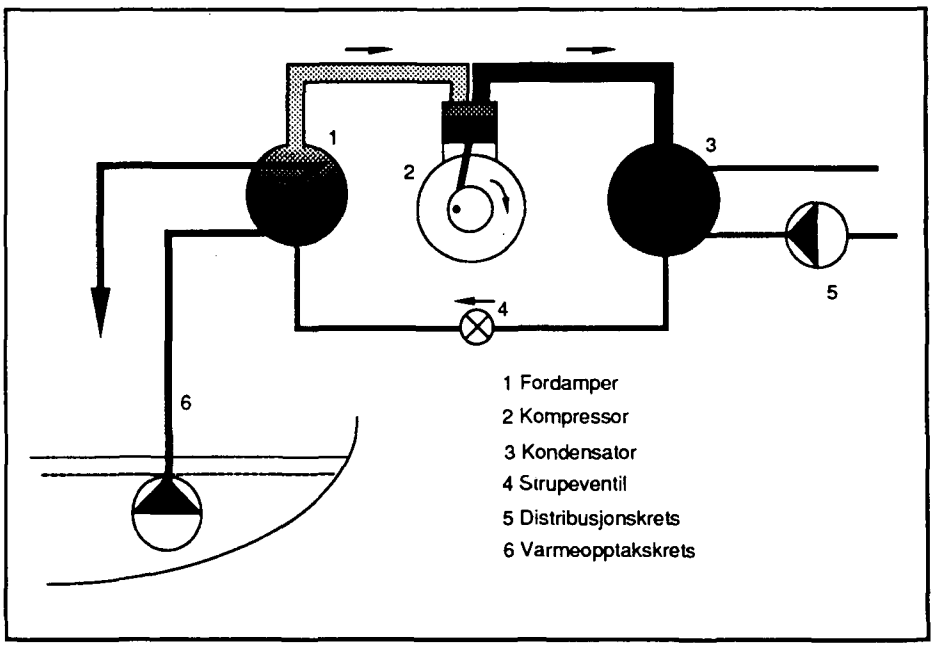
Varmefaktoren er avhengig av temperaturløftet, se figuren til høyre. Temperaturløftet er forskjellen i temperatur mellom avgivelse og opptak av varme. Jo lavere tem- peraturløft, desto bedre varme- faktor. Hvis temperaturløftet er 50°C, vil en varmepumpe kunne ha en vamefaktor på 3-4. Det betyr at varmepumpa avgir 3-4 ganger mer varme enn det den tilføres i form av elektrisk energi.



Figur 1: Varmefaktor

Hvordan virker varmepumpa ?

For å transportere varme fra et lavt til et høyere temperaturnivå, brukes et egnet arbeidsmedium. Det sirkulerer i en lukket krets. Arbeidsmediet er valgt slik at det fordamper og kondenserer ved passende trykk og temperatur. Det gjennomløper fire tilstandsforandringer. I fordamperen holdes trykket så lavt at fordampningstemperaturen er lavere enn omgivelsestemperaturen. Varme fra omgivelsene får dermed arbeidsmediet til å fordampe. Dampen suges inn i kompressoren og komprimeres til høyere trykk og temperatur før den går til kondensatoren, der dampen kondenseres til væske. Derved avgis kondenseringsvarmen til distribusjonskretsen. Arbeidsmediet i væskeform fra kondensatoren strupes så til lavt trykk i strupeventilen og ledes tilbake til fordamperen.



Figur 2: Varmepumpe, funksjon

VARMEPUMPER OG MILJØEFFEKTER. 2

En av varmepumpas store fordeler når den erstatter fyring, er redusert forurensning i nærmiljøet av svoveldioksid (SO_2), karbondioksid (CO) og sotpartikler.

De senere årene har det imidlertid oppstått mistanke om at arbeidsmediet i mange varmepumper (og kuldeanlegg) kan ha skadelige effekter i fjernmiljøet, gjennom nedbrytning av ozonlaget i stratosfæren og økning av jordens middeltemperatur gjennom den såkalte drivhuseffekten. Denne mistanken har blitt stadig styrket den siste tiden og har ført til såvel internasjonale (gjennom FN) som nasjonale tiltak. Disse til-takene har som mål å redusere ut-slipp av slike medier til at-mosfæren.

Varmepumper arbeider hovedsakelig med R12 og R22 som arbeidsmedium. R12 har den antatt høyeste skadeeffekten. I sammenligning med R12 regnes effekten av R22 å tilsvare 5 %.

For å redusere utslipp av særlig R12 til atmosfæren arbeides det med å:

- redusere lekkasje fra eksisterende og nye varmepumper (og kuldeanlegg)
- lage varmepumper med ammoniakk som arbeidsmedium
- gå over fra R12 til R22
- utvikle nye medier som ikke kan skade ozonlaget (tidsperspektiv 5 år)

Med hensyn til drivhuseffekten kan imidlertid varmepumpa ha positiv effekt på grunn av reduserte utslipp av CO_2. En varmepumpe til erstatning for olje- eller vedfyring i en enebolig (25000 kWh/år) reduserer utslipp av CO_2 med ca. 10 tonn/år.

Varmepumper henter varme fra omgivelsene. Dette kunne tenkes å medføre lokal temperatursenking. Men av to grunner er dette sjelden noe problem. For det første er den naturlige energiomsetningen på grunn av solinnstråling mye større enn det selv store varmepumper medfører. For det andre resirkulerer varmepumpa energi. Den varmen som tas opp og brukes til oppvarming, vil i neste omgang lekke tilbake til omgivelsene via ventilasjon osv. Derfor opptrer temperatursenkning som et problem bare i helt spesielle tilfeller, f.eks ved varmeopptak fra jord med underdimensjonert varmeopptakssystem.

HVOR KAN VARMEN HENTES FRA?

Varmepumper kan hente varme fra en rekke kilder. Varmekilden bør ha så høy temperatur som mulig i fyringssesongen, men tilgjengeligheten er som regel be-stemmende for hva en vel-ger å bruke. De varmekildene som har størst betyd-ning i Norge er sjøvann og luft.
Tabell 1 gir en oversikt over de mest aktuelle varmekildene med tilhørende temperaturnivåer.

Varmekilde	Temperaturnivå ved dim.utetemperatur	Temperaturvariasjon over fyringssesongen
Sjøvann	3 - 8 °C	4 - 5 °C
Innsjø	0 - 4 °C	
Elver	0 - 2 °C	10 °C
Grunnvann	4 - 8 °C	
Uteluft	-40 - 10 °C	20 - 50 °C
Jord	0 °C	
Bergvarme	4 - 8 °C	Liten
Avløpsvann	5 - 10 °C	Liten
Industriell spillvarme	> 10 °C	Liten

Tabell 1: Varmekilder, temperaturnivå

Sjøvann

Sjøvannet er en utmerket varmekilde, med relativt høyt temperaturnivå og god tilgjengelighet for en stor del av bebyggelsen.

SINTEF/NHL har kartlagt temperaturforholdene langs norskekysten nettopp med sikte på varmepumpeutnyttelse. Figur 3 viser temperaturvariasjoner gjennom året på 50 m dyp for en del farvann. På grunn av Golfstrømmen har vi spesielt gode temperaturforhold på kysten langs Vestlandet og opp til Trøndelag.

Resultatene av undersøkelsen foreligger i en hovedrapport og flere delrapporter for forskjellige landsdeler. / 1/

Uteluft

Luften er tilgjengelig overalt, men ulempen er at temperaturen er lavest når varmebehovet er størst. Fordamperen må dessuten avrimes periodisk ved fordampningstemperaturer under 0°C.

Varmeoverføringsegenskaper og varmekapasitet for luft er vesentlig dårligere enn for vann. Dette gjør at fordampere til luftbaserte varmepumper blir større og dyrere enn tilsvarende for vann. Derfor er luft som varmekilde best egnet for små og mellomstore varmepumper.

Grunnvann

I grunnvannsmagasiner dypere enn 10 m er temperaturnivået relativt konstant gjennom året, og omkring 1-2°C høyere enn årsmiddeltemperaturen på stedet. Grunnvann er således en stabil og god varmekilde. På steder med lave årsmiddeltemperaturer kreves frostsikre fordamperkonstruksjoner.

Innsjøer/elver

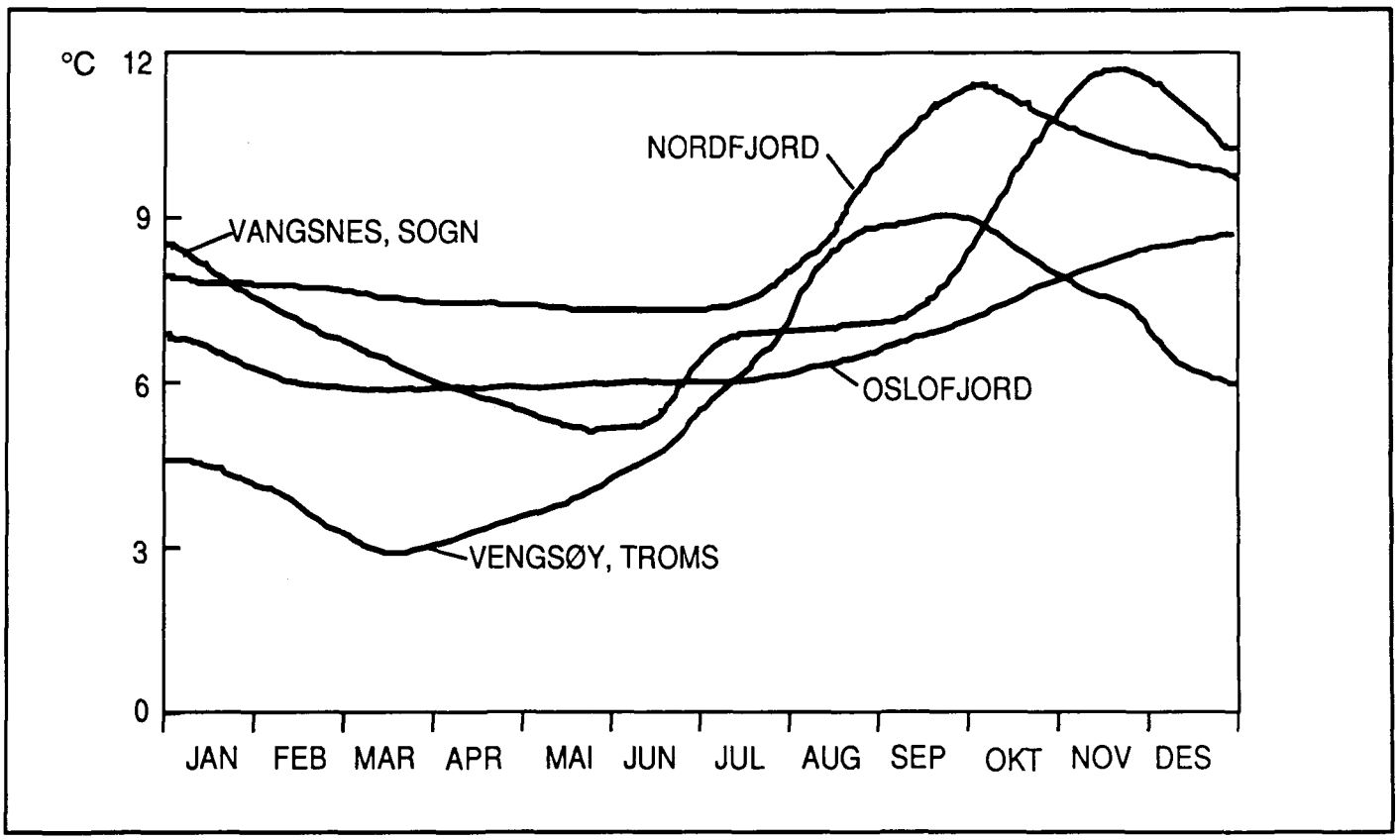
Ferskvann i innsjøer og elver kan brukes som varmekilde. Men fordi temperaturen her går nær ned mot frysepunktet (2-4 °C) på vinterstid, må en ta spesielle hensyn for å forhindre problemer med utfrysning i fordamperen. Dette gjøres ved å sirkulere større vannmengde slik at temperatursenkningen over for-damperen blir mindre, ved å bruke spesielle fordampertyper, eller ved å bruke indirekte system med frostsik-ker væske som varmebærer mellom ferskvann og varmepumpe.

Spillvarme

Spillvarme kan være en god varmekilde hvis regulariteten er god. Alternative driftsformer for energisentralen må også være klarlagt, hvis den prosessen som gir spillvarme skulle forsvinne (eks. ny teknologi, flytting, nedlegging av prosess, konkurs)

Jord

For varmeopptak fra jord graves plastrør ned på 0.5 - 1.5 m dybde, avhengig av jordsmonn. I slangene sirkuleres en frostsikker væske som er varmebærer fra jorda til varmepumpen. Mesteparten av varmeopptaket fra jorda er latent varme som frigjøres når vannet i jorda fryser til is. Utover fyringssesongen vil det fryse stadig mer jord rundt rørene. og anlegget må dimensjoneres slik at det ikke fryser ut mer enn det som kan tines gjennom sommerhalvåret



Figur 3: Vanntemperaturer i noen norske fjorder.

HVOR KAN VARMEPUMPER BENYTTES? 4

Av Norges totale energiforbruk på ca. 200 TWh/år går ca. 50 TWh eller 25 % til oppvarming av bygninger. Av dette oppvarmingsbehovet blir omlag 20 TWh (40 %) dekket via vannbårne varmesystemer. Det er i slike eksisterende bygninger og i nye bygninger at forholdene på kort sikt ligger best til rette for installasjon av varmepumper.

De fleste vannbaserte varmeanlegg finnes i tjenesteytende bygg. I slike bygninger kan varmebehovet enkelt dekkes fra varmepumpe enten ved å knytte bygget til et fjernvarmeanlegg eller ved installasjon av separate varmepumpesystemer.

Fjernvarme, fjernkjøling.

Fjernvarme er anvendelig der mange større varmeforbrukere er samlet på et lite område, altså byer og tettsteder. I Norge ligger forholdene spesielt godt til rette for kombinasjon fjernvarme/varmepumpe fordi mesteparten av befolkningen bor i byer og tettsteder langs kysten. Sjøvann er en god og lett tilgjengelig varmekilde langs hele norskekysten.

Dersom en større del av bygningsmassen har kjølebehov til ventilasjonskjøling, kan energisentralen også produsere kjølevann for fjernkjøling. Fjernkjøleledninger legges i samme grøft som fjernvarmeledningene.

Større bygninger, varme, kjøling.

På grunn av Norges topografi og lave befolkningstetthet er bebyggelsen ofte spredt. Varmeforsyning må da skje fra varmeanlegg i de enkelte bygningene.

Varmepumper i enkeltbygg kan ofte arbeide mot et lavere temperaturløft, da varmefordelingssystemet kan tilpasses bruk av varmepumper. Dette gjør at separate varmepumpeanlegg i store yrkesbygg ofte arbeider med vesentlig høyere varmefaktor enn varmepumpesentraler i fjernvarmeanlegg.

Selv om moderate, godt isolerte yrkesbygg har relativt små varmebehov til oppvarming og ventilasjon, kan varmepumper være et konkurransedyktig oppvarmingsalternativ. I bygninger som har ventilasjonskjølebehov er det svært aktuelt å kombinere varmepumpe og kjøleanlegg, og dermed oppnå store besparelser. Bygninger som har stort tappevarmtvannsforbruk ligger godt tilrette for varmepumpeoppvarming, da det vil gi jevn og lang driftstid for varmepumpen.

Spesielle formål.

I tillegg til bygningsoppvarming, har varmepumpen fått stor anvendelse innen enkelte næringer.

Varmepumpen er godt egnet i industrielle tørkeprosesser.

Varmepumpeprisippet har lenge vært brukt til tørking av klippfisk, trelast og huder. Mulighetene for fremtidig utvikling av større VP-tørker er gode, blant annet innen papirindustrien.

Også i forbindelse med industrielle inndampingsprosesser har varmepumpen lange tradisjoner, spesielt innen treforedlings- og næringsmiddelsektoren. Det er levert flere store åpne "termokompressoranlegg" til treforedlingsindustrien, med effektfaktorer opp til 30 i enkelte tilfeller.

Av andre næringer som i stor grad har tatt i bruk varmepumpeteknologien, er havbruksnæringen.Varmepumpen brukes til oppvaming av prosessvann i settefiskanlegg.

Også i veksthus ligger forholdene godt tilrette for oppvarming med varmepumper på grunn av stort varmebehov hele året.

Varmesentraler utformes i prinsipp nokså likt når varmepumper brukes til oppvarming av bygninger, uavhengig av størrelsen på varmebehovet. Varmesentralen består av en eller flere varmepumper for grunnlast- dekning, en eller flere kjeler for spisslast- og reservedekning, pluss nødvendig hjelpeutstyr. Kjelen koples alltid i serie med varmepumpa, og slik at den blir stående etter varmepumpa. Ved utforming og dimensjonering av varmesentralen er det viktig å ta hensyn til følgende punkter:

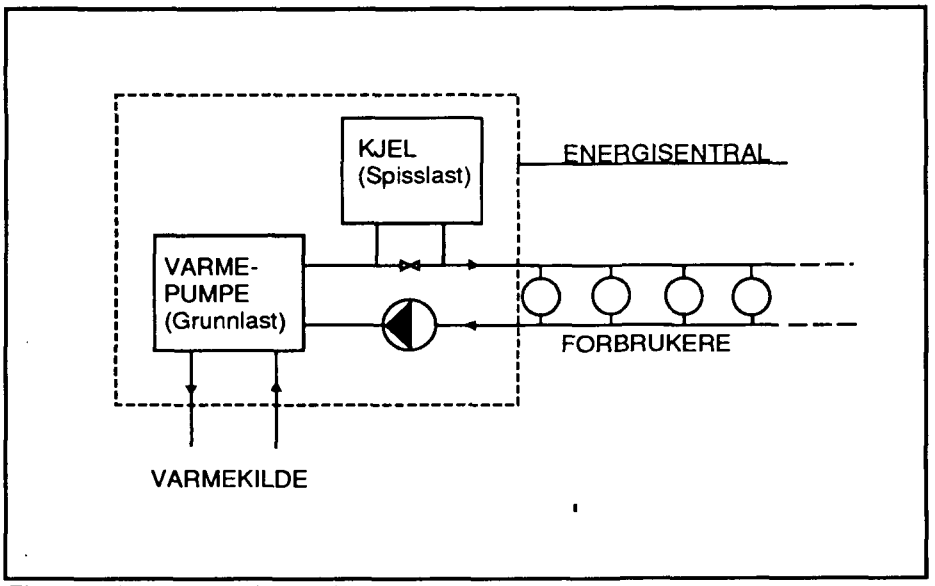
* **Effektbehov / brukstid**
* **Dellastdrift**
* **Sikker varmeleveranse / reservekapasitet**
* **Temperaturnivå**
* **Styring og regulering**

Effektdekning / brukstid

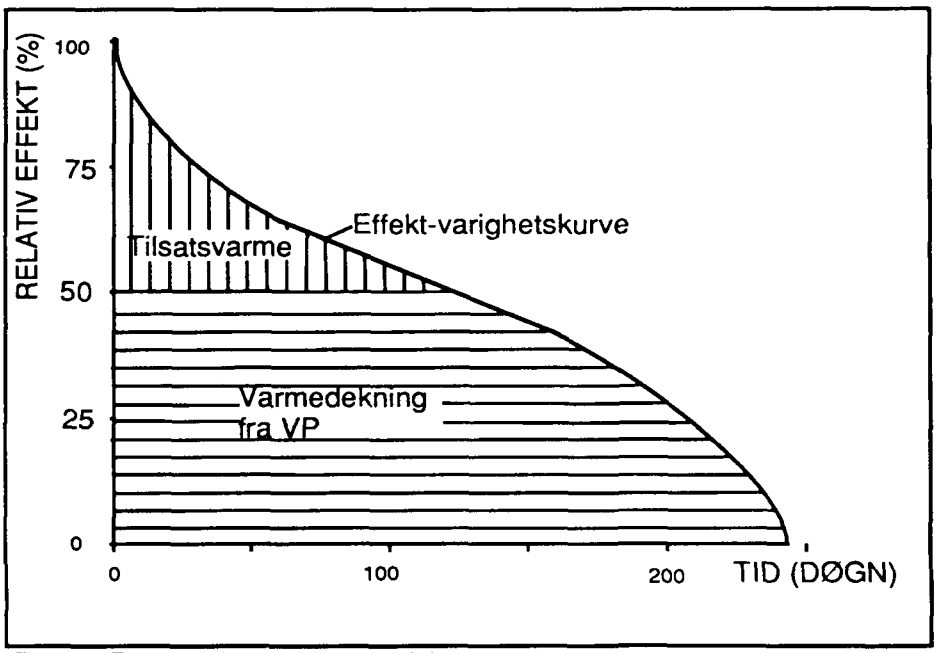
Effektbehovet til romoppvarming er som regel proporsjonalt med temperaturdifferansen inne/ute. En kan gå ut fra en temperatur-varighetskurve for å finne ut hvordan energibehovet fordeler seg over året. Selve kurva representerer effektbehovet (effektvarighet), og arealet under kurva viser da energibehovet til romoppvarming gjennom året. På figur 5 er effektvarighetskurva for et gitt bygg vist.

En varmepumpe som dekker 50 % av det dimensjonerende effektbehovet vil dekke ca. 90 % av varmebehovet til romoppvarming i et normalår. Da varmepumper har relativt høye investeringskostnader pr. kW varme-effekt, lønner det seg derfor å dimensjonere varmepumpa for 50-60 % effektdekning, og la kjelen ta topplasten.

Dersom varmepumpa også skal dekke et kjølebehov som i toppeffekt er større enn ca. 3 /4 av varmebehovet, gjelder ikke dette. Da blir kjølebehovet dimensjonerende, og bestemmer dermed hvor stor varmeeffektdekning varmepumpa skal gi.



Figur 4: Varmesentral, prinsipp



Figur 5: Energiibehov (Effekt - varighet)

Dellastdrift

Fordi effektbehovet til romoppvarming varierer sterkt over året, må varmesentralen kunne kapasitetsreguleres over et stort område med gode dellastegenskaper. Det vil derfor lønne seg å dele både varmepumpe- og kjelkapasitet på flere enheter. En effektdekning på på 50-60

med hensyn på dellastdrift,da dette gir en relativ lang periode der varmepumpa går med full ytelse. Derfor er det også viktig med korrekte effektbehovsberegninger slik at varmepumpa ikke velges for stor.

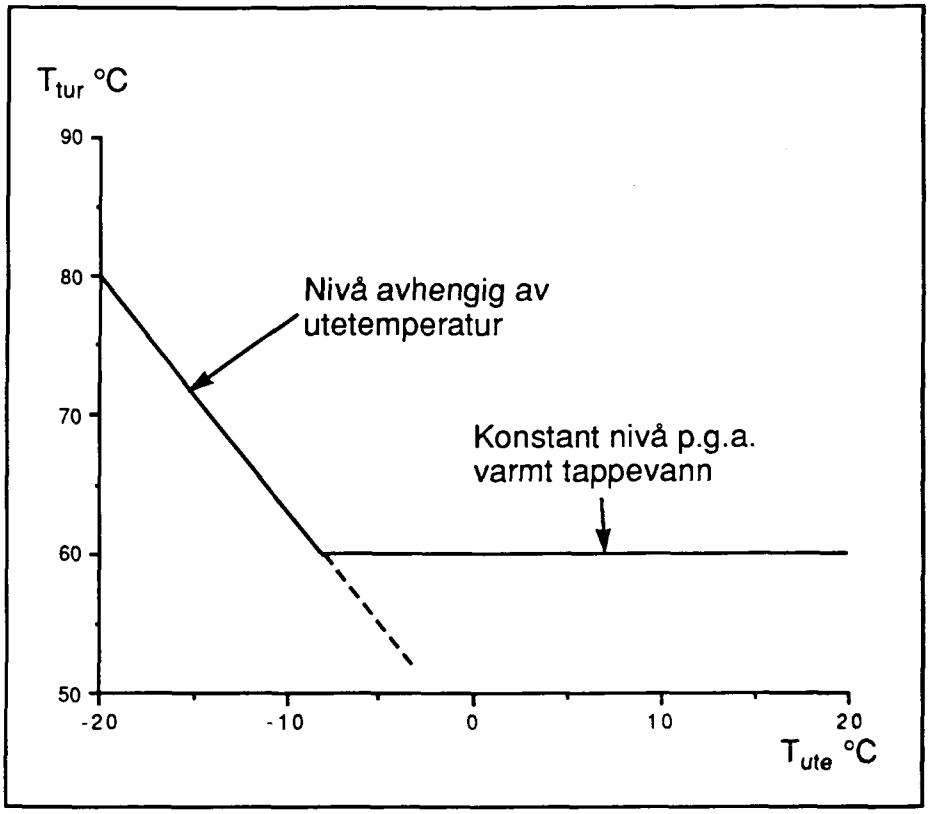
Sikker varmeleveranse / reservekapasitet

For å gi ekstra sikker varmeleveranse, dimensjoneres ofte olje- eller el.kjel for 100 % effektdekning. Dermed kan kjelene gi nok varme på kaldeste dag sjøl om varmepumpa skulle bli satt ut av drift.

Ved stor belastning på el.nettet på kalde dager, kan en også velge å avlaste el.nettet ved å stoppe varmepumpa, og fyre med olje istedet.

Temperaturnivå

Siden varmepumpa gir bedre effektfaktor jo lavere temperaturløftet er, er det viktig å velge løsninger som ikke stiller større temperaturkrav enn nødvendig. Eldre bygninger med vannbåren varme har som regel overdimensjonerte varmeoverføringsflater i forhold til det temperaturnivå som varmesystemet er bygget for. Som regel er nødvendig turtemperatur på kaldeste dag ca 70-80 °C eller enda lavere. For nye bygninger, der en kan tilpasse temperaturnivået i varmefordelingssystemet til varmepumpa, vil det lønne seg å gå lavere i temperatur. Dersom en kan bruke gulvvarme eller luftfordelingssystem, kan en greie seg med temperaturnivåer på 35-40 °C på kaldeste dag. Da kan varmepumpa arbeide med varmefaktor rundt 5 (avhengig av varmekilde).



Figur 6: Turtemperatur som funksjon av utetemperatur

Styring og regulering

Styring og regulering av varmepumpebaserte energisystemer er spesielt viktig fordi feil her ofte gir sterk reduksjon i effektfaktoren for varmepumpa. To hovedregler for styrestrategi gjelder:

* Temperaturnivået i varmefordelingssystemet utetemperaturkompenseres. Det vil si at temperaturen ut fra energisentralen reguleres etter en kurve som vist på figur 6. Effektavgivelsen tilpasses dermed behovet ved å regulere temperaturnivået, og varmepumpa vil der med aldri arbeide med et høyere temperaturløft enn nødvendig.

* Varmepumpa utnyttes fullt ut før kjelen kopies inn (så lenge prisforholdet el./olje er mindre enn varmepumpens effektfaktor). En betingelse for start av kjelene skal derfor være at varmepumpa går med full effekt.

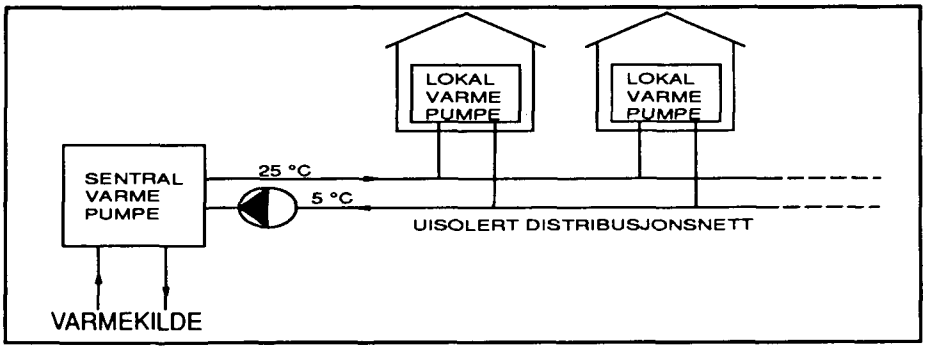
Ved utformingen av det norske energisystemet må en ta hensyn til forhold som er spesielle for Norge, som f.eks spredt bosetning og små befolkningskonsentrasjoner, samt en topografi som vanske-liggjør transport og distribusjon. Dette er forhold som gjør at tek-nologier anvendt i andre land under andre forhold ikke direkte kan overføres til Norge. I det etterfølgende vises to eksempler på ukonvensjonelle løsninger som der forholdene ligger til rette kan være fornuftige elementer i et norsk energisystem.

Fjernvarme/fjernkjøling med kaldfordeling.

Fjernvarmesystemer krever en viss minste varmebehovstetthet for å kunne være lønnsomme, da investeringer i distribusjonsnettet ellers blir for store. I et fjernvarmesystem må også temperaturnivået tilpasses de forbrukerne som har høyest krav til temperatur. Dermed arbeider varmepumpa i varmesentralen med en varmefaktor bestemt av dette temperaturnivået.

En systemløsning med billig distribusjonsnett og temperaturtilpasning til bygninger eller grupper av bygninger er vist i figur 7. Systemet bygger på to-trinns temperaturhevning og energidistribusjon ved mellomtemperatur. En sentral varmepumpe hever temperaturnivået til ca. 25 °C, energien distribueres til de ulike bygninger gjennom et uisolert nett, og lokale varmepumper i hver enkelt bygning hever temperaturen til nødvendig nivå. Dette systemet dekker også eventuelt kjølebehov i bygningene, med små tilleggsinvesteringer.

Sammenlignet med et konvensjonelt system vil kaldfordelingssystemet kreve investeringer i lokale energisentraler, og dermed bruker en noe av den kapitalen som spares på distribusjonsnettet. Valget mellom de to systemløsningene vil derfor først og fremst bli bestemt av varme/kjølebehovstettheten.



Figur 7: Kaldfordeling

Varmekraftverk/lokale varmepumper.

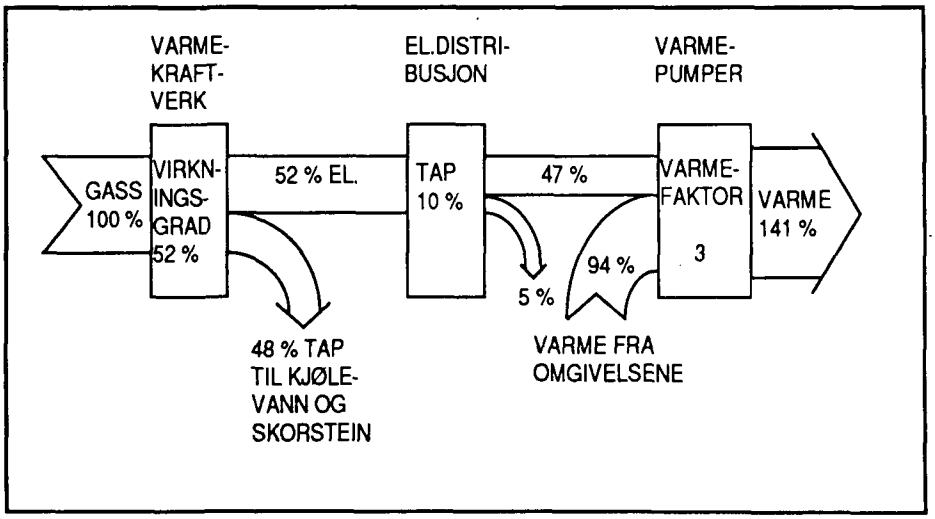
Produksjon av elektrisk kraft fra naturgass skjer i varmekraftverk, van-ligvis kombinerte anlegg med gass-turbin og dampturbin. I slike kraftverk "tapes" store deler av gassens energiinnhold til omgivelsene som varme i kjølevannet. Ved å redusere el.produksjonen noe, kan kjølevan-nets temperatur heves slik at varmen kan utnyttes i et fjernvarmenett. Denne anleggstypen leverer med andre ord både el.kraft og varme, og kalles kraft/varmeverk.

Det har blitt hevdet at hvis en skal få rimelig utnyttelse av energiinnholdet i gassen, må gass brukes i kraft/varmeverk, der en kan kombinere el.produksjon og fjernvarme. Dette krever at gassen overføres til områder med stor befolkningskonsentrasjon.

En energimessig like god løsning, og som ikke forutsetter gassoverføring, er kombinasjonen varmekraftverk/ lokale varmepumper Varmekraftverket plasseres ved ilandføringsstedet for gassen, og utformes for el.produksjon med maksimal virkningsgrad, ved utnyttelse av lav kjølevannstmperatur.

Der en har varmebehov i form av fjernvarmenett eller store bygninger, bygges varmepumper som henter varme fra omgivelsene. Hvis en betrakter varmekraftverk, el.distribusjon og varmepumper som system, vil en oppnå minst like god totalvirkningsgrad som for et kraft/varmeverk, da den varmen som hentes fra omgivelsene mer enn tilsvarer tapsvarmen fra varmekraftverket, se figur 8.

Valget mellom ulike løsninger for effektiv utnyttelse av gass er vanskelig, og mange alternative systemløsninger kan være aktuelle. Eksempelet med varmekraftverk/lokale varme-pumper er imidlertid tatt med for å vise at det er viktig å se på det totale energisystemet når en vurderer ulike systemløsninger.



Figur 8: Totalsystem varmekraft/varmepumpe- virkningsgrader

Oppvarmingskostnadene er bestemt av både investerings- og driftskostnader, inklusive energikostnadene. For å kunne foreta lønnsomhetsvurderinger trengs i tillegg en avklaring av følgende faktorer:

- **hvilken kalkulasjonsrente og avskrivningstid som skal legges til grunn for beregningene.**
- **hvilke kriterier som bør benyttes når det gjelder vurderingene av lønnsomhet.**

Ved vurdering av fjernvarmprosjekter skal det beregnes både samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomhet.

En noe mer inngående beskrivelse av lønnsomhetskriterier er gitt i /2,3, og 4/.

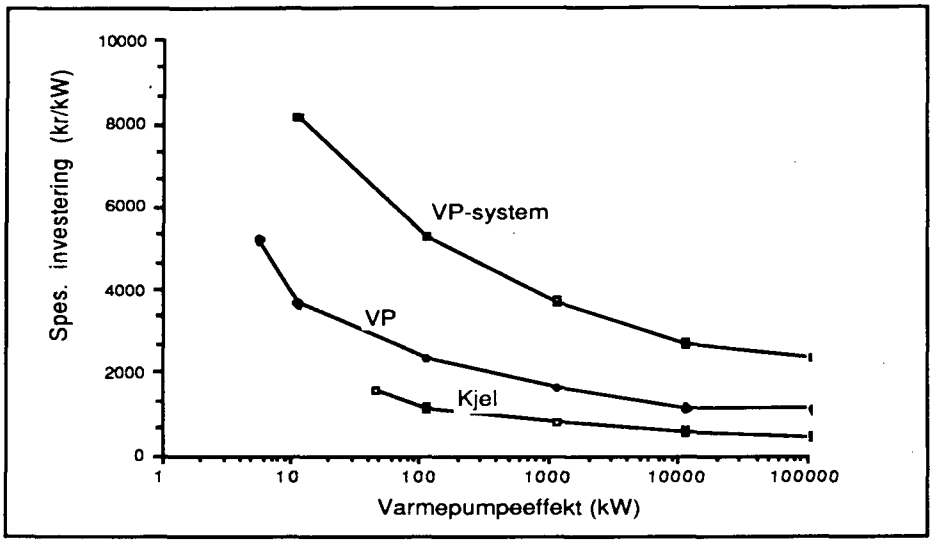
Samfunnsøkonomisk vurdering.

Ved samfunnsøkonomisk vurdering av alternative energisystemer, skal alle inntekter og kostnader som berører samfunnet trekkes inn i vurderingen. Dette gjelder i prinsippet også inntekter og kostnader som idag ikke har noen markedspris som f.eks. en rekke miljøkostnader.

Både inntektene av energi levert fra varmepumpa og kostnader for for energi til drift av varmepumpa skal vurderes ut fra billigste oppdekningsalternativ for samfunnet. For elektrisk kraft skal langtidsgrensekostnad (LTG) benyttes, mens andre enrgibærere skal vurderes til forventet markedspris- utviikling. Oppdaterte prisbaner kan fås ved henvendelse til NVE.

Bedriftsøkonomisk vurdering.

En bedriftsøkonomisk vurdering vil bare omfatte de virkninger av et tiltak som berører den aktuelle bedrift. F.eks. vil et energiverk som bygger ut fjernvarmeanlegg som regel være økonomisk ansvarlig for varmesentral og fjernvarmeledninger frem til abonnentene. En bedriftsøkonomisk analyse for energiverket vil ikke omfatte ekstra investeringer hos abonnentene for å kunne bruke fjernvarmen. Slike merinvesteringer hører imidlertid med i en samfunnsøkonomisk analyse.
I en bedriftsøkonomisk analyse brukes normalt de prisene som bedriften faktisk betaler eller mottar eller forventer å betale eller motta.



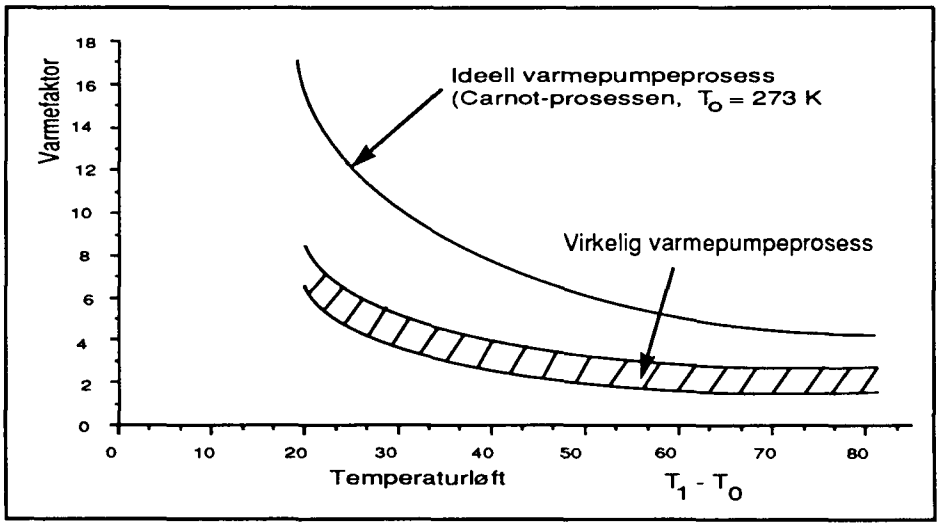
Figur 9: Spesifikk investering som funksjon av avgitt effekt.

Investeringskostnader

Investeringskostnadene for et varmepumpeanlegg kan omfatte både varmepumpe, kjel(er) for spisslast/-reservedekning, elektriker-, rørlegger- og bygningstekniske arbeider, pluss varmeopptakssystem og varmefordelingssystem.

Prinsipielt vil spesifikk investering (kr/kW installert varmeeffekt) for både varmepumpeinstallasjonen og for resten av utstyret i varmesentralen avta med økende størrelse på varmepumpeanlegget. Figur 9 viser hvordan spesifikk investering for vann/vann varmepumper varierer med størrelsen. Kurvene er satt opp på grunnlag av data for prototyp-demonstrasjonsanlegg i 1985, og de to nederste kurvene gir midlere investeringer for kjel og for varmepumpe, ferdig installert og med nødvendig automatikk og måleutstyr. Den øverste kurven viser spesifikk investering for hele varmesentralen med varmeopptakssystem og bygg samt el.- og rørleggermontasjer. Kurvene representerer middelverdier fra 15 skreddersydde anlegg. Investeringene vil variere svært mye avhengig av type anlegg og lokale forhold, og må vurderes konkret for hvert enkelt til-felle.

I tillegg til varmepumpesentralen med varmeopptakssystem, kommer



Figur 10: Varmefaktor som funksjon av temperaturløft fra varmekilde til varmesystem for ideell og virkelig varmepumpeprosess.

med varmeopptakssystem, kommer investeringer til varmefordelingssystemet. Varmefordelingssystem omfatter distribusjonssystem for varme, f.eks fjernvarmeledninger, og varmesystem i bygninger. Investeringene til varmefordelingssystemet varierer også mye avhengig av lokale forhold, og må vurderes konkret for hvert enkelt prosjekt.

Ved samfunnsøkonomisk vurdering skal samtlige merkostnader i forhold til alternative varmesystemer trekkes

Kapitalkostnader.

De årlige kapitalkostnader som en gitt investering vil medføre er avhengig av hvilken kalkulasjonsrente og avskrivningstid som skal legges til grunn for beregningene.

Kalkulasjonsrenten skal gjenspeile det det koster å holde kapital bundet i det utstyret som er anskaffet. Avskrivningstiden settes lik økonomisk levetid for installasjonen. Økonomisk levetid kan variere avhengig av bruksområde. For små varmepumper settes ofte økonomisk levetid til 10 år, mens levetiden for mellomstore og store anlegg som regel settes lik 15 år. I fjernvarmeanlegg avskrives nettet over 25 år. For overslagsberegninger vil det normalt være tilstrekkelig å avskrive fjernvarmeanlegg samlet over en 20-årsperiode.

Ved samfunnsøkonomisk vurdering av alternative energisystemer skal alle anlegg sammenlignes med faste priser referert til et gitt år for alle innsatsfaktorer og produkter i hele analyseperioden. Det skal benyttes 7 % kalkulasjonsrente, og anleggskostnadene avskrives etter annuitetsprinsippet.

Ved bedriftsøkonomiske vurderinger med faste priser referert til et gitt år på alle innsatsfaktorer og produkter i hele analyseperioden, brukes realrente som forenklet er nominell lånerente fratrukket årlig prisstigning. Med dagens rentenivå og inflasjon (1988) ligger også realrenten omkring 7 %.

Driftskostnader.

Driftskostnadene omfatter energikostnader, samt kostnader for betjening og service og vedlikehold.

Energiutgiftene er bestemt av forbruk av elektrisitet og olje som går med til å drive varmepumpeanlegget, og av energiprisene. Effektfaktoren avtar med økende temperaturløft mellom varmekilde og varmedistribusjon. Figur 10 viser den maksimale effektfaktor som kan oppnås med en ideell tapsfri varmepumpeprosess, og det skraverte feltet angir effektfaktorer for virkelige VP-anlegg.

Små og mellomstore varmepumpeanlegg er normalt bygget for å gå uten tilsyn. Ved store fjernvarmeanlegg er det ansatt egne folk til overvåkning og vedlikeholdsarbeider.

For alle anlegg over en viss størrelse anbefales byggherren å tegne en servicekontrakt med varmepumpeleverandøren. Servicekostnadene kan variere mye avhengig av geografisk plassering og av anleggets kompleksitet. For overslagsberegninger regnes gjerne med 3 % av investeringer pr år for små anlegg, og 2 % for mellomstore og store varmepumpeanlegg.

Lønnsomhetskriterier.

Det anbefales at nåverdimetoden benyttes som lønnsomhetskriterium. Nåverdien av ett eller flere samspillende prosjekter vil alltid gi et pålitelig lønnsomhetsmål og gi grunnlag for prioritering mellom prosjekter.

Nåverdimetoden.

$$NV = \sum_{1t=1}^{T} \frac{at - bt}{(1+r)^t}$$

hvor

a_t = inntekt i år t
b_t = utgift i år t
NV= nåverdi
r = kalkulasjonsrente
T = antall år kalkylen omfatter.

Karakteristiske trekk ved mange prosjekter er at
a = 0 i de(t) første år
b = stor i de første år og lavere senere.

Hvis en setter kalkulasjonsrenten lik 0, vil denne metoden ganske enkelt bestå i å summere prosjektets inntekter og kostnader for de år kalkylen omfatter. Positiv nåverdi betyr at summen av inntektene er større enn summen av kostnadene. Vurderingen av et beløp avhenger imidlertid av når beløpet kan disponeres. Dette tar en hensyn til via kalkulasjonsrenten.

Alternativt kan man beregne nåverdien av de fremtidige reduserte driftsutgiftene. Økonomisk levetid (avskrivningstid) og kalkulasjonsrente må være gitt.

$$NV = \frac{\Delta E \cdot e - u}{a}$$

hvor

ΔE = energisparing (kWh/år)
e = energipris (kr/kWh)
u = vedlikeholdsutgifter (kr/år)
a = annuitetsfaktor :

$$\frac{r}{1-(1+r)^{-n}}$$

Andre lønnsomhetsmål

Det brukes ofte andre lønnsomhetsmål enn nåverdimetoden. Ved sammenligning av prosjekter med ulik avskrivningstid og ulik fordeling av utgifter og inntekter over analyseperioden, kan disse metodene gi en annen prioritering. De bør derfor kun benyttes som et supplement til nåverdimetoden.

Her beskrives noen av de mest brukte metodene.

Årskostnadsmetoden.

Metoden går ut på å regne ut de samlede årlige kostnader ved oppvarmingen.

Totale årskostnader :

$$å = I \cdot a + Q_E \cdot e + u \quad \text{(kr/år)}$$

hvor:

I = investering (kr)

a = annuitetsfaktor (tabellert i /4/)

r = kalkulasjonsrente (-)

n = avskrivningstid (år)

Q_E= primæreenergiforbruk (kWh/år)

e = energipris (kr/kWh)

u = vedlikeholdsutgifter (kr/år)

Spesifikk varmepris.

Varmeprisen fremkommer ved å dividere totale årskostnader med det årlige varmeforbruket.

Spesifikk varmepris: k=å/E (kr/kWh)

E = årlig varmeforbruk (kWh/år)

Årlige kostnader og spesifikk varmepris blir først interessant når vi sammenligner alternative oppvarmingsformer. Ved valg mellom flere alternativer velger man den løsning som gir lavest årskostnad eller lavest varmepris.

Kapital er imidlertid normalt en begrensende faktor, og årskostnadsmetoden forteller svært lite om avkastningen på den investerte kapitalen. Til dette benyttes andre relative størrelser.

Tilbakebetalingstid.

Med tilbakebetalingstid forstår vi den tid som ville gå med dersom hele besparelsen i årlige driftsutgifter blir brukt til å nedbetale tilleggsinvesteringen. Enkel tilbakebetalingstid er definert som:

$$n = \frac{1}{\Delta E \cdot e - u}$$

Enkel tilbakebetalingstid tar ikke hensyn til forrentningen av kapitalen og til eventuell forskjell i prisstigning mellom energi og kapitalinvesteringer. Dette gjør metoden relativt unøyaktig, og unøyaktigheten øker eksponentielt med tilbakebetalingstiden. Tilbakebetalingstiden kan imidlertid korrigeres for kalkulasjonsrenten ved bruk av følgende:

$$a = \frac{\Delta E \cdot e - u}{1}$$

Tilbakebetalingstiden n tas ut av tabell når kalkulasjonrenten er gitt.

Internrente.

Internrenten for en investering er den rentefoten som gir nåverdien av fremtidige avkastninger lik investert beløp:

$$NV = \frac{\Delta E \cdot e - u}{a} = I$$

$$a = \frac{\Delta E \cdot e - u}{I}$$

Internrenten tas ut av tabell for annuiteten

En investering er lønnsom dersom internrenten (den virkelige avkastningen av investeringen) er større enn kalkulasjonsrenten.

Grunnlaget for en fornuftig dimensjonering av varmepumpesystemer er effekt- og energibehovsdata. For å finne overslagstall for dette henvises til "Veileder for varme-planlegging" /2/ med vedleggs-rapport /3/.

Følgende opplysninger /data må altså skaffes tilveie:

- **Dimensjonerende effektbehov varme, kjøling**
- **Årlig energibehov**
- **Mulige varmekilder/ tempera - turnivåer**
- **Alternative varmefordelingssystemer/ temperaturnivåer.**

På grunnlag av disse data kan varmepumpeprosjektet vurderes i et forprosjekt. Følgende teknisk/økonomiske vurderinger gjøres i forprosjektet:

- Dimensjonering av varmepumpen
- Vurdering av alternative varmekilder for VP
- Vurdering av varmefordelingssystem - alternative temperaturområder.
- Vurdering av alternative VP-systemløsninger
- Styring og regulering
- Lønnsomhetsvurdering
- Rapport med anbefalt VP-oppbygning.

Forprosjektrapporten skal være grunnlaget for endelig beslutning om varmepumpeanlegget skal bygges. Dersom prosjektet skal gjennomføres, kan det videre arbeidet kort oppsummeres som følger:

- Detaljprosjektering
- Utarbeidelse av anbudsdokumenter
- Innhenting av anbud. Anbudsvurdering
- Kontraktsforhandlinger. Kontrakt for kjøp. Kontrakt for service og vedlikehold
- Oppfølging under bygging.
- Overleveringsprøve. Overlevering.

BEREGNINGSEKSEMPEL

Det skal vurderes varmepumpe til oppvarming av et nytt moderne kontorbygg med total gulvflate på 10.000 m². Bygget ligger like ved sjøkanten. Vurderingen gjøres for Oslo-klima.

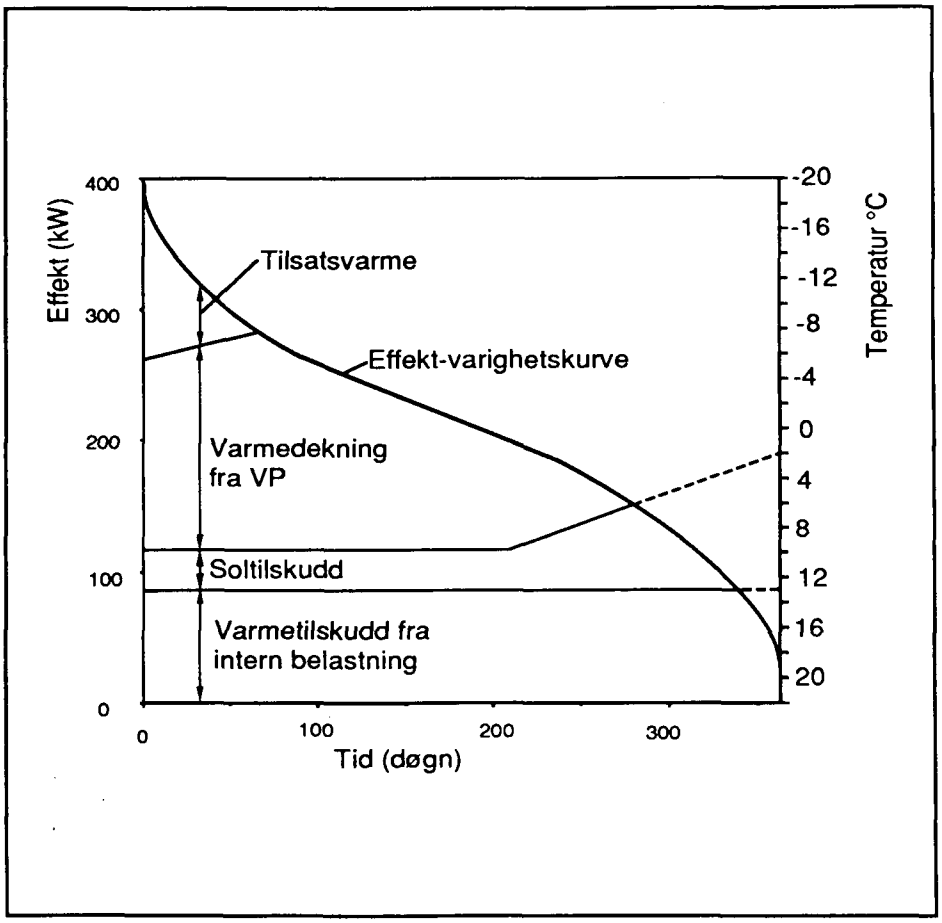
Varmebehovet beregnes etter norsk standard NS 3031: Beregning av bygningers energi- og effektbehov til oppvarming og ventilasjon.

For det aktuelle bygget er varmebehovet beregnet til:

Dim. effktbehov (brutto)	430 kW
Gratisvarme fra sol, lys osv:	130 kW
Netto effektbehov:	300 kW

Netto energibehov til oppvarming og ventilasjon er 550 MWh/år. Forbruket av tappevarmtvann er lite, og det tas ikke med i denne vurderingen.

Det gjennomføres en overslagsberegning av et oppvarmingssystem med en vann/vann varmepumpe. Dimensjonerende varmeeffekt for varmepumpen er 150 kW. Varmebehovet til oppvarming og ventilasjon varierer over året med temperatursvingningene ute. Figur 11 viser effekt-varighetskurven for bygget. Arealet under effektkurven repre-sen-



Figur 11: Effekt-varighetskurve for bygget.

senterer energibehovet.

Den gitte varmepumpen vil dekke ca 500 MWh/år. Tilsatsvarmebehovet de kaldeste dagene i året utgjør ca 50 MWh/år.

Varmefordelingen i bygget skjer via vann/luft-varmebatterier i ventilasjonsanleggene og via induksjonsapparater i enkelte rom. Dimensjonerende tur/returtemperatur er 45/35 °C. Varmeopptaket fra sjøvann skjer direkte i fordamperen. Midlere sjøvannstemperatur i fyringssesongen er 6 °C. Dette gir relativt lavt temperaturløft for varmepumpen. Forutsatt et midlere temperaturløft mellom sjøvann og turvann på ca 35 °C gjennom fyringssesongen, kan varmepumpens varmefaktor overslagsmessig bestemmes til ca. 4.5, se figur 10. For detaljerte vurderinger må kompressorens energiforbruk bestemmes ut fra simuleringer eller ved forenklede beregninger ut fra katalogdata.

Varmeproduksjon.

Fra VP	500 000 kWh/år
Tilsatsvarme	50 000 "
Sum varmeprod.	550 000 kWh/år

Kraftforbruk

Kompressor	110 000 kWh/år
Tilsatsvarme	50 000 "
Sjøvannspumpe	12 000 "
Sum kraftforbruk	172 000 kWh/år

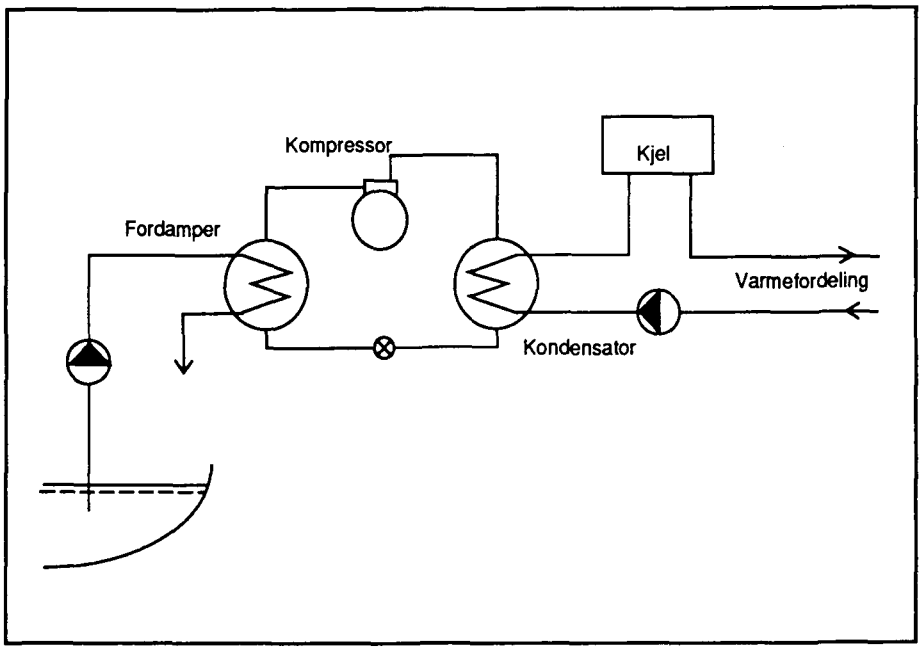
Årsvarmefaktor - VP-system: 3,2

Energisparing med varmepumpe: 378 000 kWh/år

Økonomisk vurdering av varme-pumpeanlegget.

Investering:

VP-aggregat	kr 300.000,-
Sjøvannsledning	" 100.000,-
Kjelanlegg	" 200.000,-
El. + rørleggerarbeide	" 100.000,-
Merpris varmefordeling	" 100.000,-
Maskinrom	" 100.000,-
Investeringsavgift	" 90.000,-
Sum investering	kr 990.000,-



Figur 12: Prinsippskjema for varmepumpeanlegget

Årlige kostnader

Kapitalkostnader (15 år, 7% p.a):	108.900 kr/år
Service/vedlikehold (2% av inv./år):	19.800 kr/år
El. utgifter (0.40 kr/kWh):	68.800 kr/år
Sum årlige kostnader :	197.500 kr

Spesifikk varmekostnad:

$$\frac{197.500 \text{ kr/år}}{550.000 \text{ kWh/år}} = 0.36 \text{ kr/kWh}$$

Til sammenligning vil et elektrokjelanlegg koste kr 440.000,- og med-føre følgende varmekostnader:

Årlige kostnader - el.kjel

Kapitalkostnader (15 år, 7% p.a.)	48.400 kr/år
Service/vedlikehold (2% av inv/år)	8.800 kr/år
El.utgifter (40 øre/kWh)	220.000 kr/år
Sum årlige kostnader	277.200 kr/år

Spesifikk varmekostnad: 0.50 kr/kWh

Tilbakebetalingstiden for varme-pumpen er sammenlignet med el.kjel:

Merinvestering for VP-anlegg:	kr 550.000,-
Årlig sparte variable kostnader:	140.200 kr/år

$$a = a(r,n) = \frac{140.200 \text{ kr/år}}{550.000 \text{ kr}}$$

$$= 0.255 \text{ kr/kr•år}$$

Tilbakebetalingstiden n = 4,8 år

Nåverdien av fremtidig reduserte driftsutgifter:

$$NV = \frac{140.200 \text{ kr/år}}{0.11 \text{ kr/kr•år}} = 1.275.000 \text{ kr}$$

Internrente:

$$a(r,n) = \frac{140.200 \text{ kr/år}}{550.000 \text{ kr}}$$

$$= 0.255 \text{ kr/kr•år}$$

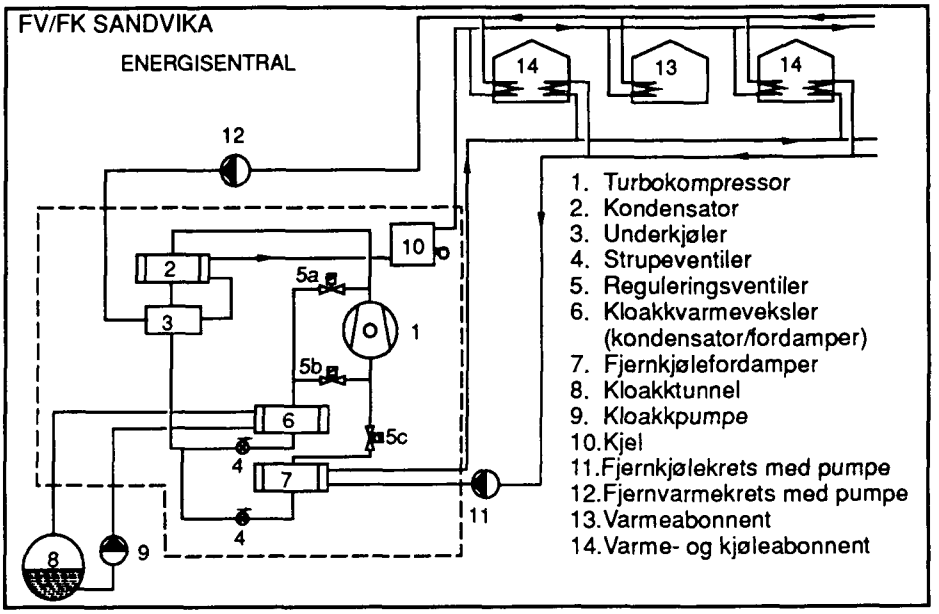
r = 25 %

Nåverdien av fremtidig sparte driftsutgifter er vesentlig høyere enn merinvesteringen, og internrenten er vesentlig større enn kalkulasjonsrenten. Prosjektet er således lønnsomt. Dersom bygget har stort kjølebehov til ventilasjonskjølig, er det svært aktuelt å kombinere varmepumpe og kuldeanlegg i samme installasjon. Dermed spares investeringene til ett anlegg. Forutsatt at det i alle fall skal installeres kuldeanlegg, blir merinvesteringene for å kunne utnytte anlegget som varmepumpe relativt små, og merinvesteringene kan ofte bli inntjent i løpet av det første driftsåret.

Det er frem til 1988 installert ca. 7000 varmepumper til forskjellige oppvarmingsformål i Norge. Total varmeproduksjon fra varmepumpene er 3-4 TWh/år. De fleste er små luft/luft-varmepumper installert i boliger, butikker og kontorer. Det meste av effekt- og energidekningen skriver seg imidlertid fra mellomstore og store varmepumper for oppvarming i industri og yrkesbygg. I tillegg til byggoppvarming, har varmepumpen fått stor utbredelse i endel næringer: Veksthus, fiskeoppdrett, fiskeindustri, treforedling, meierier og så videre.

SANDVIKA

Bærum Energiverk bygger et varmepumpebasert fjernvarme/fjernkjøleanlegg i Sandvika sentrum med avløpsvann som varmekilde. Dette anlegget er et godt eksempel på varmepumpens anvendelighet der en har både varme- og kjølebehov. 40-60 bygg skal tilknyttes anlegget, som skal startes sommeren 1988. Mange av disse byggene er nye kontorbygg med god isolasjon og stor internlast. Varmebehovet blir dermed moderat, men byggene får et relativt stort kjølebehov om sommeren. Varme- og kjølebehovet for området vil prinsipielt bli som vist i figuren til høyre.



Når fjernvarmenettet i Sandvika nå bygges, legges også uisolerte fjernkjølerør i plast i samme grøft som fjernvarmerørene. Kjølevann, som leveres til de bygg hvor det er kjølebehov, holdes på 6-8°C. Kjølevann blir mesteparten av året et gratis biprodukt av varmeproduksjonen. Bare om sommeren, når en har lite varmebehov, må produksjonen av kjølevann prioriteres. Overskuddsvarmen dumpes da i avløpsvannet.

Dimensjonerende effektbehov for anlegget er 28 MW varme og 9 MW kjøling. Varmepumpen vil bestå av to aggregater på tilsammen 13 MW, med to-trinns turbokompressorer og vanlig rørkjelvarmeveksler for å hente/dumpe varme til avløpsvannet.

- Varmesalg : 70 GWh/år
- Kjølesalg : 12 GWh/år
- Investering omkring : 150 mill. kr.
- Årsenergifaktoren, eår : 3.1.

$$e_{år} = \frac{\text{Salgbar energi (varme + kjøling)}}{\text{Forbrukt energi (elektrisitet + olje)}}$$

FAVUSGÅRDEN

Favusgården i Harstad er et kontorbygg med oppvarmet gulvflate på 5.500 m2. Til dekning av varmebehov til oppvarming og ventilasjon er det installert et sjøvannsbasert varmepumpeanlegg. Varmepumpen har en varmeytelse på 120 kW ved 4°C sjøvannstemperatur og 40°C utgående varmtvannstemperatur. Tilsatsvarmen dekkes av en elektrokjel på 225 kW. Tappevann blir forvarmet fra varmeledningskretsen og ettervarmet i en elektrisk varmtvannsbereder. Varmeopptak fra sjøvann skjer ved direkte varmeveksling mellom sjøvann og kuldemedium i en overrislingsfordamper. Overrislingsfordamperen består av 6 fordamper-plater med høyde 2 m. og bredde 1 m. Platene har innvendig kanaler for kuldemedium, mens sjøvannet renner utvendig over platene. Varmefordelingssystemet er skreddersydd for varmepumpedrift. Varmen fordeles fra varmebatterier i ventilasjonskanaler, og fra induksjonsapparater i rom mot størst kli-

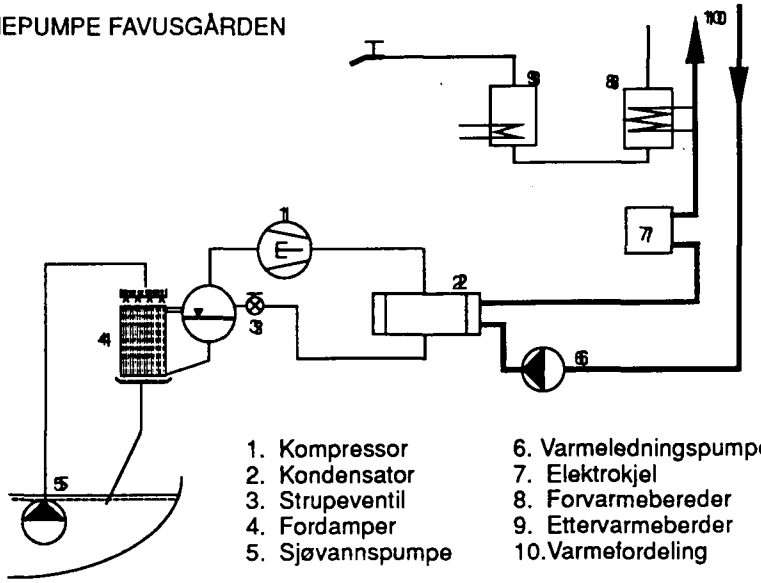
Energimålinger fra 1984 gav følgende resultat:

Total varmeproduksjon	:	550 MWh/år.
Energidekning fra VP	:	515 MWh/år.
Årsvarmefaktor -VP	:	3,5
Årsvarmefaktor - system	:	3,0

mabelastede fasade. Slike varmebatterier er billige, og anlegget er dimensjonert for lave vanntemperaturer, maks 43°C turtemperatur ved -12°C utetemperatur. Dette sikrer en høy effektfaktor for varmepumpen.

Fra 1982 til 1984 var bygget bare delvis innflyttet. Siden sommeren 1984 har hele bygget vært i bruk, og årlig varme-behov økte 20 - 30 %. Selve varmepumpeaggregatet kostet i 1982 kr 300.000,- ferdig installert. Med sjøvannssystem, elektrokjel for tilsatsvarme samt el- og rørarbeider i varmesentralen, ble entreprisekostnad kr 480.000,-. Sammenlignet med oppvarming fra elkjel har varmepumpeanlegget tjent seg inn i løpet av 4 år.

VARMEPUMPE FAVUSGÅRDEN



1. Kompressor
2. Kondensator
3. Strupeventil
4. Fordamper
5. Sjøvannspumpe
6. Varmeledningspumpe
7. Elektrokjel
8. Forvarmebereder
9. Ettervarmeberder
10. Varmefordeling

PROTAN A/S

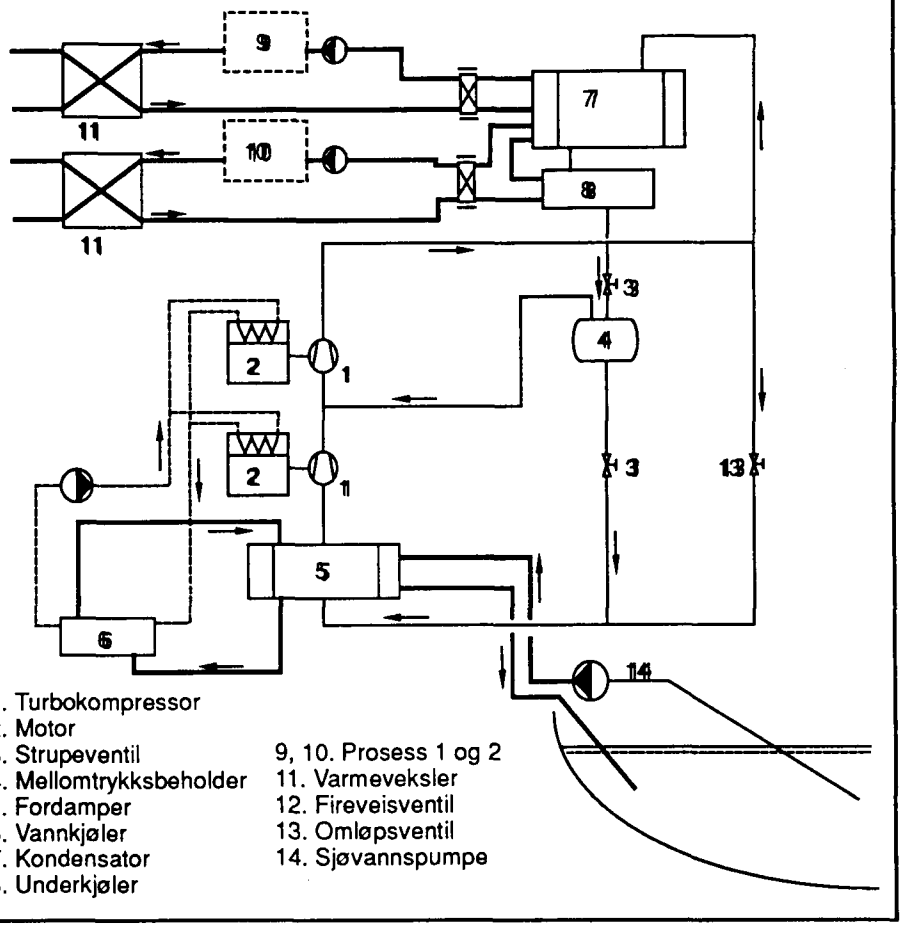
PROTAN A/S er en prosessbedrift som ligger ved sjøen noen kilometer fra Haugesund sentrum. Bedriften produserer alginat både for det norske og internasjonale marked.

Alginatprosessen krever store mengder ferskvann med temperatur 50°C. I sluttfasen av prosessen skilles dette vannet fra det ferdige produkt, og avløpsvannet ledes ut i sjøen.

Tidligere er tungoljekjeler benyttet for å produsere det varme vannet. Forbruket var 6000 tonn olje pr år. I 1986 ble det montert en varmepumpe med 6400 kW varmeytelse. Varmekilde er sjøvann, og varmeopptaket skjer ved direkte varmeveksling mellom sjøvann og kuldemedium i en rørkjelfordamper av titan.

Varmepumpen har to elektrisk drevne turbokompressorer som kapasitetsreguleres med stillbare ledeskovler.

PROTAN



1. Turbokompressor
2. Motor
3. Strupeventil
4. Mellomtrykksbeholder
5. Fordamper
6. Vannkjøler
7. Kondensator
8. Underkjøler
9, 10. Prosess 1 og 2
11. Varmeveksler
12. Fireveisventil
13. Omløpsventil
14. Sjøvannspumpe

- Varmepumpens ytelse : 6400 kW
- Varmepumpens effektfaktor : 4.1
- Årlig energisparing : 40 mill kWh
- Investering : 10.2 mill kr
- Tilbakebetalingstid : 2-3 år

REFERANSER / STØTTELITTERATUR 15

1 Temperaturforhold i norske kystfarvann
SINTEF rapport STF 60 A 811039

2 Veileder for varmeplanlegging
OED 1985

3 Veileder for varmeplanlegging, vedleggsrapport
OED 1985

4 Energiøkonomisering - en håndbik for kommuner og E-verk
OED / MD 1985

5 Varmepumper/prototyp & demonstrasjonsanlegg
OED / DIVISJON KULDE 1988

6 Økonomiske aspekter ved valg av nye tekniske løsninger.
Små og mellomstore varmepumper. Fjernvarme.
Valgmuligheter og driftserfaringer
Foredrag ved OED landskonferanse 4. -6. desember 1985
"Enøk i lokalforvaltningen"
Per-Erling Frivik

7 Kostnader og tekniske data for fjernvarme
NVE- publ. nr 1/87

Definisjoner

Kondensator:
Varmeveksler der et arbeidsmedium går over fra gass til væske (kondensering) ved avgivelse av kondenseringsvarme

Fordamper:
Varmeveksler der et arbeidsmedium går over fra væske til gass (fordampning) ved opptak av fordampningsvarme

Varmefaktor.
Godhetstall for varmepumpen, gitt ved forholdet mellom avgitt varme og elektrisk energiforbruk (gjelder tidsperiode).

Effektfaktor:
Godhetstall for varmepumpen, gitt ved forholdet mellom avgitt varmeeffekt og elektrisk effekt tilført varmepumpa (øyeblikksverdi).

Temperaturløft:
Temperaturdifferansen mellom det temperaturnivå som varmen hentes fra og det temperaturnivå som varmen avgis ved.

Drivhuseffekt:
På grunn av øket innhold av CO_2 og diverse andre gasser i atmosfæren, blir langbølget stråling fra jordoverflaten reflektert tilbake til jorda i større grad enn før. En antar at dettte kan føre til økt middeltemperatur på jorda.

Brukstid:
Driftstid ved full effekt for å levere varmeenergi tilsvarende årlig energibehov.

Effektdekning:
Den andel av maksimalt effektbehov som dekkes av varmepumpe.

Energidekning:
Den andel av det totale energibehov som dekkes av varmepumpa.